



**Thèse
Présentée par
Tibi Didier
ZOUNGRANA**

**Université
Ouaga II**

**Valeur économique de la protection
des petites retenues d'eau au Burkina
Faso : cas du barrage de Yitenga dans
la province du Kouritenga**

29 avril 2014

BURKINA FASO

Unité-Progress-Justice

Ministère des Enseignements Secondaire et Supérieur

Université Ouaga II



Unité de Formation et de Recherche en Sciences Economiques et de Gestion (UFR/SEG)

Programme de Troisième Cycle Interuniversitaire (PTCI)



Valeur économique de la protection des petites retenues d'eau au Burkina Faso : cas du barrage de Yitenga dans la province du Kouritenga

Thèse pour le Doctorat ès Sciences Economiques

Option Economie de l'Environnement, présentée et soutenue publiquement le 29 avril 2014 par

Tibi Didier ZOUNGRANA

Encadreurs

Pr. Taladidia THIOMBIANO, Directeur de thèse,
Maître de Conférences, Université Ouaga 2, Burkina Faso

Pr. Ahmadou Aly MBAYE, Co-directeur de thèse
Professeur Titulaire, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal

Rapporteurs

Pr. Michel TROMMETER, Directeur de recherche,
Directeur de l'Ecole Doctorale de l'Université de Grenoble Alpes, France

Pr. Joseph YAO YAO, Maître de Conférences agrégé,
Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Pr. Gnderman SIRPE, Maître de Conférences,
Université Ouaga 2, Directeur de l'UFR/SEG, Burkina Faso,

Composition du jury

Pr. Joseph YAO YAO, Maître de Conférences Agrégé,
Université de Cocody, Côte d'Ivoire, Président

Pr. Taladidia THIOMBIANO, Maître de Conférences,
Université Ouaga 2, Burkina Faso, Directeur de thèse

Pr. Ahamadou Aly MBAYE, Professeur Titulaire,
UCAD, Sénégal, Co-directeur de thèse

Pr. Aimé Tchaboré GOGUE, Maître de Conférences,
Université de Lomé, Togo, Membre

Pr. Pam ZAHONOGO, Maître de Conférences Agrégé,
Université Ouaga 2, Burkina Faso, Membre

Avril 2014

L'Université Ouaga II n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

Dédicace

A ma mère,

A mon défunt père,

A mes frères et sœurs,

Au défunt professeur Souleymane SOULAMA

Qui m'ont soutenu et encouragé chacun à sa manière dans l'élaboration de ce document.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Epigraphe

*« Protéger l'environnement coûte cher.
Ne rien faire coûtera beaucoup plus cher »*

Kofi Atta Annan, Ancien Secrétaire Général de l'Organisation des Nations Unies

6 février 2006

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Remerciements

Aucun travail ne peut aboutir sans les efforts conjugués de plusieurs personnes de bonnes volontés. C'est pourquoi, mes plus sincères remerciements vont en premier lieu à mon directeur de thèse, le **Professeur Taladidia THIOMBIANO** pour sa compréhension, sa patience, sa disponibilité et son inconditionnel soutien quotidien. Sa grande rigueur scientifique et son amour pour le travail bien fait me marqueront à jamais dans ma carrière professionnelle.

En second lieu, à mon co-directeur de thèse, le **Professeur Ahmadou Aly MBAYE** qui de par sa riche expérience dans le domaine de la recherche scientifique, m'a permis de progresser dans la rédaction de ma thèse et ce en dépit de son calendrier très chargé en tant que doyen de la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de l'Université Cheikh Anta Diop.

Je tiens à remercier **la direction du Programme de Troisième Cycle Interuniversitaire (PTCI)**, à son directeur, à ses organes statutaires, à ses bailleurs de fonds et à la Conférence des Institutions d'Enseignement et de Recherches Economiques et de Gestion en Afrique (CIEREA). C'est ici le lieu pour moi, d'exprimer ma reconnaissance à ce prestigieux programme qui m'a permis de faire un DEA et une thèse en assurant mes différents frais de formation et de recherche. Par la même occasion, je tiens à dire merci à l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences Economiques et de Gestion (UFR/SEG) de l'Université Ouaga 2 notamment les professeurs Gnderman SIRPE, Kimseyinga SAVADOGO, Idrissa Mohamed OUEDRAOGO et Pam ZAHONOGO pour les soutiens multiformes et inconditionnels dont j'ai bénéficié. Je traduis ma profonde gratitude à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de l'Université Cheikh Anta Diop pour l'accompagnement et le soutien lors de nos cours théoriques dans cette Université.

A travers ces quelques mots, je voudrais adresser mes sincères remerciements aux professeurs **Michel TROMMETTER** (Grenoble, France), **Joseph YAO YAO** (Côte d'Ivoire) et **Gnderman SIRPE** (Burkina Faso) qui ont accepté malgré leurs multiples occupations instruire ma thèse.

Mes mots de remerciements vont également à l'endroit des professeurs **Joseph YAO YAO**, **Aimé Tchaboré GOGUE** (Togo) et **Pam ZAHONOGO** (Burkina Faso) qui ont accepté en dépit de leur calendrier chargé faire partir du jury de soutenance.

Dans le même élan, je voudrais dire merci au Conseil pour le Développement de la Recherche en Sciences Sociales en Afrique (**CODESRIA**) pour m'avoir octroyé une bourse dénommée « petite subvention » en 2009 pour la rédaction de ma thèse.

C'est avec cette même émotion que je remercie le Professeur Samuel YONKEU, le Docteur Noël THIOMBIANO et Monsieur Ouinibani KONATE (diplomate) qui m'ont lu et corrigé à maintes reprises. Vos différentes contributions m'ont été d'une très grande utilité. Je voudrais vous témoigner de ma profonde gratitude. Aussi, mes remerciements sont adressés aux Professeurs Bernadette KAMGNIA/DIA et Roger Nanfosso TSAFACK pour m'avoir prodigué des conseils lorsque l'occasion se présentait. J'exprime ma reconnaissance à tous les enseignants du NPTCI pour la qualité des cours dispensés. Je remercie aussi le Laboratoire d'Economie de l'Environnement et de Socioéconométrie (LEESE) pour tous les appuis apportés, les promotionnaires du Ph.D du Campus régional de Dakar pour le soutien indéfectible depuis le début du programme et au Président de l'Université Aube Nouvelle pour ses multiples soutiens. Enfin, je remercie vivement tous mes enquêteurs pour leur dévouement et leur collaboration lors des enquêtes de terrain.

En dépit des efforts consentis par les uns et les autres pour améliorer la qualité de ce travail, il se peut que des insuffisances demeurent. Si elles venaient à être décelées, j'en porte l'entière responsabilité.

Table des matières

Dédicace	ii
Epigraphe	iii
Remerciements	iv
Table des matières	vi
Liste des tableaux	xi
Liste des graphiques	xii
Liste des figures	xii
Liste des sigles et acronymes	xiii
Résumé	xiv
Introduction générale	1
Chapitre 1 : Contexte et présentation de la zone d'étude	7
I. Situation des ressources en eau en Afrique de l'ouest	7
I.1-Potentiel hydraulique	7
I.2- Rôles socioéconomiques de l'eau	10
I.2.1- Eau et besoins domestiques	11
I.2.2- Eau, agriculture et sécurité alimentaire.....	11
I.2.3- Eau et santé.....	12
I.2.4- Eau et énergie	12
I.2.5- Eau et Assainissement	13
I.3- Problèmes liés aux ressources en eau	14
I.3.1- Ensablement et pollution	14
I.3.2- Développement de maladies	16
I.3.3- Conflits autour des ressources en eau.....	17
I.4- Ressources en eau au Burkina Faso	18
I.4.1- Politique nationale de l'eau.....	19
I.4.2- Importance de la demande en eau au Burkina Faso.....	20
I.4.3- Problèmes liés à l'eau et stratégies adoptées au Burkina Faso	21
I.4.3.1- Problèmes liés à l'eau	21
I.4.3.2- Mécanismes de protection adoptés	22
I.4.4- Barrage de Yitenga	23
I.4.4.1. Importance et défis	23
I.4.4.2. Mesures de protection	26
I.4.4.2.1. Mesures à l'échelle globale.....	26
I.4.4.2.2. Mesures individuelles: techniques de conservation des eaux et des sols	28
II-Présentation de la zone d'étude	35
II.1-Milieu physique	35
II.1.1. Situation géographique	35
II.1.2. Climat	37
II.1.3. Relief et géologie.....	37
II.1.4. Hydrographie	38
II.1.5. Flore et faune	39
II.2. Milieu humain et social.....	39
II.2.1- Population.....	39
II.2.2- Ethnies, religion et organisation sociale	41
II.2.3- Genre	41
II.2.4- Habitat	42
II.2.5- Situation sanitaire et risque de santé	43
II.3- Services socioéconomiques de base	44
II.3.1- Eau et assainissement	44
II.3.2. Infrastructures scolaires	47

II.3.3- Energie et communication.....	47
II.3.4 Marchés.....	47
II.4-Activités socio-économiques	48
II.4.1- Agriculture.....	48
II.4.2- Elevage et pêche.....	48
II.4.3- Commerce et artisanat.....	49
II.5- Cadre institutionnel, législatif et réglementaire.....	49
II.6- Institutions nationales.....	49
II.7- Pauvreté dans le Kouritenga.....	50
Chapitre 2 : Fondements théoriques et modèles d'analyse.....	52
I- Fondements théoriques et modèle d'analyse du consentement à payer.....	52
I.1.Démarche théorique	52
I.1.1 Préférences des individus.....	52
I.1.2- Théorie du surplus et différentes mesures du surplus.....	53
I.1.3. Approche de l'utilité selon Lancaster et préférences révélées	55
I.2 Valeur économique de l'environnement et des actifs naturels.....	56
I.3- Méthodes d'évaluation économique environnementale.....	58
I.3.1. Méthode d'évaluation contingente et ses applications.....	59
I.3.1.1. Historique.....	59
I.3.1.2.Principe de la MEC.....	60
I.3.1.2.1. Principes de base.....	60
I.3.1.2.2.Méthode de révélation des préférences.....	61
I.3.1.2.3.Mise en œuvre de la méthode.....	62
I.3.1.2.4-Limites de la MEC.....	62
I.3.2. Approches empiriques.....	64
I.4. Modélisation économétrique du CAP	65
I.4.1. modèle économétrique : Méthode d'Heckman.....	66
I.4.2. Définition des variables du modèle.....	70
I.4.2.1.Variables dépendantes.....	70
I.4.2.2- Variables indépendantes.....	71
I.4.3. Stratégie d'estimation et tests économétriques	73
II-Techniques de conservation des eaux et des sols dans le bassin versant de Yitenga.....	74
II.1- Démarche théorique.....	74
II.1.1- Théorie de l'innovation-diffusion.....	74
II.1.2- Théorie de la décision d'adopter des technologies nouvelles.....	76
II.2- Modélisation.....	77
II.2.1- Modèles multinomiaux non ordonnés	78
II.2.1.1- Approche empirique	78
II.2.1.2. Modèle d'analyse.....	79
II.2.1.3.- Estimation du modèle Logit multinomial.....	82
II.2.1.4- Interprétation des coefficients	83
II.2.2- Variables du modèle.....	84
II.2.2.1- Variables endogènes.....	84
II.2.2.2- Variables exogènes.....	84
III- Bénéfice de la protection du barrage de Yitenga par l'approche des ménages ruraux.....	88
III.1- Fondements théoriques.....	88
III.2- Modèles d'analyse.....	90
III.2.1- Modèles séparables	90
III.2.2- Modèles non séparables	91
III.2.2.1- Forme fonctionnelle de la production des ménages	94
III.2.2.2. - Modélisation de la demande.....	95
II.2.2.2.1- Choix de la forme fonctionnelle	96
II.2.2.2.2-Spécification du modèle AIDS.....	97
III.2.2.3- Variables des modèles.....	99
III.3- Calcul du bénéfice total de la protection du barrage.....	100

Chapitre 3 : Méthodologie de la recherche et résultats descriptifs..... 103

I. Méthodologie de recherche.....	103
I.1-Périodes de l'enquête.....	104
I.2-Echantillonnage et collecte des données.....	105
I.2.1- Echantillonnage.....	106
I.2.1.1- Choix des villages et des secteurs de l'étude.....	106
I.2.1.2 Population cible.....	107
I.2.1.3- Taille de l'échantillon.....	108
I.2.2- Collecte des données.....	110
I.2.2.1-Questionnaire.....	110
I.2.2.2- Entretiens.....	113
II. Résultats statistiques.....	113
II.1. Caractéristiques des ménages de la zone.....	114
II.1.1. Caractéristiques sociodémographiques.....	114
II.1.2. Activités économiques.....	116
II.1.2.1- Agriculture.....	118
II.1.2.2- Commerce.....	118
II.1.2.3- Elevage.....	118
II.1.2.4- Maraichage.....	119
II.1.2.5- Pêche.....	120
II.1.2.6. Artisanat et autres activités génératrices de revenu.....	122
II.2. Etat du barrage et participation des ménages à sa protection.....	122
II.2.1. Facteurs de pression sur le barrage et les berges.....	123
II.2.1.1- Population.....	123
II.2.1.2- Activités pratiquées dans les berges.....	123
II.2.1.3- Intensité dans l'usage de l'eau.....	124
II.2.1.4- Respect des règles établies autour du barrage.....	125
II.2.1.5- Faible niveau d'adoption des CES.....	125
II.2.1.6- Facteurs naturels.....	126
II.2.2. Etat du barrage et des berges.....	126
II.2.2.1- Perception des ménages sur l'état du barrage.....	126
II.2.2.2- Etat des eaux et des sols.....	127
II.2.2.3- Ensablement et conséquences sur les activités.....	127
II.2.2.3.1- Baisse du niveau de l'eau.....	128
II.2.2.3.2- Baisse du rendement agricole et de pêche.....	128
II.2.2.3.3- Développement des maladies liées à l'eau.....	128
II.2.2.3.4- Conflits d'usage.....	129
II.2.3. Mécanisme de gestion et d'entretien du barrage.....	129
II.2.4- Contribution monétaire des ménages.....	132
II.2.4.1. CAP moyen et CAP médian.....	132
II.2.4.2- Valeur économique totale du barrage de Yitenga.....	135
II.2.5- Externalités.....	136
II.3. Pratique et adoption des techniques de conservation des eaux et sols.....	136
II.3.1 Niveau d'adoption des techniques CES.....	137
II.3.2. Caractéristiques socioéconomiques des ménages et adoption de CES.....	138
II.3.2.1. Age du chef de ménage.....	138
II.3.2.2. Niveau d'éducation du chef de ménage.....	138
II.3.2.3- Activité principale du chef de ménage.....	139
II.3.2.4. Taille du ménage.....	139
II.3.2.5- Main d'œuvre du ménage (actifs).....	139
II.3.2.6. Accès au marché et au crédit.....	140
II.3.2.7- Revenu du ménage.....	141
II.3.2.8- Nombre de bovins.....	142
II.3.3- Caractéristiques liées à la parcelle.....	142
II.3.3.1- Superficie.....	142

II.3.3.2- Pente de la parcelle.....	142
II.3.3.3- Quantité d'intrants utilisés sur les parcelles.....	143
II.3.3.4- Régime foncier.....	143
II.3.3.5- Nombre année exploitation de la parcelle.....	143
II.3.3.6- Usage de la parcelle pendant dix ans au moins.....	143
II.3.4- Caractéristiques liées aux techniques de CES.....	143
II.3.4.1- Assistance dans la mise en œuvre des CES.....	143
II.3.4.2- Coût moyen d'une technique.....	144
II.3.4.3- Quantité de main d'œuvre nécessaire pour la mise en œuvre de la technique.....	145
II.3.4.4- Distance entre le ménage et le barrage.....	145
II.4- Analyse statistique de la production et de la consommation.....	145
II.4.1- caractéristiques de la production et de la consommation dans la zone d'étude.....	146
II.4.1.1- caractéristiques de Production.....	146
II.4.1.2- Consommation.....	148
II.4.2- Comportements de production et de consommation.....	149
II.4.3- Prix des différentes spéculations.....	150
Chapitre 4 : Analyse et discussions des résultats économétriques.....	152
I. Participation des ménages à la protection du barrage de Yitenga.....	152
I.1- Test statistique des relations entre les variables : Test de Khi-deux.....	152
I.2. Estimation et qualité du modèle.....	154
I.2.1- Nature des effets (fixes ou aléatoires).....	155
I.2.2. Test d'hétéroscédasticité.....	156
I.2.2.1- Principe.....	156
I.2.2.2.- Résultat du test.....	157
I.2.2.3- Analyse des biais de sélection.....	157
I.2.2.4- Test de la colinéarité entre les équations de sélection et le modèle d'intérêt.....	158
I.2.2.5- Test de l'hypothèse d'homogénéité vs endogénéité.....	159
I.3- Résultats de l'estimation.....	159
I.3.1- Modèle probit.....	159
I.3.1.1- Qualité et adéquation du modèle.....	159
I.3.1.2- Caractéristiques socioéconomiques.....	161
I.3.1.3. Variables liées au barrage.....	161
I.3.2. Résultats du modèle CAP.....	162
I.3.2.1- Caractéristiques du ménage.....	164
I.3.2.2. Caractéristiques liées au barrage.....	165
I.3.2.3- Variables économiques.....	167
II. Adoption des techniques de conservation des eaux et des sols.....	168
II.1. Qualité de l'ajustement du modèle.....	170
II.2. Analyse des déterminants de l'adoption des CES.....	170
II.2.1. Caractéristiques du ménage.....	171
II.2.1.1. Age du chef de ménage.....	171
II.2.1. 2. Main d'œuvre disponible dans le ménage.....	171
II.2.1.3. Revenu non agricole du ménage.....	172
II.2.1.4. Accès au crédit.....	172
II.2.1.5. Accès au marché.....	173
II.2.1.6. Activité principale du chef de ménage.....	173
II.2.2. Caractéristiques de la parcelle.....	174
II.2.2.1- Superficie de la parcelle.....	174
II.2.2.2. Pente de la parcelle.....	174
II.2.2.3. Nombre d'années d'exploitation de la parcelle (présence).....	175
II.2.2.4. Sécurité foncière (tenure).....	175
II.2.2.5. Quantité d'intrants utilisée.....	176
II.2.3. Caractéristiques liées aux techniques.....	176
II.2.3.1. Assistance pour la mise en œuvre de la technique.....	176
II.2.3.2- Coût moyen financier d'une technique.....	177

II.2.4. Caractéristiques liées au barrage.....	177
II.2.4.1. Distance	177
II.2.4.2. Accès au barrage.....	178
II.2.4.3. Usage de l'eau du barrage.....	178
II.2.4.4- Activités menées autour du barrage	178
III-Evaluation du bénéfice économique total de la protection du barrage de Yitenga	181
III.1 Adéquation et qualité du modèle	183
III.2. Déterminants de la production.....	184
III.3. Déterminants de la consommation.....	188
III.4. Valeur économique totale de la protection du barrage de Yitenga.....	192
III.4.1. Surplus des producteurs-consommateurs	193
III.4.2. Valeur écosystémique (VE) : les externalités.....	194
III.4.3. Contribution des macro-agents (CMA).....	194
III.4.4. Bénéfice ou valeur totale.....	194
III.5. Justification de l'intervention de l'Etat.....	195
Conclusion générale	199
Références bibliographiques	204
Liste des annexes	222

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Liste des tableaux

Tableau 1. 1: Ecoulement moyen annuel des principaux cours d'eau	8
Tableau 1. 2: Disponibilité, dépendance et usage des ressources en eau renouvelables par pays.....	9
Tableau 1. 3 : Caractéristiques de 10 retenues d'eau au Burkina Faso	24
Tableau 1. 4 : Transparence, turbidité et matières en suspension dans les 10 retenues d'eau	25
Tableau 1. 5 : Répartition de la végétation dans le bassin versant de Yitenga.....	39
Tableau 1. 6 : Nombre d'ouvrages en eau potable par village construit par le projet CRDI/Yitenga.....	45
Tableau 1. 7: Nombre d'ouvrages en latrines et en fosses fumières réalisés par les différents projets.....	46
Tableau 3. 1: Localisation des villages et communes par rapport au Barrage de Yitenga	107
Tableau 3. 2: Ménages à enquêter selon le village et le secteur	109
Tableau 3. 3: Statistiques descriptives sur quelques variables sociodémographiques	116
Tableau 3. 4: Statistiques sur les produits de l'élevage (par tête)	119
Tableau 3. 5: Rentabilité des cultures maraichères pratiquées autour du barrage de Yitenga	120
Tableau 3. 6: Prise annuelle de poisson (kg) et prix moyen (FCFA) par espèce	120
Tableau 3. 7: Etat de l'exploitation des ressources halieutiques en 2011	121
Tableau 3. 8: Perception des ménages sur les conséquences découlant de la dégradation du barrage (%)	
.....	128
Tableau 3. 9: Statistiques descriptives sur le CAP en FCFA	133
Tableau 3. 10 : Contribution des macro-agents en FCFA	135
Tableau 3. 11 : Disposition à payer en FCFA pour la mise en place des techniques CES sans et avec crédit	
.....	140
Tableau 3. 12: Coût financier moyen en FCFA de la mise en œuvre des techniques CES.....	144
Tableau 3. 13: Classification de la production agricole	146
Tableau 3. 14: Statistiques descriptives de la production.....	146
Tableau 3. 15: Statistiques descriptives de la consommation selon les parts de dépenses budgétaires ...	149
Tableau 3. 16: Prix moyens en FCFA de quelques spéculations agricoles	150
Tableau 4. 1: Test de liaison des variables explications et la disposition à payer.....	153
Tableau 4. 2: Dictionnaire des variables pour l'estimation du modèle de Heckman à deux étapes.....	154
Tableau 4. 3: Estimations des effets fixes et effets aléatoires	156
Tableau 4. 4: Résultat du test d'hétéroscédasticité, Breusch Pagan.....	157
Tableau 4. 5: Résultats du test de détection d'un problème de colinéarité entre les équations de sélection	
et le modèle d'intérêt.....	158
Tableau 4. 6: Résultats de la régression probit pour les deux périodes.....	160
Tableau 4. 7: Résultats d'estimation du modèle CAP.....	163
Tableau 4. 8: Dictionnaire des variables du modèle logit multinomial non ordonné.....	169
Tableau 4. 9: Résultats de l'estimation du modèle logit multinomial non ordonné	180
Tableau 4. 10: Dictionnaire des variables du modèle production-consommation.....	182
Tableau 4. 11: Adéquation d'ensemble du modèle production-consommation	184
Tableau 4. 12: Résultats de l'estimation du modèle production-consommation.....	187
Tableau 4. 13: Elasticité prix-directe et prix croisée de la demande	188
Tableau 4. 14: Elasticités/effets marginaux.....	189
Tableau 4. 15: Calcul du surplus du producteur-consommateur (FCFA)	193

Liste des graphiques

Graphique 1. 1: Evolution de la population du Kourritenga et de la ville de Pouytenga.	40
Graphique 1. 2 : Répartition des habitations selon le standing (%)	43
Graphique 1. 3 : Importance des pathologies dans le bassin versant de Yitenga (%).	44
Graphique 1. 4 : Répartition de la ligne de pauvreté par régions au Burkina Faso (%)	51
Graphique 3. 1: Répartition de l'échantillon selon les villages et les secteurs en %.....	114
Graphique 3. 2: Niveau d'éducation des ménages en %	115
Graphique 3. 3 : Répartition en % des tranches d'âge	115
Graphique 3. 4: Importance des activités économiques principales dans la zone (en %)	117
Graphique 3. 5 : Importance des activités pratiquées le long des berges du barrage de Yitenga (%)	124
Graphique 3. 6 : Répartition (%) des activités consommant l'eau du barrage	125
Graphique 3. 7 : Facteurs responsables de l'état actuel du barrage (%).....	127
Graphique 3. 8 : Importance des maladies dans le bassin de Yitenga (%).....	129
Graphique 3. 9 : Perception des ménages sur l'importance des mesures de protection et de gestion du barrage de Yitenga (%).....	131
Graphique 3. 10 : Valeurs d'usage, de legs et d'existence à la moyenne de l'échantillon (FCFA)	134
Graphique 3. 11 : Taux (%) d'adoption des techniques CES	137
Graphique 3. 12 : Taux d'adoption (%) des techniques de CES selon l'éducation.....	139
Graphique 3. 13 : Type de techniques de production agricole (%)	148

Liste des figures

Figure 1.1 : Situation géographique de la zone d'étude	36
Figure 2. 1: Amélioration de la qualité d'un plan d'eau	54
Figure 2. 2 : Valeur économique totale et méthodes de valorisation appropriées	57

Liste des sigles et acronymes

AEP	Adduction en Eau Potable
AEPS	Adduction en Eau Potable Simplifiée
AGR	Activités Génératrices de Revenu
AMCOW	African Ministers' Council On Water
BAD	Banque Africaine de Développement
CAP	Consentement A Payer
CCE	Commission des Communautés Européennes
CDI	Coût des Dommages et des Inefficiences
CEDRES	Centre d'Etude, de Documentation et de Recherche Economiques et Sociales
CES	Conservation des Eaux et des Sols
CLE	Comité Local de l'Eau
CR	Coût de Remédiation
CRDI	Centre de Recherche pour le Développement International
CSLP	Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté
DAP	Disposition A Payer
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
DPARH	Direction Provinciale de l'Agriculture et des Ressources Halieutiques
ECOWAS	Economic Community Of West African States
EP	Enquête Prioritaire
FAO	Food and Agriculture Organization
FCFA	Franc de la Communauté Financière Africaine
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GLS	General Least Square
IDH	Indice du Développement Humain
INSD	Institut National de la Statistique et de la Démographie
INSTAT	Institut National de la Statistique
IREV	Indice du Revenu
MCO	Moindres Carrés Ordinaires
MEC	Méthode d'Evaluation Contingente
MEF	Ministère de l'Economie et des Finances
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NPTCI	Nouveau Programme de Troisième Cycle Interuniversitaire
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
ONG	Organisation Non Gouvernementale
OP	Organisation Paysanne
OTA	Office of Technology Assessment
PAGIRE	Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PEA	Postes d'Eau Autonome
PIB	Produit Intérieur Brut
PNGT	Programme National de Gestion du Terroir
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
SURE	Screaming Unrelated Regression Equations

Résumé

*La question de la gestion et de la protection des ressources en eau est au centre des priorités actuelles des pays notamment des pays sahéliens comme le Burkina Faso. L'objectif principal de cette thèse est d'analyser les bénéfices de la protection du barrage de Yitenga pour les populations riveraines. Pour ce faire, l'étude a utilisé une démarche qui combine analyse statistique et analyse économétrique sur des données de panel collectées auprès des ménages riverains. L'analyse économétrique a été possible à travers l'exploitation de trois modèles : le modèle de Heckman à deux étapes en données de panel pour déterminer les facteurs explicatifs de la participation des usagers à l'amélioration de la qualité du barrage, le modèle logit multinomial non ordonné pour l'identification des facteurs déterminants de la mise en œuvre des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) et le modèle du ménage agricole pour donner une évaluation plus robuste de la valeur du barrage de Yitenga. L'analyse a permis de noter que les variables telles que le sexe du chef de ménage, la profession, les activités autour du barrage, l'éducation, la pratique des CES et les transferts monétaires contribuent significativement à expliquer le consentement à payer (CAP). Aussi, très peu de ménages ont mis en œuvre les techniques CES dans la zone. Seulement 20,69% des ménages enquêtés ont pratiqué au moins une technique. Il ressort des résultats que les cordons pierreux, le zai, les bandes enherbées et les haies vives sont les plus adoptés. Enfin, le modèle du ménage agricole, estimé par la méthode SURE a permis de calculer le surplus du producteur-consommateur et la valeur totale du barrage qui s'élève à **63 289 411, 39 FCFA**.*

Mots clés : évaluation contingente, CAP, CES, Bénéfice, Barrage de Yitenga.

Abstract

*The question of the management and protection of water resources is in the center of actual priorities of many countries particularly Sahelian countries like Burkina Faso. The main objective of this thesis is to analyze the profits of Yitenga's dam protection for the border populations. For that, the study has used a process that combined statistical and econometric analysis of panel data coming from border households. The econometric analysis has been possible through the use of three models: Heckman model of two steps in panel data to determine the explanatory factors of the involvement of users to the improvement of the dam quality, the logit model multinomial unordered for the identification of determining factors of the implementation of waters and soils conservation (WSC) techniques and the model of the agricultural household in order to do a robust assessment of the value of Yitenga's dam. The analysis has permitted to note that variables as the household chief sex, the profession, the activities around the dam, the education, WSC practice and monetary transfers contribute significantly to explain the willingness to pay (WTP). Also, very few households have implemented WSC techniques in the area. Only 20.69% of the households investigated practiced at least one technique. It evident from the results that the stony cords, the zai, the grass strips and the quick hedges are the more adopted. Finally, the model of the agricultural household, valued by the SURE method permitted to calculate the surplus of the producer-consumer and the total value of the dam that rise to **63 289 411. 39 FCFA**.*

Key words: Contingent valuation, WTP, WSC, Profit, Dam of Yitenga.

Introduction générale

Depuis quelques décennies, la gestion des ressources environnementales est au cœur du développement socioéconomique des Etats. Elle est perçue comme un moyen efficace pour lutter contre la pauvreté et garantir un mieux-être aux générations présentes et futures. Les ressources naturelles et environnementales sont d'une grande diversité. On peut citer l'eau, le vent, le soleil, mais aussi l'ensemble des ressources du sol, du sous-sol et végétales. Elles jouent un rôle important dans de nombreux secteurs (l'agro-alimentaire, la production d'électricité et les secteurs producteurs de biens). Ces emplois indispensables des ressources naturelles dans l'activité économique posent aujourd'hui de nombreux problèmes liés à leur rareté et à leur épuisement. Il devient donc nécessaire de les préserver, d'où l'apparition de la notion de Développement Durable dans les années 1990 et la conférence de Rio 1992 appelée « sommet de la Terre » a constitué un tournant décisif dans l'histoire. C'est dans ce même esprit qu'il faut comprendre le terme en 2002 à Johannesburg du « Sommet Mondial sur le Développement Durable » et enfin le sommet de Rio+20 tenu en 2012 au Brésil. La notion de développement durable a deux dimensions: ne pas abuser des ressources naturelles et environnementales, et faire en sorte que la production actuelle ne détruise et ne pollue l'environnement. Les ressources en eau sont actuellement aussi au cœur des débats.

Le secteur des ressources en eau est un des domaines qui bénéficie de l'attention des gouvernements et des chercheurs. Cette ressource à multiples usages, constitue un des facteurs de production important dans le processus de création de richesses des pays. Conscient du rôle essentiel de ces ressources et de leur dégradation actuelle, des mesures de protection sont envisagées tant au niveau local qu'au niveau international pour assurer une gestion durable de celles-ci. L'amélioration et la gestion des ressources en eau génèrent des bénéfices importants, notamment en matière de santé publique, d'économie de ressources financières pour les ménages et en gains de temps. C'est pourquoi, les gouvernements des pays africains ont réalisé ces dernières années d'importants investissements en infrastructures économiques et sociales dont le volume peut être estimé à près de 4% de leur production nationale brute (Banque Mondiale, 1994). Spécifiquement, les investissements dans l'eau potable et l'assainissement contribuent à la croissance économique. Selon l'UNESCO (2010), pour 1\$ USD investi, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que le retour sur investissement varie de 3\$ USD à 34\$ USD selon la région et la technologie. La perte économique générale, en Afrique, due au manque d'accès à l'eau et à un assainissement de base est estimée à 28,4 milliards de dollars par an, soit à 5% du produit intérieur brut (PIB).

Dès lors, le nombre de personnes ayant accès aux ressources publiques (santé, éducation) s'est accru en même temps que l'eau. L'effet sur la réduction de la pauvreté est évident, surtout sur l'environnement et la viabilité des ressources naturelles. Cependant, la réalisation de nombreux ouvrages (routes, barrages, retenues d'eau, etc.) n'a pas permis de combler le déficit en infrastructures et des millions de personnes ont difficilement accès à l'eau pour la boisson. Les populations concernées sont les individus les plus pauvres des pays en voie de développement. En Afrique Subsaharienne par exemple, plus de 50% de la population n'a pas encore accès à une eau potable et les maladies liées à l'eau (ver de guinée, fièvre typhoïde, etc.) sont encore fréquentes (OCDE, 2004). Cette situation risque de s'aggraver si rien n'est fait. En effet, la population mondiale augmente d'environ 80 millions de personnes par an, ce qui entraîne une augmentation de la demande en eau douce d'environ 64 milliards de mètres cube par an. En plus, on estime que 90% des 3 milliards de personnes qui devraient s'ajouter à la population mondiale d'ici à 2050 seront dans les pays en voie de développement, beaucoup dans des régions où la population actuelle ne dispose pas d'un accès durable à l'eau potable et à des sanitaires adéquats (UNESCO, 2010). Ce qui augmentera le stress hydrique dans ces régions du monde. La dégradation des conditions climatiques ainsi que les pollutions de toutes sortes accentuent la précarité des conditions de vie des habitants en Afrique au Sud du Sahara.

Dans plusieurs études de la Banque Mondiale et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la rentabilité des investissements dans le secteur de l'eau et l'assainissement a été relevée, dans le domaine de la santé et en termes de gains de temps pour les ménages. C'est conscient de ces résultats que le Burkina Faso, dans le cadre de la mise en œuvre de son Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) en 2000 et dans sa Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable (SCADD) en 2011 consacre, une place importante à l'accès des pauvres aux services sociaux de base notamment l'eau potable. C'est ainsi qu'une série d'actions a été entreprise dans le domaine de l'eau et de l'assainissement. Dans le domaine de l'eau, après les périodes de sécheresses des années 70 et 73, les gouvernements successifs ont entrepris des activités d'aménagement de plusieurs barrages sur le territoire national. Dans le bassin du Nakambé, 400 barrages dont celui de Yitenga ont été construits pour répondre aux besoins socioéconomiques des populations riveraines.

Le barrage de Yitenga construit en 1987 sur un des affluents du bassin du Nakambé, devait initialement permettre aux populations riveraines de bénéficier d'une source d'eau pour le développement des activités économiques, en l'occurrence les activités agropastorales.

Cependant avec l'augmentation de la population du Kourritenga passant de 275 557 habitants en 2000 à 356 231 habitants en 2009 (INSD, 2010), la demande en eau de boisson augmente.

En effet, cette ressource est désormais utilisée pour alimenter les villes de Koupéla et de Pouytenga qui représentent les deux grands centres urbains de consommation de la province. Selon l'ONEA de Koupéla (2010), 70% de l'eau traitée est servie aux ménages urbains de Pouytenga contre 30% à Koupéla. La demande en eau potable est donc plus élevée à Pouytenga qu'à Koupéla. Le faible niveau d'approvisionnement de la ville de Koupéla par les services traiteurs de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) vient du fort potentiel en forages et en fontaines comparativement à la ville de Pouytenga. Aussi, les ménages des villages riverains consomment directement l'eau du barrage et l'utilisent également comme facteur de production. Cette description montre l'importance de la demande en eau dans le bassin versant de Yitenga.

Cette importante réalisation a également pour but de réduire la pauvreté par le développement des activités économiques dans la zone qui était marquée par une incidence de 51% en 2003 (CSLP, 2003), ce qui est supérieure à la moyenne nationale (46,4%). Dans ce contexte de pauvreté, l'usage des ressources naturelles et environnementales devient de plus en plus accru. Plusieurs activités sont menées autour de ce point d'eau à savoir l'agriculture (riz irrigué, maraîchage), l'élevage, la fabrication de dolo et de soubala, la pêche, la tannerie, la construction (confection de briques), etc. Les différents usagers utilisent abondamment l'eau du barrage pour la réalisation de leurs activités économiques. La divergence des intérêts crée une situation conflictuelle entre les utilisateurs, en l'occurrence les éleveurs et les agriculteurs. Ces conflits d'usage s'étendent aussi au niveau de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) dont les installations sont à proximité. Ces utilisations ont certes permis le développement de l'élevage et de l'agriculture de contre saison dans la zone, mais il reste qu'elles sont sources de pollution. Cette forte pression sur les ressources en eau s'explique par une forte croissance démographique, soit un taux de croissance annuel de 8% (Commune de Pouytenga, 2010). Face à cette croissance, l'eau du barrage est utilisée par l'ONEA¹ pour la boisson, ce qui n'était pas initialement le but de la création du barrage. A côté de ces pressions, il y a le faible niveau d'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols qui pourraient réduire la pollution de l'eau par les déchets issus des récoltes.

¹ En effet, la loi n° 058-2009/AN portant sur l'utilisation de l'eau stipule qu'en cas de pénurie d'eau, l'eau de boisson est prioritaire.

En effet, dans la zone, la pratique des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) est très limitée (Yonkeu et al, 2005). Le refus des agriculteurs d'exercer leurs activités à une distance de 100 mètres du barrage (ONEA, 2010) engendre une pollution du barrage par les résidus des récoltes et le drainage des terres superficielles dans le point d'eau. Du côté des éleveurs, l'abreuvement du bétail se fait directement. Cet ensemble d'éléments susmentionnés, combiné aux masses de déchets solides et liquides en provenance de Pouytenga (deuxième marché de bétail du pays)² entraînent des conséquences en termes de santé publique mais aussi en termes de rentabilité économique des activités. Le développement récent des algues dans le barrage pollue l'eau de consommation à travers des odeurs difficilement traitables par les services de l'ONEA. Ces facteurs anthropiques ne sont pas les seuls à exercer une pression sur la ressource en eau. Il y a également les facteurs naturels tels les changements climatiques qui favorisent de plus en plus l'évaporation de l'eau. Ainsi, les conséquences socioéconomiques découlant de la pollution et de l'ensablement du barrage de Yitenga sont donc multiples. D'abord, il y a de plus en plus une pénurie d'eau dans la zone à cause du tarissement précoce du barrage au mois de mai. Ensuite, au niveau de la santé, Yonkeu et al (2005) ont montré que les pathologies hydriques telles que la diarrhée (88% de la population est atteinte), les maux de tête (82%), le paludisme (80,6%) et la bilharziose (35,5%) sont les plus répandues dans le bassin et leur survenue et recrudescence découlent du contact de l'homme avec l'eau et de l'état de salubrité de cet écosystème. L'eau apporte la vie mais elle est porteuse de risques de maladies et de mort, si toutefois elle n'est pas saine. Sur le plan des activités économiques, la réduction de la capacité du barrage passant de 2 500 000 mètres cubes en 1987 à 1 394 400 mètres cubes en 2001 (Tsiotsa, 2001) pose un problème dans la conduite des activités économiques et de leur rentabilité car l'eau est un input essentiel dans toute activité économique.

Or, l'étude de Wéthé et al (2011) a montré que les activités menées dans la zone ont un lien étroit avec le barrage et que cette ressource constitue un facteur de production important. L'ensablement et la pollution du barrage sont donc une menace importante pour les différents usagers dans la mesure où ce phénomène provoque la pénurie d'eau et réduit du même coup l'intensité des activités économiques, exacerbe les conflits entre les usagers et favorise le développement de certaines maladies. Selon les prévisions de l'ONEA, la province du Kouritenga sera approvisionnée en eau potable à partir du barrage de Bagré si des actions d'aménagement ne sont pas entreprises dans les prochaines années.

² Voir Yonkeu et al (2005)

En effet, le phénomène de l'ensablement pose un véritable problème de disponibilité en eau dans le bassin versant de Yitenga et s'accroîtra si des efforts d'aménagements ne sont pas consentis.

L'année 2011 a été celle de l'accélération de la dégradation à grande échelle du barrage. Au cours du mois de mai 2011, le barrage de Yitenga a complètement tari, mettant en difficulté les ménages ruraux et urbains de la zone.

Face à cette délicate situation du manque d'eau, des actions de protections doivent être envisagées. Ainsi, quel bénéfice la protection du barrage engendrerait-elle pour les populations riveraines?

Devant une situation de mauvaise gestion du barrage de Yitenga caractérisée par la pollution des déchets liquides et solides provenant des activités menées dans le bassin versant, de la ville de Pouytenga et du phénomène de l'ensablement, la contribution des ménages riverains à la protection de la ressource est capitale. Il importe de savoir quels peuvent être les facteurs déterminants de la participation des populations riveraines pour la gestion d'une telle ressource ?

Au regard de la faiblesse de l'adoption des techniques de conservation des sols (techniques de protection) dans la zone, il serait primordial d'encourager l'utilisation des technologies de conservation des eaux et des sols par les ménages riverains et bénéficiaires directs de la ressource pour réduire les effets de la pollution et de l'ensablement causés par les résidus des récoltes agricoles. En général, l'application des techniques CES sur les parcelles environnantes des bassins versants ou des points d'eau empêchent le drainage de la terre et des rebuts des récoltes vers lesdits points d'eau (Scherr, 1999). En considérant le faible niveau d'adoption des techniques CES et leur importance dans la protection des points d'eau, la question suivante émerge : Quels sont les facteurs explicatifs de la mise en œuvre des CES par les ménages? Quelle est la valeur économique totale de cette protection pour les populations riveraines?

L'objectif principal de la présente thèse vise à analyser les bénéfices de la protection du barrage de Yitenga pour les populations riveraines. Plus spécifiquement, il s'agit de:

- déterminer les facteurs explicatifs du consentement à payer des ménages pour la ressource en eau;
- identifier les facteurs favorisant l'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols ;
- calculer la valeur économique totale de la protection du barrage.

De façon anticipée aux interrogations spécifiques, les hypothèses ci-après sont formulées :

Hypothèse 1 : l'usage du barrage, le niveau d'éducation et l'activité principale du chef de ménage influencent positivement et significativement le consentement à payer ;

Hypothèse 2 : la sécurité foncière (tenure), l'accès au crédit et la quantité d'intrant utilisée influencent positivement et significativement l'adoption des cordons pierreux, des diguettes, du zaï et des bandes enherbées;

Hypothèse 3 : la protection du barrage génère un bénéfice économique total supérieur au coût du désensablement.

La mise à l'épreuve de ces hypothèses requiert des données socioéconomiques et environnementales. Ainsi, des données sur les caractéristiques socioéconomiques des ménages, le montant à payer pour la préservation du barrage ainsi que les données liées à l'utilisation de l'eau du barrage permettent, à l'aide du modèle de Heckman à deux étapes, de vérifier la première hypothèse. La connaissance des déterminants de l'adoption des techniques CES nécessite également des données sur les techniques pratiquées, les caractéristiques du milieu et les activités menées sur les différentes parcelles. La littérature économique montre que dans les cas où le phénomène expliqué prend plusieurs modalités, le modèle logit multinomial est recommandé. En outre, le calcul de la valeur économique totale du barrage de Yitenga par le modèle du ménage agricole exige des données sur les comportements de production et de consommation des ménages riverains. Toutes les données utilisées dans ce travail ont été obtenues par enquête sur un échantillon de 240 ménages et en deux passages. La technique d'échantillonnage utilisée est celle de la stratification aléatoire simplifiée. Les techniques d'enquête mobilisées sont l'enquête formelle et les entretiens avec les macro-agents.

La suite de la thèse s'organise autour de quatre chapitres. Le premier chapitre présente le contexte et la zone d'étude. Il insiste sur la situation des ressources en eau en Afrique de l'Ouest, en mettant un accent particulier sur le cas du Burkina Faso. Le deuxième repose sur les fondements théoriques et les modèles d'analyse. Il met en exergue les méthodes économiques de valorisation des biens environnementaux. L'avant dernier chapitre aborde les aspects méthodologiques notamment les techniques d'échantillonnage, de collecte des données et donne les résultats statistiques obtenus des enquêtes de terrain. Enfin, le dernier chapitre présente les résultats économétriques et les discute à la lumière de la théorie économique.

Chapitre 1 : Contexte et présentation de la zone d'étude

Depuis plusieurs décennies, la majorité des régions du globe est soumise à une dégradation continue des eaux, des sols et des forêts. Cependant, la situation est plus inquiétante pour la majorité des pays africains et plus particulièrement ceux de l'Afrique au sud du Sahara. En effet, les pays développés, contrairement aux autres pays, ont des sols peu fragiles et ont les capacités financières pour compenser la baisse de fertilité par un apport conséquent en intrants. Ce qui n'est pas le cas pour les pays de l'Afrique au Sud du Sahara. Ces pays qui ont été confrontés depuis les années 70 à de grandes sécheresses, vivent dans une situation catastrophique. Aujourd'hui, la problématique des ressources en eau se pose avec acuité. La notion de « ressource en eau » se réfère classiquement aux eaux liquides en écoulement, accessibles aux usages humains. Ce présent chapitre comporte deux sections. Il présente dans un premier temps la situation des ressources en eau en Afrique et au Burkina Faso en relevant les difficultés dans le secteur avant de présenter dans un second temps la zone d'étude de la thèse.

I. Situation des ressources en eau en Afrique de l'ouest

I.1-Potentiel hydraulique

Le continent africain est arrosé par quatre grands cours d'eau. Il s'agit des fleuves Niger, Sénégal, Congo et lac Tchad (Mahé, 2005). A cette liste, il y a entre autres le fleuve Nil et les mers. Le fleuve Congo est le deuxième plus gros débit du monde après l'Amazone. Il draine la plus grande partie de la cuvette congolaise. Le Niger quant à lui prend sa source dans les massifs du Fouta Djallon en zone tropicale humide, pour remonter vers le nord jusqu'à la zone subdésertique où il se déverse et s'étale dans son delta intérieur, avant d'amorcer une boucle pour retourner vers le sud en direction du Golfe de Guinée. Le fleuve assure une fonction de transfert en latitude de stocks d'eau considérables d'un milieu tropical humide à un milieu désertique ou sahélien. Cependant, depuis le début du contexte pluviométrique déficitaire des années 80, on estime la baisse des débits à environ 40%. La sévérité des étiages provoqua même un arrêt des écoulements en 1983, 1984 et 1987 à Douna, à l'entrée du delta intérieur (Mahé, 2005). Pour ce qui concerne, le fleuve Sénégal, il est régulier comme le Congo de par son orientation équatoriale. En revanche, il n'obéit qu'à une concentration des débits sur une courte période de l'année, en raison de la recharge de la nappe avant les écoulements.

Le régime hydrologique du Sénégal, caractérisé par l'irrégularité de ses débits, pose de gros problèmes d'aménagements hydrauliques, particulièrement dans son delta soumis à une forte érosion marine et à la remontée du biseau salé. Ce fleuve a connu une baisse des débits de 60% depuis le début du contexte déficitaire, la plus forte enregistrée avec celle de la Gambie (Rescan, 2005). Avec une surface totale de 340 000km², le lac Tchad produit une variété de services et de ressources naturelles qui sont hautement attractifs pour les populations de la région, particulièrement durant les années de sécheresse. La pêche, les cultures de décrue, l'élevage et le commerce sont les activités principales (Lemoalle et al, 2011).

Au niveau de l'Afrique de l'Ouest, on dénombre 28 bassins fluviaux³ transfrontaliers. Les plus importants sont le Niger (partagés entre 11 pays si l'on prend en compte la partie non active du bassin), le Sénégal (4 pays), la Volta (6 pays), le Lac Tchad (8 pays), la Comoé (4 pays). A l'exception du Cap Vert, chaque pays ouest-africain partage au moins un cours d'eau avec l'un de ses voisins. Quatorze bassins transfrontaliers sont recensés en Guinée où naissent un grand nombre de cours d'eau. On en compte huit en Côte d'Ivoire, sept au Cameroun et au Liberia, cinq au Nigeria et en Sierra Leone. Au total, les bassins transfrontaliers couvrent 71 % de la superficie totale de la région (ECOWAS, 2007). Le tableau 1.1 donne les principaux cours d'eau de l'Afrique de l'Ouest et leurs caractéristiques.

Tableau 1. 1: Ecoulement moyen annuel des principaux cours d'eau en Afrique de l'Ouest

cours d'eau	Bassin de drainage (km ²)	Ecoulement moyen annuel (millions de m ³)	Organisation ⁴
Niger	1 214 000	221 500	ABN
Volta	394 100	39 735	ABV
Sénégal	338 000	21 800	OMVS
Gambie	77 850	5 050	OMVG
Mono	22 000	3 675	CEB

Source : *Beekman et al (2005)*

On remarque que le Fleuve Niger est le plus important parmi les sources existantes suivi de très loin par le fleuve Volta et le fleuve Sénégal. Les formes d'organisations pour une gestion optimale des ressources en eau ne sont pas identiques.

Elles diffèrent d'un cours d'eau à un autre. Cependant, les pays n'ont pas le même niveau d'accès à l'eau. Le tableau ci-dessous présente la situation.

³ Un bassin fluvial ou bassin hydrologique est une portion de territoire à l'intérieur de laquelle tous les écoulements de surface se dirigent vers le même exutoire (cours d'eau ou lac). La ligne séparant deux bassins fluviaux est appelée « ligne de partage des eaux ».

⁴ **ABN** : Autorité du Bassin du Niger, **ABV** : Autorité du bassin de la Volta, **OMVS** : Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal, **OMVG** : Office de Mise en Valeur du Bassin du Fleuve Gambie, **CEB** : Communauté Electrique du Benin

Tableau 1. 2: Disponibilité, dépendance et usage des ressources en eau renouvelables par pays

Pays	Quantité/an/hab en m ³	Dépendance en %	Usage en %
Bénin	3 820	61	2
Burkina Faso	930	0	6
Cap Vert	630	0	9
Côte d'Ivoire	4 790	5	1
Gambie	5 470	63	0,4
Ghana	2 490	43	1
Guinée	26 220	0	1
Guinée-Buissau	20 160	48	0,4
Libéria	66 530	14	0,05
Mali	7 460	40	7
Mauritanie	3 830	96	15
Niger	2 710	90	6
Nigéria	2 250	23	3
Sénégal	3 810	33	4
Serra Leone	30 960	0	0,2
Togo	2 930	22	1
Tchad	4 860	65	0,5

Source : *Thomas et al (2007)*

Selon les données du tableau 1.2 ci-dessus, les pays comme la Guinée, la Guinée-Bissau, le Libéria et la Sierra Leone ont un niveau de disponibilité en eau par habitant et par an plus élevé. Le Burkina Faso et le Cap Vert ont les niveaux de disponibilité les plus faibles. Avec un taux d'usage élevé comparativement aux autres pays, ces deux pays ont un taux de dépendance de 0% des ressources en eau renouvelables. En dépit de ce fort potentiel hydraulique, beaucoup de pays ouest africains ont un ratio de dépendance élevé ; le ratio de dépendance étant déterminé par la proportion de ressources en eau renouvelables produites à l'extérieur des frontières d'un pays. Cependant, la dépendance n'est pas corrélée à la proportion du territoire national couverte par des bassins transfrontaliers. La Mauritanie dont le taux de dépendance est proche de 100 % ne compte qu'un peu plus de 20 % de son territoire dans un bassin transfrontalier. A l'opposé, le Burkina « produit » la totalité de son eau douce alors que son territoire est occupé à 100 % par des bassins transfrontaliers.

Il ressort que plus de 300 millions de personnes en Afrique ne bénéficient pas d'un accès raisonnable à l'eau potable. Autant de personnes n'ont pas non plus accès à un assainissement adéquat (AMCOW, 2012). Ces statistiques risquent de progresser dans les prochaines années sous l'influence des changements climatiques. Déjà, l'on assiste à une régression des ressources en eau notamment en Afrique en général et en Afrique de l'Ouest en particulier.

L'Afrique de l'Ouest a connu au cours des dernières décennies une baisse importante de la pluviométrie et des débits moyens annuels des cours d'eau. Une rupture des séries pluviométriques est observée autour des années 1968-1972. L'année 1970 est considérée comme l'année charnière après laquelle la baisse de la pluviométrie moyenne va de moins 15 % à moins 30 % selon la zone. Cette situation a pour conséquence le glissement des isohyètes d'environ 200 km vers le sud. Une variation concomitante des débits moyens annuels est observée pour la plupart des fleuves. Selon les travaux de Thomas et al (2007), on enregistre une baisse générale de la pluviométrie moyenne d'environ 15% à 30%, des saisons très variables d'une zone à une autre et une diminution des eaux de surface de 40% à 60%. Face à cette dégradation du contexte hydroclimatique, la construction de barrages s'impose comme une solution logique. Il y a aujourd'hui un peu moins de 150 grands barrages en Afrique de l'Ouest sur un effectif de 1 300 à l'échelle du continent, et de 45 000 à l'échelle du monde (ECOWAS, 2007). La région compte moins de deux grands barrages par unité de surface de 100 000 km², contre 4,3 à l'échelle de l'Afrique. Les projets de construction initiés sont dans la plupart du temps conçus au seul niveau national alors que « l'objet » du barrage (le fleuve) est d'essence régionale et que la construction d'un ouvrage a par définition des conséquences au-delà des frontières. Il peut s'agir en particulier : de l'altération de la qualité des eaux du fait de l'accentuation de la fragmentation d'un fleuve.

I.2- Rôles socioéconomiques de l'eau

L'eau joue un rôle crucial dans le développement économique des pays africains et dans la survie des écosystèmes naturels. Les diverses utilisations de l'eau influent sur sa disponibilité, du point de vue de la quantité, de la qualité et du temps des divers besoins économiques, sociaux et écologiques. Les pays en voie de développement reconnaissent que les ressources en eau deviennent rares, et devront être exploitées rationnellement. Les rôles socioéconomiques de l'eau peuvent être appréciés à partir de ses différents usages. Les principaux usages de l'eau qu'ils soient individuels, collectifs, industriels ou agricoles relèvent de trois grandes catégories : les usages nobles, spécifiques et les autres types d'usage.

Les **usages nobles** représentent la catégorie d'usage pour laquelle il est exigé une qualité alimentaire de l'eau (boisson, préparation d'aliments, soins corporels, lavage du linge et de la vaisselle).

Les **usages spécifiques** sont les usages pour lesquels une qualité minimale de l'eau peut être requise (baignade, certains usages médicaux tels que la dialyse rénale, usages industriel et

agricole⁵). Les **autres utilisations** n'appartenant à aucune de ces catégories (lavage de voiries, production d'énergie hydraulique, ...).

A travers ses différentes utilisations, un lien peut être établi entre l'eau en tant que ressource et les secteurs d'utilisations concernés.

1.2.1- Eau et besoins domestiques

En général, les urbains sont mieux lotis que les ruraux. Environ 65% de la population rurale et 25% de la population urbaine n'ont pas accès à l'eau potable en Afrique (BAD, 2000). Les comparaisons par pays indiquent également des divergences considérables. A Maurice, aux Seychelles, en Egypte, en Libye, en Tunisie et en Côte d'Ivoire, une fraction de plus de 80% de la population a déjà accès à l'eau potable. En revanche, la situation est bien pire au Tchad, aux Comores, au Mozambique, en Ethiopie, en Guinée-Bissau, en République démocratique du Congo et à Djibouti, où les pourcentages sont inférieurs à 30%. L'eau est au centre de la vie de l'Homme du fait de son apport au maintien de la vie humaine.

1.2.2- Eau, agriculture et sécurité alimentaire

Au niveau mondial, il est montré que l'agriculture est de loin le plus grand consommateur d'eau douce, environ 70% de l'ensemble des prélèvements d'eau douce sont destinés à l'irrigation pour l'agriculture. La pénurie d'eau douce peut limiter la production alimentaire et son approvisionnement, exerçant des pressions sur les prix des aliments et la dépendance croissante des pays aux produits alimentaires importés (UNESCO, 2010). En Afrique, les travaux de Thomas et al (2007) confirment que le principal secteur utilisateur de l'eau est l'agriculture, surtout irriguée (76% des prélèvements d'eau douce) contre 17% pour la consommation domestique et 7% pour l'industrie. L'agriculture fournit 29 % du PIB régional et occupe près des deux tiers de la population active. Cette consommation conséquente dans ce secteur peut s'expliquer par différentes raisons. D'abord, l'irrigation massive dans le but d'assurer des rendements maximums et ensuite, l'élevage dont le régime alimentaire implique la mobilisation de grandes quantités d'énergie et d'eau par ration produite. La contribution de l'eau au développement du cheptel est très élevée et significative. De ces deux éléments, l'irrigation constitue l'activité la plus consommatrice d'eau.

En effet, l'accroissement de la population nécessite la production de plus grandes quantités de denrées alimentaires pour la satisfaction des besoins de consommation. Et pour ce faire, l'irrigation est utilisée comme un instrument pour développer l'agriculture de contre-saison qui

⁵ Il s'agit essentiellement de l'aspersion, l'irrigation, et la conchyliculture.

constitue pour bon nombre de pays une stratégie de lutte contre l'insécurité alimentaire au regard du faible niveau pluviométrique et de la saturation foncière. L'irrigation se justifie dans la mesure où le continent est de moins en moins arrosé. Des efforts importants ont été réalisés notamment dans l'agriculture irriguée mais beaucoup reste à faire. Sur un total de 185 millions d'hectares de terres cultivées en Afrique seulement 12 millions d'hectares sont irrigués (BAD, 2000). L'agriculture intensive a pour conséquence de polluer les eaux des sols avec de fortes concentrations en azote, phosphore et molécules issues des produits phytosanitaires. Cette agriculture est consommatrice d'eau et nécessite de grands investissements mais pose surtout un problème d'arbitrage entre les différents usages.

I.2.3- Eau et santé

L'eau est un élément indispensable à la vie et également une source de confort et de plaisir. Elle désaltère lorsque l'on a soif, rafraîchit lorsque l'on a chaud, réchauffe lorsque l'on a froid et chaque matin, au-delà de l'hygiène, procure tous les plaisirs de la toilette. L'eau est bonne pour la santé car elle contient entre autres du fluor (contribuant à la prévention de la carie dentaire), du magnésium (qui s'additionne à celui que l'on trouve principalement dans les aliments) et des sels minéraux. Aujourd'hui, le thermalisme⁶, à travers l'utilisation de l'eau minérale et de ses dérivés, met l'accent sur son apport dans la prise en charge des maladies chroniques. Nombreux sont les domaines pour lesquels malgré un traitement adapté (médicaments) subsistent des symptômes et des contraintes qui gênent la vie quotidienne des malades. Le thermalisme est alors en mesure de leur offrir une prise en charge complémentaire qui, dans certains cas, peut contribuer à diminuer tous ces symptômes. C'est à travers les soins palliatifs (association de l'eau minérale et ses dérivés : boues, gaz ; les pratiques thermales ; la kinésithérapie ; les bains chauds en piscine ; les douches locales...) que le thermalisme s'avère très efficace pour minimiser la douleur, bien qu'il n'en fasse pas disparaître les causes. Cependant, l'eau insalubre peut entraîner de nombreuses maladies qui affectent le bien-être humain.

I.2.4- Eau et énergie

Parmi les énergies, seules deux d'entre elles, le nucléaire et l'hydraulique, contribuent véritablement à la production énergétique.

⁶ Le **thermalisme** est l'ensemble des activités liées à l'exploitation et à l'utilisation des eaux thermales. Cela se rapporte aussi bien à l'histoire, l'économie, les acteurs, le patrimoine qu'à l'ensemble des moyens (médicaux, sanitaires, sociaux, administratifs...) mis en œuvre dans les stations thermales lors des cures thermales.

L'exploitation des énergies dites renouvelables notamment celles n'utilisant pas l'eau reste marginale. L'exploitation des autres sources d'énergie est coûteuse et nécessite des gros investissements. Les énergies renouvelables notamment celles utilisant l'eau offrent plusieurs avantages dont la protection de la biosphère car elles ne produisent ni pollution, ni déchets. Cependant, leurs techniques ne sont pas toutes au point, ni exemptes de nuisances. La construction d'usines hydro-électriques marémotrices exige des sites où l'amplitude des marées atteint au moins 10 mètres. La rentabilité en est très faible car leur coût d'entretien est élevé. Les usines hydro-électriques installées sur les fleuves, nécessitent des barrages, de retenues utilisant comme énergie le débit ou la chute de l'eau.

Les études de la BAD (2000) montrent que l'énergie produite à partir des sources hydrauliques représente la principale source de production énergétique. D'après ces mêmes études, la consommation totale d'énergie de l'Afrique est couverte à environ 95% par les centrales thermiques à charbon et à quatre pour cent par l'hydroélectricité.

1.2.5- Eau et Assainissement

L'assainissement ne bénéficie généralement pas de la même attention que l'adduction d'eau. Cette attitude s'explique en partie par les contraintes financières et, par le fait que l'on ne prend pas conscience de l'importance de ce sous-secteur. Cette inattention se traduit par la faiblesse des stations d'épuration des eaux usées. La pénurie de ces stations provoque des problèmes immédiats d'hygiène et de qualité de l'eau, ce qui cause des maladies et constitue, dans certains cas, une grave menace pour l'environnement. L'un de ces problèmes les plus sérieux et les plus répandus provient des effets de la pollution sur les cours d'eau et les côtes. Les ressources en eau des bassins fluviaux internationaux sont demandées par les pays pour des besoins liés à la production hydroélectrique, à l'irrigation, à l'adduction d'eau en zone urbaine et industrielle, à la pêche et au transport. Les activités menées dans les pays situés en amont peuvent limiter ou polluer les ressources disponibles dans ceux qui se trouvent en aval. Le partage équitable des ressources communes entre nations riveraines est une question d'une extrême importance en Afrique. De nombreux accords internationaux sur les ressources en eau ont été signés entre pays riverains. Ces accords ne font pas partie du droit international, mais ils s'inscrivent dans le cadre des règles d'Helsinki, qui sont adoptées et appliquées à grande échelle dans le cadre d'accords internationaux. Pour exploiter et gérer les ressources communes en eau et minimiser les conflits d'ordre politique, de nombreux pays ont créés des organisations régionales.

En général, les organisations africaines chargées des bassins fluviaux sont confrontées à de sérieuses difficultés liées à un développement institutionnel insuffisant, à des pressions politiques nationales et extérieures, à des budgets insuffisants, à la gestion et à des capacités techniques laissant à désirer (FAO, 1994). Leurs objectifs et leurs stratégies entrent en conflit avec les priorités politiques des différents Etats membres.

1.3- Problèmes liés aux ressources en eau

Les problèmes émanant de l'utilisation, de la disponibilité et de la gestion de l'eau sont nombreux. Selon Karambiri (2011), les principaux problèmes liés aux ressources en eau sont entre autres l'ensablement, la dégradation de la qualité de l'eau, l'eutrophisation, le sous dimensionnement suite au changement des normes hydrologiques et les conflits d'usages de l'eau.

1.3.1- Ensablement et pollution

L'ensablement constitue de nos jours une contrainte majeure des retenues d'eau en Afrique de l'Ouest. Il y a ensablement ou comblement, lorsque des grains de sable, transportés par les vents ou par les eaux, s'accumulent quelque part, sur le littoral, au bord d'un cours d'eau, sur des terres cultivées plantées ou incultes. Selon la FAO, l'ensablement désigne tout envahissement par des grains de sable, aboutissant à l'accumulation de sable et/ou la formation de dunes. Les vecteurs favorisant l'ensablement des points d'eau sont entre autres le vent, le tourbillon, l'érosion éolienne et les activités anthropiques.

Une étude menée par Gnandi et al (2008) dont l'objectif était d'évaluer le degré de pollution du système lagunaire par les métaux et les composés organométalliques⁷ à Lomé, à montrer que les sources de pollution de la lagune sont les apports des effluents liquides et des déchets solides, l'érosion des sols, les écoulements des eaux de pluie, la lixiviation des dépotoirs et les sources atmosphériques (carburants, essence à plomb, Incinération des ordures ménagères). Par ailleurs, les auteurs soutiennent que les éléments à fort pourcentage d'extraction (Cd, Pb, As, C, Zn, Mn, Fe) sont considérés comme d'origine anthropique et très biodisponibles dans les sédiments. La bioaccumulation des trois métaux (Pb, As et Cd) chez les espèces analysées (*Tilapia et Clarias*) s'est avérée très élevée et dépasse largement les normes fixées par l'OMS. Au Burkina Faso, plusieurs études ont été menées dans le domaine de l'eau notamment sur la problématique de l'envasement.

⁷ Distribution des métaux dans les sédiments du système lagunaire, biodisponibilité des métaux, bioaccumulation des métaux dans les poissons.

Les travaux de Karambiri (1998) ont montré que les retenues d'eau connaissent des pertes en termes de capacité. Sur un total de six retenues d'eau, l'auteur constate que le comblement varie de 2,6% à 6,4%. Dans le même ordre d'idées, Diabri (2008) a évalué le niveau de comblement du barrage de Tougou au Burkina Faso en confrontant les résultats de plusieurs recherches. Le travail comparatif de l'auteur a permis de constater que le taux de comblement de la retenue d'eau de Tougou varie entre 57% et 390% en fonction des méthodes utilisées et des auteurs. Ces chiffres montrent que le niveau d'ensablement de la retenue est très élevé et le risque de tarissement précoce est plausible. Pour Maiga et al (2006), le comblement par transport de solides représente la menace prépondérante pour les plans d'eau en zone sahélienne et que ce risque est plutôt faible en zones soudanienne et soudano sahélienne.

L'ensablement des retenues va induire un certain nombre de problèmes spécifiques (Thomas et al, 2007). Il s'agit notamment de la baisse de la production halieutique et disparition de certaines espèces halieutiques, de la baisse des rendements agricoles, de l'accroissement des conflits d'usage, des problèmes de santé, l'accentuation de la pauvreté et l'exode rural. Certains auteurs comme Maidawa (2006) pensent que les conséquences inestimables de l'ensablement sont perceptibles à travers la formation des dunes ça et là sur la quasi-totalité de l'étendue, menaçant des infrastructures socio-économiques telles que les routes, les habitations, les périmètres irrigués, les terres de cultures, les pâturages, les oasis, les cuvettes, les points d'eaux (fleuve, mares, forages, puits, etc.) et les infrastructures socioéconomiques (routes, écoles, etc.). L'ensablement conduit inéluctablement à la pollution. Ainsi, la pollution des eaux est fonction du degré de leur envasement.

Les principales sources de pollution sont agricoles, mais la pollution industrielle commence à se développer avec l'industrialisation croissante d'une partie de la société africaine. Les principales conséquences de ces pollutions sont non seulement la réduction de la qualité de l'eau et de sa quantité disponible, mais aussi la réduction de la surface et de la qualité des terres agricoles et d'élevage, la dégradation des forêts, des zones humides, et des écosystèmes aquatiques, la perte de biodiversité ainsi que le développement de nouvelles maladies liées à l'eau (PNUD, 2006; ECC, 2006). Les plus grandes menaces à la qualité de l'eau incluent les rejets domestiques, urbains et industriels non traités, les résidus de fertilisants et de pesticides agricoles, ainsi que la sédimentation, la salinité et la réduction des zones. Une des solutions économiquement possible est celle de l'internalisation.

La réduction de la pollution des eaux pourrait trouver une solution par l'internalisation des effets externes négatifs à la Coase. Coase (1960) propose qu'en cas de pollution ou de nuisance, si le pollueur est identifié qu'il supporte le coût du dommage qu'il aurait causé. Toute la difficulté de l'analyse se trouve donc rassemblée dans les situations que Coase désigne comme les effets externes négatifs d'une activité humaine, c'est-à-dire marchande ou industrielle, et qu'on appellera ici pollution (Mainguy, 2012). Une autre solution proposée par Coase est la négociation. Pour lui, on peut arriver à une allocation efficace des ressources. En effet, si les coûts de transaction sont nuls et si les droits de propriété sont bien définis, il résultera une allocation efficace, même en cas de conflit d'usage. Cette proposition semble intéressante mais, la nullité des coûts de transaction pose un problème dans le théorème de Coase. Dans les faits réels, la négociation n'est pas sans coûts. Or si les acteurs concernés doivent supporter des coûts pour parvenir à une solution, il y a une forte probabilité d'échouer.

I.3.2- Développement de maladies

L'ensablement par les divers déchets solides naturels et issus des milieux anthropisés peut générer ou favoriser le développement de maladies. Ainsi, la décomposition des déchets solides entraîne la prolifération des vecteurs de maladies telles que le choléra, les fièvres typhoïdes et les dysenteries. Les collecteurs de déchets solides⁸ sont des repères de moustiques dont le nombre a considérablement augmenté ces dernières années. Les nouveaux germes de paludisme qu'ils inoculent présentent une certaine résistance aux traitements classiques et élèvent le taux de mortalité surtout infantile. Les maladies liées à l'eau se classent principalement en cinq groupes :

- les maladies hydriques (choléra, fièvre typhoïde, dysenterie bactérienne, hépatite A, Hépatite E) ;
- les maladies aquatiques (schistosomiase, bilharziose) ;
- les maladies liées aux vecteurs de l'eau (paludisme, maladie du sommeil, fièvre jaune, dengue) ;
- les maladies dues à la pénurie de l'eau (trachome ou maladie de l'œil) ;
- les maladies dues aux produits toxiques (saturnisme, arsénicisme).

Ces maladies surviennent généralement quand les sources d'eau sont polluées et sont qualifiées par Yonkeu et al (2005) et Zoungrana (2007) de gastro-intestinales. Les plus répandues sont notamment le choléra, la typhoïde, la diarrhée, la gale, le paludisme et les ulcères. Ces maladies tirent leurs sources de la pollution des eaux et de la mauvaise gestion du fécal humain.

⁸ Bacs à ordures

Les maladies réduisent la productivité des ménages surtout en milieu rural. En cas de maladie, les ménages ruraux n'ont pas assez de moyens pour se prendre en charge convenablement.

I.3.3- Conflits autour des ressources en eau

Les graves conséquences liées au stress hydrique et la difficulté d'accès à l'eau et aux pollutions diverses se traduisent par un risque plus élevé de conflits, particulièrement dans les pays en développement. Dixon (1994) relève cinq grands types de conflits violents liés à la rareté environnementale : i) le conflit découlant directement de la dégradation de l'environnement local; ii) le conflit à caractère ethnique découlant de la migration et des divisions sociales liées à la rareté; iii) l'agitation civile causée par la rareté des ressources; iv) les guerres inter-États provoquées par la rareté; v) les conflits Nord-Sud au sujet de la responsabilité d'atténuer et de compenser la dégradation environnementale internationale (Gleick et Rane, 2005).

Dans le domaine spécifique de l'eau, les conflits surviennent en cas de rareté mais aussi en cas de partage de la ressource. En effet, en Afrique, plus de 50 bassins versants et lacs importants sont partagés par deux ou plusieurs pays. La plupart de ceux-ci ne disposent pas d'accords pour une utilisation équitable et/ou une protection de l'environnement. Il existe un manque flagrant de procédures permettant de prévenir ou de résoudre les conflits internationaux liés à l'eau (AMCOW, 2012). De nos jours, l'utilisation de l'eau par les différents groupes d'utilisateurs installés autour des petites retenues est souvent source de conflits (Compaoré et al, 2011). Au cas où il y a des aménagements hydro-agricoles autour de la retenue, les problèmes pouvant générer des conflits sont liés entre autres à :

- l'augmentation anarchique des superficies irriguées entraînant la mauvaise répartition de l'eau d'irrigation;
- le recours au pompage et au siphonage de l'eau dans les canaux d'irrigation ;
- les dégâts aux cultures par les animaux en divagation;
- l'accès aux terres irrigables devenues très prisées;
- le mauvais entretien des ouvrages hydrauliques;
- l'envasement dû aux mauvaises pratiques culturales (les producteurs mettent en culture les terres au fur et mesure que celles-ci sont libérées par l'eau) ;
- la diminution du volume et l'assèchement précoce des retenues d'eau entraînant le manque d'eau pour le bétail et la non maturité des cultures mises en place (cas de la plaine de Mogtédou au Burkina Faso en 2008).

Face aux conflits d'usage fréquents dans l'utilisation de l'eau, l'économie de l'environnement cherche à donner des explications et des principes d'internalisation de ces effets. En effet, le milieu naturel et les services qu'il rend à la société ne font pas l'objet d'une appropriation privée, de même qu'ils ne se définissent pas intrinsèquement par une valeur monétaire. Dès lors, en portant son attention sur les enjeux environnementaux, de plus en plus stratégiques en termes de développement des systèmes économiques mais aussi en termes de préservation de la vie humaine, l'économie standard a cherché à répondre à un double objectif : mettre un frein aux dégradations environnementales engendrées par le mode de production capitaliste, et établir des règles d'utilisation optimales des ressources prélevées dans la nature (Rivaud, 2008). En général, la tarification est souvent proposée pour réguler les ressources à accès libre. Cette tarification doit tenir compte de la nature de la ressource environnementale et des possibilités des utilisateurs au risque que cette mesure n'engendre des conséquences sociales.

I.4- Ressources en eau au Burkina Faso

Au Burkina Faso, l'essentiel des ressources en eau est apporté par les pluies, caractérisées par de fortes variations interannuelles. Le pays dispose de ressources en eau exploitables mais inégalement réparties tant au niveau spatial que temporel. Ces ressources sont caractérisées par :

- i) des précipitations dont la moyenne est estimée à 207,09 milliards de m³ dont 8,79 milliards de m³ d'écoulement, 32,4 milliards de m³ d'infiltration et 165,9 milliards de m³ d'évaporation ;
- ii) des eaux de surface dont la mobilisation est assez significative : on compte 1 450 barrages dont une dizaine de grands barrages disposant d'une capacité totale de stockage de plus de 5 milliards de m³ ;
- iii) des réserves en eaux souterraines estimées à 402 milliards de m³ dont seulement 40,19 milliards de m³ de réserves renouvelables. Les aquifères les plus importants sont localisés dans les zones sédimentaires de l'Ouest, de l'Est et du Sud-ouest du pays (MEF, 2001).

En outre, le pays est subdivisé en quatre bassins versants: le Mouhoun, le Nakambé, la Comoé et le Niger. Tous les cours d'eau sont temporaires (écoulement de juillet à octobre) à l'exception de ceux du sud-ouest où les sources assurent une pérennité pour le Mouhoun et la Comoé. Ces bassins ont subi une très forte influence anthropique avec l'érection de plusieurs retenues d'eau artificielles. Face à l'importance et à la problématique des ressources en eau, le gouvernement a mis en place une politique dénommée politique nationale de l'eau.

I.4.1- Politique nationale de l'eau

La nouvelle politique distingue trois volets pour tenir compte des modalités de gestion qui sont fonction de la taille des collectivités et de leurs capacités techniques et financières. Il s'agit de l'hydraulique urbaine, semi-urbaine et de l'approvisionnement des zones rurales. L'hydraulique urbaine vise la satisfaction de la demande solvable en eau pour les centres urbains, les villes moyennes et les centres secondaires de plus de 10 000 habitants. Le développement de l'hydraulique urbaine a été confié à l'ONEA, la société de distribution d'eau potable dans le cadre d'un contrat plan avec l'Etat. L'hydraulique semi urbaine vise la satisfaction de la demande solvable en eau pour les centres dont la population est supérieure à 2 000 habitants et qui ne sont pas couverts par le contrat plan signé entre l'Etat et l'ONEA. L'approvisionnement en Eau Potable des zones rurales et des villages vise la satisfaction de la demande en eau pour les besoins du monde rural dont la population est inférieure à 2000 habitants. En milieu rural, la première priorité de la politique est que chaque village dispose d'un point d'eau moderne (forages équipé de pompes ou puits modernes). Dans le souci de faciliter l'accès à l'eau potable aux populations et surtout de réduire la corvée eau, il a été développé par la suite l'approche hydraulique de quartier qui vise à doter chaque quartier de village, en point d'eau moderne. Du reste, le nouveau critère de planification est de un (01) point d'eau pour 300 habitants avec une distance maximale de portage de 300 mètres.

En milieu semi-urbain : l'objectif de la politique en matière d'adduction en eau potable (AEP) est d'assurer la viabilité du service de l'eau, en utilisant des solutions adaptées ((mini-adductions simplifiées (AEPS), poste d'eau autonome (PEA)) aux besoins de la localité et la capacité des habitants d'assurer la gestion du système pour une norme de 30 l/j/habitant. En milieu urbain : le niveau de service proposé est nettement meilleur (bornes fontaines, branchements privés et autres facilités de distribution). La politique préconise pour l'alimentation en eau potable de ces centres, la réalisation de système classique d'adduction d'eau sous pression permanente, qui délivre de l'eau en quantité et qualité suffisante aux branchements privés et aux bornes fontaines.

Pour satisfaire les besoins en eau potable des populations, le Burkina Faso a investi près de 10% de son budget dans la réalisation d'investissements dans le domaine de l'eau en construisant des barrages à utilité publique dont celui de Yitenga en 1987. A cela, il faut ajouter l'action de divers ONG, Associations... L'inventaire de 1996 fait ressortir une situation d'environ 33 000 points d'eau modernes répartis sur l'ensemble du pays.

La situation en juin 2002 était approximativement la suivante :

- ❖ environ 22.400 forages équipés de pompes à motricité humaine (PMH) ;
- ❖ 232 systèmes d'adduction d'eau potable simplifiés (AEPS) : mini-AEP ou postes d'eau autonomes (PEA) avec stations de pompage solaires ou thermiques ;
- ❖ 36 centres auxiliaires en systèmes classiques d'AEP (distribution par bornes- fontaines) et 6 en PEA gérés par l'ONEA.

Le taux de couverture des besoins en eau hormis les zones non couvertes par l'ONEA est d'environ 70% sur la base d'un point d'eau pour 300 habitants et si l'on exclut les puits modernes. Mais ce taux serait encore plus bas si l'on considère les pompes en panne qui selon l'inventaire de 1996 serait d'environ 28%. Des actions se sont poursuivies dans le sens d'améliorer le taux de couverture des besoins en eau. En effet, 81,2% des ménages y ont physiquement accès en 2009 sur la base de moins de trente minutes de chemin soit 95,7% en milieu urbain contre 75,6% en milieu rural. Cependant, 65,2% des ménages utilisent une source d'eau potable comme source d'eau de boisson. Le nombre total d'ouvrages au plan national est passé de 48 484 en 2005 à 52 199 en 2006 et à 54 337 en 2007.

I.4.2- Importance de la demande en eau au Burkina Faso

La croissance économique, les initiatives de réduction de la pauvreté et les changements démographiques et sociaux accroissent les demandes en infrastructures hydrauliques pour satisfaire les besoins en alimentation ou en énergie, la production de biens et de services. De tels développements ont un impact important sur les ressources en eau. La construction de systèmes d'irrigation, de barrages hydroélectriques, de voies navigables et de systèmes d'adduction en eau pour les habitants, le tourisme et les industries ont considérablement amélioré la vie de millions de personnes. Cependant ces développements ont également profondément modifié les régimes hydrologiques, les écosystèmes aquatiques et l'hydromorphologie de la plupart des fleuves, lacs et aquifères. Il ressort que la demande de l'eau deviendra de plus en plus importante. En effet, le volume d'eau exigé en 2010 était de 550,1 km³ et atteindra les 764,1 et 876 km³ respectivement en 2020 et 2025 (Actus, 2007). La demande d'eau est plus élevée dans le secteur de l'irrigation. Ceci est plausible car l'économie burkinabè est essentiellement agricole. Or, avec les effets des changements climatiques, il y aura une réduction sensible de la pluviométrie, ce qui favorisera une pratique plus accrue des cultures de contre saison. Ces cultures irriguées demandent plus d'eau et cela ne peut se faire qu'à partir de la construction de plusieurs barrages capables de soutenir les activités agricoles.

I.4.3- Problèmes liés à l'eau et stratégies adoptées au Burkina Faso

I.4.3.1- Problèmes liés à l'eau

L'eau constitue un facteur essentiel dans le processus de production. Elle est également utilisée comme eau de boisson. A ce titre, elle est source de vie. Cependant, plusieurs problèmes affectent le secteur de l'eau. Au Burkina Faso, le gouvernement a entrepris des réformes sectorielles importantes notamment dans le secteur pour accroître l'offre des services en eau aux populations urbaines et rurales. Cette initiative s'est matérialisée par la construction de plusieurs barrages surtout en milieu rural en vue d'accroître la capacité productive des populations dans les années 1980. On peut citer les barrages de Ziga, Kompienga, Yitenga, Bagré,..... On dénombre de nos jours plus de 1008 barrages au Burkina Faso (DGRE, 2011).

Aujourd'hui, ces points d'eau connaissent de véritables problèmes. Ces problèmes sont essentiellement de deux ordres : l'ensablement et la pollution. L'ensablement est un phénomène très prononcé en Afrique et en particulier au Burkina Faso. Les barrages ou les points d'eau de façon générale, perdent de leur capacité de rétention. Beaucoup de facteurs concourent à l'ensablement des barrages. Il s'agit des déchets solides et liquides résultant des activités humaines. Le secteur agricole représente une source importante de pollution et d'ensablement. En effet, la faiblesse des techniques de conservation des eaux et des sols favorise le drainage des résidus des récoltes dans les barrages, ces résidus de récoltes conjugués avec les masses de terres drainées par les eaux de ruissellement, affectent sérieusement les barrages. L'action des villes à proximité est non négligeable. Les villes sont de grands centres de consommation et le rejet des déchets ménagers de tout genre réduit considérablement la qualité des eaux. Or, ces eaux sont parfois utilisées pour la satisfaction des besoins de consommation et pour le développement des activités agricoles. Il en découle de cette situation des problèmes de santé (paludisme, maladies diarrhéiques, choléra,...). A ces problèmes, on y ajoute les problèmes de gestion/entretien et les conflits d'usage. Au niveau national, il ressort que la majorité des barrages sont en mauvais état. Les études de la direction générale des ressources en eau (DGRE, 2011), montrent que 40,08% des barrages sont en mauvais état contre 48,12% d'état moyen et seulement 11,81% de bon état. Ces statistiques montrent que les barrages sont mal entretenus. Au niveau des régions, on aboutit au même constat. En effet, très peu de retenues d'eau sont bien entretenues. La majorité des barrages souffre d'une mauvaise gestion notamment au Centre-Ouest. Au niveau du Centre-Est (région de la zone d'étude de la présente étude), les mêmes problèmes sont présents. La mauvaise gestion des barrages est également un problème crucial et impacte la conduite des activités socioéconomiques.

Le faible niveau de gestion engendre très rapidement l'envasement et le tarissement prématuré des retenues d'eau. Les problèmes de disponibilité en eau sont sources de conflits entre les utilisateurs.

Les conflits d'usage sont de plus en plus importants dans les régions où les activités économiques sont beaucoup plus développées. Il s'agit notamment du Centre-Ouest et du Centre. Ces régions enregistrent respectivement 40,40% et 19,19% des conflits dans le domaine de l'eau au plan national. Ces régions sont directement suivies par celles du Plateau central et de l'Est. La fréquence élevée des conflits se justifie par la forte présence d'activités économiques et souvent de nature différentes dans ces régions. Dans ces conditions, la demande en eau devient de plus en plus forte, engendrant ainsi des conflits entre usagers. Dans la région de l'Est, les conflits représentent 4,04% des conflits au plan national. La région du Sahel enregistre rarement de conflits à cause du faible niveau de développement d'activités économiques hétérogènes eu égard aux conditions naturelles difficiles.

Des mesures ont été recommandées pour l'entretien et la gestion du barrage pour éviter les phénomènes tels l'envasement et la pollution des barrages. Quels sont ces mécanismes et quel est le niveau d'adoption de ces mesures ?

1.4.3.2- Mécanismes de protection adoptés

Les mesures qui devraient permettre une meilleure protection des barrages selon les travaux de la DGRE (2011), sont de trois ordres. Il s'agit de la mise en œuvre de plantes envahissantes, des souches d'arbres et de zone de frayère. La grande partie des retenues dans chaque région n'a pas bénéficié de la mise en œuvre des plantes envahissantes. Ces plantes permettent de protéger les retenues d'eau de l'ensablement et de la pollution par le vent. Les efforts accomplis dans certaines régions (Centre, Centre-Sud, Est, Hauts-Bassins) sont très insuffisants pour réaliser un niveau de protection efficace.

Les souches d'arbre représentent une technique de protection des barrages surtout dans les zones où le couvert végétal est très insuffisant. Des efforts ont été faits dans certaines régions. Par exemple dans la région de l'Est, sur 40 barrages, 26 sont munis de souche d'arbres contre 14 qui n'en possèdent pas (DGRE, 2011).

C'est le même constat dans les régions du Centre-Sud, des Cascades et du Centre-Est. Les autres barrages connaissent un faible niveau de protection par les souches d'arbres.

Même si des efforts ont été faits, beaucoup reste encore à faire pour assurer une meilleure protection des points d'eau souvent exposés au vent et aux vecteurs de l'ensablement. Les zones de frayère constituent aussi un autre mécanisme non moins important. La création d'une zone de frayère autour des barrages est primordiale. Cependant, il ressort clairement que beaucoup de barrages n'ont pas bénéficié de ces zones.

La majorité des barrages sont sans zone de frayère. La faible adoption pourrait s'expliquer par les coûts de mise en œuvre qui sont souvent trop onéreux. Le faible niveau de mise en œuvre des techniques de protection est aussi tributaire de la mauvaise organisation des comités de gestion des barrages ou de leur inexistence. L'insuffisance des mesures de protection rend vulnérable les barrages au Burkina Faso. Parmi ces barrages, celui de Yitenga a été particulièrement retenu dans le cadre de la présente thèse.

1.4.4- Barrage de Yitenga

1.4.4.1. Importance et défis

Le barrage de Yitenga a été construit en 1987 sur des affluents du fleuve Nakambé. D'une capacité de 2 500 000 m³, il était initialement destiné à promouvoir l'activité agro-pastorale dans la zone. Comparativement à certains barrages (Douna, Moussodogou et Kanazoé), la capacité du barrage de Yitenga est bien moindre. Toutefois, la dimension des barrages est fonction des besoins initiaux et des pré-requis dans le domaine. Les barrages n'ont pas aussi les mêmes vocations à leur création. Certains sont créés pour satisfaire des besoins de consommation (alimentation), d'autres pour soutenir les activités agricoles ou agro-pastorales et les activités industrielles.

Le tableau 1.3 permet de constater que les barrages tels Douna, Toussiana, Yitenga, et Dakrin ont été mis en place pour répondre à des besoins spécifiques (agricoles, agro-pastoraux, Industriels). Par contre d'autres devraient remplir plusieurs fonctions.

Le barrage de Yitenga a été créé pour favoriser le développement des activités agro-pastorales au regard du potentiel agricole et animal de la zone. Cet objectif initial va être très vite concurrencé par d'autres besoins urgents tels l'approvisionnement en eau potable des populations urbaines (Pouytenga et Koupéla) et des populations rurales environnantes. Le tableau 1.3 donne la nomenclature des dix retenues d'eau étudiées par Maiga et al (2006).

Tableau 1. 3 : Caractéristiques de 10 retenues d'eau au Burkina Faso

Retenues	Année de construction	Capacité (10 ⁶ m ³)	superficie bassin versant (Km ²)	Vocation initiale	Usages actuels	Domaine climatique
Douna	1987	37,5	680	AG	AG	
Toussiana	1982	6,1	130	IN	IN	Soudanien
Moussodougou	1991	38	560	AG	AG, AP	
Kanazoé	1994	75		HU, AG, AP	HU, AG, AP	
Yitenga	1987	2,5	100	AP	HU, AG, AP	Soudano-sahélien
Dakiri	1960	10,5	2300	AG	AG, AP	
Titao	1951	3,7	400	HU, AP	HU, AG, AP	
Thiou	1981	4,3	328	HU, AG, AP	HU, AG, AP	
Djibo	1970	2,2	610	HU,AG,AP	HU, AG, AP	Sahélien
Yalgo	1954	10	8175	HU, AG, AP	HU, AG, AP	

AG= agricole, IN = industriel, AP = agro-pastorale, HU = humaine.

Source : Maiga et al (2006)

L'accroissement démographique est l'une des justifications majeures de l'utilisation de l'eau du barrage de Yitenga à d'autres fins en dehors des activités agro-pastorales. En effet, le taux d'accroissement annuel de la commune de Pouytenga est de l'ordre de 8%. Cette accélération de la population va induire une forte demande de la ressource. C'est ainsi que l'ONEA va recourir à l'eau du barrage pour desservir les centres urbains. A cela s'ajoute les pressions diverses sur le barrage notamment les activités agricoles et pastorales qui se développent de plus en plus autour du barrage et des activités commerciales. Les activités commerciales développées dans la ville de Pouytenga entraînent une pollution de la ville. Cette pollution affecte le barrage du fait de sa mauvaise gestion (faible dotation en latrines, poubelles publiques et caniveaux d'évacuation des eaux usées).

Les activités anthropiques influencent fortement le barrage de Yitenga. Maiga et al (2006), dans une comparaison de 10 barrages au Burkina Faso, vont mettre en lumière l'état de l'eau des barrages et de l'importance des matières en suspension dans les eaux. Le tableau 1.4 donne les résultats obtenus par ces auteurs.

Tableau 1. 4 : Transparence, turbidité et matières en suspension dans les 10 retenues d'eau

Retenues d'eau	Douna	Toussiana	Moussodogou	Kanazocé	Yitenga	Dakiri	Titao	Thiou	Djibo	Yalgo
transparence (m)	0,75	0,75	0,75	0,55	0,15	0,25	0,3	0,1	0,2	0,12
Turbidité (FTU)										
<i>Surface</i>	8	13	5	17,3	98	62	40	212	67	143
<i>Fond</i>		10		17	96	53	30			169
Conductivité (us cm)	28	19	40	82	201	95,5	105,5	80	109	123
MIES (mgl)										
<i>Surface</i>	7	6	60	10	33,5	12	10	70	40	33,5
<i>Fond</i>		10		10	29,5	20	10			34,5

Source : Maiga et al (2006)

Les données du tableau montrent que l'eau des barrages de Yitenga, de Thiou et de Yalgo est moins transparente. Particulièrement, l'eau du barrage de Yitenga est transparente (limpide) seulement à 0,15 m comparativement aux barrages de Douna, Toussiana, Moussodogou par exemple où la partie limpide se mesure sur environ un mètre. En outre, l'eau du barrage est trouble, ce qui confirme sa faible transparence. La pollution du barrage de Yitenga est causée par la mauvaise gestion des déchets en provenance de la ville commerciale de Pouytenga, le faible niveau d'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols et les facteurs naturels tels l'évaporation causée par le réchauffement climatique. Les conséquences d'une telle mauvaise gestion est l'envasement, le développement des maladies gastro-intestinales (Yonkeu et al, 2005), l'accentuation des conflits d'usages, la baisse de la productivité agricole et la pénurie de la ressource. Dans leur étude sur la modification des écosystèmes après la construction du barrage de Yitenga, Yonkeu et al (2006), ont mis en lumière la forte occupation des sols et la dégradation rapide de l'espace naturel, la forte contamination en agents pathogènes issus du péril fécal de l'eau de consommation, la forte prévalence de maladies gastro-intestinales. Ces résultats établissent le lien entre les pressions exercées sur la retenue d'eau et ses conséquences. Face à ces problèmes urgents, ils ont préconisé la mise en place d'une stratégie concertée de gestion de la pollution dans le bassin versant de Yitenga en phase avec les acteurs locaux.

Le barrage de Yitenga connaît déjà après 24 ans d'existence des phénomènes de tarissement, caractérisé par une crise de l'eau en mai 2011 dans la zone qui a duré de mai en juin. Cette crise est survenue avec l'assèchement du barrage de Yitenga, barrage à partir duquel, l'ONEA approvisionne les grandes villes. Les conséquences de cette crise n'ont pas été minimales. En effet, il y a eu le déplacement de certains ménages urbains dans les villages environnants où il y a des facilités d'approvisionnement en eau.

En outre, les femmes parcouraient en moyenne une distance de 7 à 8 Km pour chercher l'eau. Il ressort que pendant la crise, 4 citernes de 40 m³ venaient de Tenkodogo par jour et ce sur 14 jours pour approvisionner la commune de Pouytenga dépourvue de grandes infrastructures en eau potable. Cette desserte a été estimée à 2 240 000 litres soit un coût global de 11 200 000 FCFA (résultats d'enquête). Les paragraphes précédents ont permis de constater l'importance du barrage de Yitenga dans la vie communautaire mais ont aussi relevés les problèmes relatifs à son entretien et à sa protection.

Son importance dans la vie communautaire, impose que des actions de protection soient entreprises pour assurer une meilleure protection de la ressource. Au niveau mondial, la gestion intégrée des ressources constitue une voie privilégiée à la gestion des ressources en eau. Dans les pays sahéliens comme le Burkina Faso, les mesures de protection sont diversifiées et peuvent être regroupées à deux niveaux : global et individuel.

1.4.4.2. Mesures de protection

Les mesures de protection des barrages sont des actions menées soit à l'échelle globale soit à l'échelle individuelle.

1.4.4.2.1. Mesures à l'échelle globale

Les mesures à l'échelle globale nécessitent de gros investissements et incombent beaucoup plus aux pouvoirs publics. Il s'agit de la protection par fossé de garde, les traitements de kori et la fixation des dunes.

(i) La protection par fossé de garde

Un fossé de garde est composé d'une excavation de section rectangulaire ou trapézoïdale et d'une digue en aval. Les fossés de garde protègent les ouvrages en aval en interceptant les eaux de ruissellement charriant le sable en amont. Ils sont réalisés sur des terrains à forte pente.

(ii) Traitements de kori

Le traitement des lits de kori permet de limiter les quantités de sable transporté par les pluies torrentielles. Plusieurs techniques sont utilisées dans le traitement des berges. Le perré maçonné est réalisé avec des pierres soigneusement posées, le perré est construit avec de petits matériels. Les épis sont un ouvrage en gabions construit à travers du lit d'un kori. Il est fixé sur une berge du kori. La longueur de l'épi vaut 1/5 à 1/4 de la largeur totale du kori.

Le talutage des berges suivi d'un reboisement est un aménagement des berges qui consiste à les tailler puis à les fixer sur toute la surface de leur talus par une espèce herbacée à enracinement

profond. Le pied de talus doit être en perré de 1m de large. Ce traitement s'effectue au moyen de petits matériels (pelles, pioches, ...). Le barrage (seuil) représente une technique qui consiste à construire un seuil en gabion en travers du lit du kori et perpendiculairement à l'écoulement. Il est construit dans les koris à faible pente au moyen des pelles, pioches, barres à mine, marteau, etc. Enfin, le seuil longitudinal est un ouvrage en gabion construit le long des berges au moyen des pelles, pioches, barres à mine, marteau, etc.

(iii) Fixations des dunes

Cette technique est beaucoup utilisée pour lutter contre l'ensablement des retenues d'eau. L'opération de fixation des dunes comporte deux grandes étapes, à savoir la fixation mécanique et la fixation biologique. La fixation mécanique vise essentiellement, à travers la pose de barrières, la création d'accrétion sur les sols nus et exposés avec comme objectifs :

- le freinage de l'action des vents sur le remaniement et le transport des particules de sables par effet brise-vent ;
- la stabilisation de la surface des zones ensablées ;
- la création des conditions favorables à la régénération naturelle des végétaux et à la plantation d'arbres sur les dunes ;
- la protection des zones potentielles de menaces.

Les différentes opérations à effectuer pour les fixations mécaniques des dunes sont : (i) l'étude du modelé dunaire ; (ii) l'établissement d'un schéma de fixation ; (iii) la confection des panneaux de fixation ; (iv) l'installation de palissades ; (v) l'entretien des palissades.

Les hommes collectent les matériaux les mettent à la disposition des femmes et des enfants qui les transportent par fagots sur la tête, à dos d'âne ou de chameau. Lorsque la distance de transport est importante (supérieure à 1Km) on utilise des camions ou des tracteurs. Un camion de 6,5 tonnes peut transporter par charge de tiges de *leptadenia pyrotechnica* l'équivalent de 38 ml de claies tandis qu'un tracteur de 6,5 m³ peut transporter en moyenne l'équivalent de 22 ml de claie. La mise en œuvre se fait à l'aide de petits matériels : pelle, dabs servant à la réalisation des tranchés de 40 cm de large et 50 à 70 cm de profondeur. La main d'œuvre nécessaire peut compter 7 à 10 personnes par ha pour un rendement moyen élevé. Le prix de revient d'une claie est de 7 à 100 f par ml (Maidawa, 2006). La fixation biologique quant à elle, consiste à la plantation d'arbres sur les dunes. Mais cette opération est précédée par la fixation mécanique qui a des effets très positifs sur la stabilisation des dunes et la croissance des arbres.

Le but essentiel visé est de recréer l'ambiance du passé, c'est-à-dire la reconquête des espaces nus et des dunes mouvantes, en les couvrant d'une végétation aussi dense que possible soit par :

- (i) la régénération naturelle des espèces arbustives et herbacées ;
- (ii) les plantations d'espèces végétales pérennes à croissance rapide adaptées aux conditions d'aridité et de pauvreté des sols, résistantes aux effets déchaussants et abrasants des vents.

Il a été reconnu et accepté après plusieurs expériences à travers le monde que la protection mécanique par la mise en place des dunes artificielles (provoquées par les palissades et claies) ne peut être efficace et avoir des effets durables que si elle est consolidée par une protection biologique. Le couvert végétal dégradé et disparu doit être reconstitué et réhabilité. Les dunes constituent des réservoirs importants d'humidité qui peut servir à l'alimentation des plantes, à condition que ces dernières soient adaptées, protégées de l'étouffement des mauvaises herbes, du bordement et de l'ensevelissement par les sables et de la dent du bétail.

Pour la fixation des dunes, le choix des espèces à utiliser est d'une importance capitale. Ainsi, une étude préalable sur les espèces est primordiale et doit se faire en tenant compte de la nature du terrain ou de la zone. Il faut savoir copier la nature et identifier les espèces végétales adaptées au milieu en tenant compte des besoins des populations. Selon le cas, diverses catégories d'espèces peuvent être utilisées pour les opérations de fixation des dunes. Au Niger, la fixation des dunes a été promue à partir des années 2004 soit un taux de mise en œuvre de 11,17% en 2004, 12,20% en 2005 et de 12,40% en 2006. Le coût de désensablement est estimé à 99,40 millions de FCFA en 2004, de 84,60 millions de FCFA en 2005 et de 246,47 millions de FCFA en 2006. Ces chiffres montrent que la mise en œuvre des mesures de lutte contre l'ensablement est très coûteuse et nécessite de gros investissements (Maidawa, 2006).

1.4.4.2.2. Mesures individuelles: techniques de conservation des eaux et des sols

Les mesures individuelles de protection des eaux et des sols sont mises en œuvre dans des zones où les sols sont très pauvres avec une dégradation accélérée. Ces mesures permettent la protection des sols et des eaux. Dans le bassin versant de Yitenga par exemple, le faible niveau d'adoption des CES constitue un facteur important à l'ensablement du barrage et de sa pollution. Ainsi, en fonction des différentes zones agro-climatiques que compte le Burkina Faso, on y dénombre une diversité de techniques traditionnelles de CES qui ont un impact plus ou moins efficace dans la lutte pour la préservation et la restauration des ressources naturelles. Au nombre de ces techniques, on peut citer le zaï, le paillage, les cordons pierreux, les haies vives, l'agroforesterie, les fosses fumières.

(i) Technique du zaï

Le «Zaï » est une technique traditionnelle de CES pratiquée dans les zones où la pluviométrie moyenne 1973-1995 n'est que de 562 mm et où les sols sont fortement encroûtés. En général, les «Zaï» sont des "trous" ou "cuvettes" ayant un diamètre de 20 à 30 cm et une profondeur de 10 à 15 cm (Wright, 1982) et leurs dimensions varient selon les types de sols dans lesquels ils sont creusés. Ils sont souvent plus grands sur les sols latéritiques qui ont une capacité de rétention d'eau limitée que sur les sols plus argileux qui sont moins perméables. Le nombre de cuvettes par hectare dépend de leur espacement et varient souvent de 12000 à 15000. Les «Zaï» sont surtout utilisés pour réhabiliter des sols latéritiques et sablo-argileux que les Mossis appellent «Zippelle» c'est à dire «clairière» ou terres «dénudées». Les trous de zaï sont généralement creusés entre novembre et mai. Le creusement des zaï dans un champ de l'ordre d'un (1) hectare prend environ 300 heures de travail pénible. Certains auteurs comme Troy et Picaud (2013) estiment que le temps nécessaire pour le creusement d'un hectare est variable et peut aller de 300 heures à 800 heures. Pendant la saison sèche, les «zaï» captent la litière et les sables fins transportés par le vent. Les paysans mettent eux-mêmes une poignée de fumier dans les cuvettes, ce qui attire les termites qui creusent des galeries et facilitent ainsi l'infiltration profonde des eaux de pluie et de ruissellement. Les termites ne contribuent pas seulement à augmenter la porosité et la capacité de rétention d'eau des sols, ils transportent aussi des éléments nutritifs des couches profondes vers des horizons supérieurs et inversement. Les zaï sont efficaces parce qu'ils concentrent l'eau et la fumure en un même point. (Ouédraogo et Kaboré, 1996). Dans une année de pluviométrie normale, les rendements de sorgho et du mil (à partir du zaï) varient de 500 à 1000 kg/ha. La biomasse produite varie de 2 à 4 tonnes de tiges de sorgho ou de mil. Pendant la seconde année de culture de zaï, les paysans sèment à nouveau dans les cuvettes existantes ou si l'espacement entre les cuvettes est suffisamment grand, ils creusent de nouvelles cuvettes entre celles qui existent déjà. Après environ 5 ans de culture, l'ensemble de la surface aménagée est amélioré par les zaï et l'action des termites (Roose et al, 1994).

(ii) Technique du paillage

Comme le zaï, c'est une technique de conservation des sols très répandue sur le Plateau Central du Burkina Faso. Dans cette région, après les récoltes, les résidus de culture sont utilisés aussi bien pour l'alimentation du bétail que comme source d'énergie.

Les sols sont alors dénudés et manquent de protection ce qui les rend sensibles à la formation des croûtes. La technique du paillage permet de remédier à cette situation. Elle consiste à couvrir le sol avec une épaisseur de 2 cm d'herbe sèche équivalent à 3 à 6 tonnes/ha.

Durant les périodes sèches (Avril et Mai), les paysans procèdent à la fauche de l'herbe qu'on peut trouver sur les sols pauvres des collines environnantes.

Là où l'herbe n'est pas suffisante, certains producteurs utilisent des feuilles sèches de différents arbres. L'avantage du paillage n'est pas seulement la fertilisation des sols grâce à la décomposition de résidus végétaux, mais aussi dans l'attraction des termites qui détruisent les croûtes formées. Grâce aux termites, la porosité et la perméabilité du sol augmentent de façon considérable (Mando, Dried et Zombré, 1993). Tous ces facteurs, mis ensemble créent des conditions plus favorables pour le développement des racines et le relief créé par ces paillages après consommation par les termites suffit pour absorber une certaine quantité de pluie et pour diminuer le ruissellement (Roose, 1989).

(iii) Aménagement sites anti-érosifs

Ce sont des techniques qui ont pour objectif de lutter contre l'érosion et de récupérer les terres dégradées. Les techniques d'aménagement anti-érosif les plus répandues sont les diguettes en pierres ou terre et les cordons pierreux. De 1972 à 1988, environ 2% des surfaces cultivées ont été aménagées (Kessler et Geerling, 1994) dans le plateau central. Les diguettes en pierres sont des alignements de blocs de cailloux disposés selon les courbes de niveaux. A l'aide du «*triangle à pente* » ou du «*niveau à eau* » les paysans procèdent à des levées topographiques, puis à la matérialisation des courbes de niveau par le tracé d'un sillon dans lequel sont déposés les blocs de cailloux. Les sites anti-érosifs permettent de :

- diminuer la force de l'énergie cinétique des eaux de ruissellement ;
- récupérer les eaux d'écoulement superficielles en favorisant leur infiltration ;
- créer un microclimat favorable à l'installation de la végétation naturelle après l'hivernage ;
- supprimer l'évolution des rigoles ;
- maintenir la fertilité et l'humidité des sols en amont.

Cette technique est associée à des graminées, donne des résultats spectaculaires sur des sols dégradés pour le besoin du bétail en matière de fourrages verts et pour la fabrication des palissades en tige de secco (Sabet, 1989). Elle prend en ce moment le nom de diguettes végétalisées. Les cordons pierreux comme les diguettes permettent également une récupération des sols dégradés.

Les tests de mesure d'amélioration des rendements pour des aménagements de type cordon pierreux ont révélé des gains de l'ordre de 100 kg/ha pour le sorgho et le mil. Kerkhof (1991) constate que l'évaluation des rendements de céréales avec et sans murets de pierres par les responsables du projet agro-forestier (PAF) financé par OXFAM dans le Yatenga relève des rendements supérieurs de 12% avec les retenues en 1982 et de 91% en 1984.

Par ailleurs Atampugré (1996) relève qu'une étude conduite en 1987 sur 15 villages du Yatenga a montré que les terrains aménagés produisaient 384 kg/ha contre 211 kg/ha dans les champs non aménagés.

(iv) Technique de la Jachère

Selon Reijinfes et al (1995), la jachère se définit par une alternance de cultures et de période de «*repos*» des surfaces emblavées. De façon classique, la forêt est abattue puis brûlée afin de nettoyer le terrain et fournir des cendres pour «*fertiliser*» ou «*amender*» le sol. Les rendements des cultures sont toujours élevés les premières années, mais diminuent, ensuite du fait de la baisse de fertilité des sols. Les parcelles sont alors abandonnées et l'agriculteur défriche une nouvelle portion de forêt. La partie abandonnée est laissée en jachère pendant plusieurs années (2 à 5 ans) et peut ainsi recouvrir sa fertilité avant que le producteur ne revienne l'exploiter.

(v) Technique du "Bouli"

C'est une mare artificielle, creusée en bas ou à mi-pente d'un versant en un point de concentration des eaux de ruissellement. Les déblais sont utilisés pour faire une digue de ceinture ouverte en amont. Les boulis sont réalisés dans des bas-fonds ou aux abords de cours d'eau. Le bouli permet de stocker l'eau de pluie. Cette eau stockée dure 2 à 3 mois après les pluies. Elle est essentiellement utilisée pour le bétail, les cultures maraîchères.

(vi) Conception des fosses fumières

Ce sont des fosses de 20 m de long sur 1,5 m de large et 1,5 m de profondeur. Ces dimensions sont indicatives et peuvent varier selon la nature du sol. Elles sont conçues pour produire des fertilisants organiques afin d'enrichir les terres cultivables. Elle consiste à superposer des couches végétales (pailles et résidus de récolte) enrichie aux engrais chimiques ou à la cendre et au fumier, et abondamment arrosées afin d'obtenir au bout de quelques semaines une fermentation des substrats, libérant des éléments nutritifs pour les plantes. L'inconvénient est qu'elles exigent une main d'œuvre pour l'arrosage des matériaux et un suivi pour éviter la calcination en profondeur due à la chaleur.

Cette technique quoique maîtrisée par de nombreux paysans n'est suffisamment pas appliquée du fait des exigences qu'elle présente en matériels agricoles pour le creusage et l'eau pour l'arrosage.

(vii) Technique de l'agroforesterie

Le système d'agroforesterie traditionnel profite des nombreux avantages que présentent certaines espèces fertilisantes dont notamment l'*Acacia-albida* : l'arbre perd ses feuilles au début de la saison pluvieuse laissant ainsi passer suffisamment de lumière pour rendre possible la croissance du sorgho et du millet, tout en offrant suffisamment d'ombre pour atténuer les effets de la chaleur intérieure. Pendant la saison sèche, les longues racines pivotantes de l'arbre puisent les éléments minéraux qui se trouvent hors de portée des autres plantes et les stockent dans ses fruits et dans ses feuilles. Puisque l'arbre fixe également l'azote atmosphérique, il enrichit le sol et améliore les rendements de cultures. Au cours de la saison humide, les feuilles tombées forment une paille qui enrichit la couche arable et constitue un fourrage très nutritif. Le sol est également enrichi par les excréments des animaux qui s'alimentent des feuilles de *Acacia-albida* ainsi que des résidus de cultures céréalières (OTA, 1988).

(viii) Technique de haies vives

La mise en place des haies vives contribue à la lutte pour la conservation des sols tout en assurant la protection des cultures. Cette technique est utilisée au plan national et utilise diverses espèces. Les haies vives sont le plus souvent pratiquées pour la protection des champs de case situés à proximité des habitations et aux alentours des périmètres maraîchers. Elles forment des enclos dont les surfaces varient entre 0,5 et 1 ha. Du fait de la petite taille des enclos, les haies sont suffisamment protégées et présentent des taux de réussite d'environ 80% pour les plantations et 60% pour les semis directs.

(ix) Utilisation de la fumure organique

L'utilisation de la fumure organique constitue un moyen d'enrichissement des sols et d'amélioration des rendements agricoles. L'utilisation de la fumure organique s'effectue par le biais de plusieurs procédés. Les champs collectifs peuvent être fumés soit par des troupeaux de bovins qui y stationnent, soit par l'épandage des déjections d'animaux et des détritiques domestiques recueillis dans l'enceinte des habitations. La mise en œuvre de ce dernier procédé implique le transport de l'engrais des lieux d'habitation jusqu'aux lieux de culture. Si la plupart du temps, les champs les plus proches de la résidence bénéficient de cette fumure domestique, les champs les plus éloignés sont en revanche engraisés par le stationnement de troupeaux d'éleveurs (Guillaud, 1993).

Quand aux champs individuels, en principe ils ne sont pas fumés, car la fumure est une pratique collective. On observe toutefois certains cas où les champs individuels localisés aux alentours des concessions et sur le pourtour des champs collectifs sont fumés.

(x) Mise en place de cordons pierreux

Pour Dutilly-Diane et al (2004), les changements technologiques dans la production agricole, notamment la construction de cordons pierreux favorisent la collecte des eaux de pluie et le contrôle de l'érosion des sols. Cette technique de collecte des eaux et de conservation des sols permet d'accroître les rendements des céréales (mil et sorgho). Cette technologie traditionnelle a été introduite au Burkina Faso par les Mossi au début du XXe siècle. Elle a retrouvé un intérêt dans les années 1970 et 1980 en réponse aux sécheresses, particulièrement dans le plateau central et dans le Yatenga (Marchal, 1986). L'impact sur les rendements a été mesuré entre 40% (Critchley, Reij et Seznec, 1992; Warren et Rajasekaran, 1993) et 100% selon la région, les précipitations de l'année du test et l'espacement des cordons pierreux (Lamarchere et Serpantie, 1991; Zougmoré et al., 2000). A cause de son extrême simplicité et de son efficacité, cette technologie de gestion des ressources naturelles (GRN) s'est rapidement diffusée sur une partie significative du pays. Il relève partiellement de la décision du propriétaire du champ, mais il est aussi le résultat d'un processus politique dans l'allocation des bénéfices du projet, et enfin il est relié aux caractéristiques physiques du champ et de son emplacement dans le village. De plus, les cordons pierreux engendrent de fortes externalités car la collecte des eaux de ruissellement et la protection des sols contre l'érosion se font au-delà du champ traité. Dans la zone du barrage de Yitenga, le faible niveau de la pratique des techniques de conservation des eaux et des sols ne favorisent pas la protection de l'eau du barrage car au-delà des eaux de ruissellements, il y a une masse importante de terres et rebuts de récolte qui sont drainés dans le lit du barrage.

L'application plus ou moins intégrée des différentes techniques de gestion des ressources naturelles au Burkina Faso a permis d'obtenir des résultats. En effet, elles ont permis la restauration des sols nus par l'apparition d'un couvert végétal constitué d'un tapis herbacé plus ou moins denses selon qu'il s'agit d'une zone de bas-fond ou de terre haute. Cette revégétalisation naturelle a permis la récupération des sols incultes pour en faire des champs. En effet, comme le témoignent des paysans ayant bénéficié des interventions du projet agro-forestier, les diguettes ont amélioré la fertilité des sols, les terres qui étaient arides et pauvres sont devenues arables. Les diguettes freinent l'action érosive des eaux de ruissellement et empêchent les éléments nutritifs du sol de s'échapper et l'ensablement des retenues d'eau.

Egalement, on constate des mises en défends des forêts, ce qui la met à l'écart des actions destructives de l'homme et des animaux et le développement de nouveaux comportements face à l'environnement.

En effet la prise de conscience collective et individuelle vis-à-vis de l'environnement a favorisé la baisse notable des feux de brousses dans certaines zones, de la coupe abusive du bois même si ces fléaux continuent à demeurer dans une moindre mesure. Ces résultats ne sont pas exhaustifs ; ils sont fragiles et ont besoin d'être consolidés pour rendre plus efficace la lutte contre la désertification et l'ensablement des retenues d'eau au Burkina Faso. Cependant, des efforts restent à faire dans certaines zones notamment dans le bassin versant de Yitenga où les techniques de conservations des eaux sont marginales. Cette faible adoption fragilise les services écosystémiques des actifs naturels.

Plusieurs facteurs influencent la mise en œuvre des techniques de gestion des ressources naturelles. Le Burkina Faso est habité par un grand nombre d'ethnie. Elles sont caractérisées par de grandes différences au niveau de la culture, la gestion du terroir, de l'aménagement de l'espace et de la nature. D'une façon générale les coutumes traditionnelles empêchent souvent l'accès des femmes au droit de propriété terrien alors qu'elles constituent plus de la moitié de la force de travail agricole. Ce qui limite les initiatives que peuvent développer les femmes en matière de gestion des eaux et des sols. De plus, il existe sur tout le territoire, un droit coutumier sur les terres, représenté par le chef de terres qui assure des fonctions religieuses et juridiques. Il est chargé de veiller au respect de l'exploitation foncière suivant les normes établies par la société. Chaque homme, qu'il appartienne à la communauté villageoise ou qu'il soit étranger, a droit à une partie de terre. Ce système de distribution ne permet pas de satisfaire toute la population dont la pression est de plus en plus grande du fait de sa croissance, si bien que de nombreux producteurs ne peuvent accéder aux terres qu'à travers le système de prêt ou de location. Dans les conditions d'un prêt, le droit foncier coutumier ne permet pas de planter des arbres ou d'entreprendre des sites anti-érosifs.

Ces différentes techniques de conservations des eaux et des sols participent fortement à éviter le comblement des barrages dans les zones où plusieurs activités se mènent. La section suivante présente la zone d'étude de la présente recherche.

II-Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant de Yitenga est la zone de réflexion de cette présente thèse et mérite d'être présenté. Dans cette section nous présentons le milieu physique, le milieu humain, les activités socio-économiques, le cadre institutionnel, législatif et réglementaire relatif à la gestion des déchets de la zone d'étude. Avant la présentation des différents éléments ci-dessus, il est important de souligner que l'une des ressources les plus importantes est le barrage de Yitenga.

Construit en 1987, le barrage de Yitenga fait partie de la politique agricole et de l'eau du gouvernement du Burkina Faso mis en place depuis trois décennies. Il a été construit sur un des affluents du fleuve Nakambé.

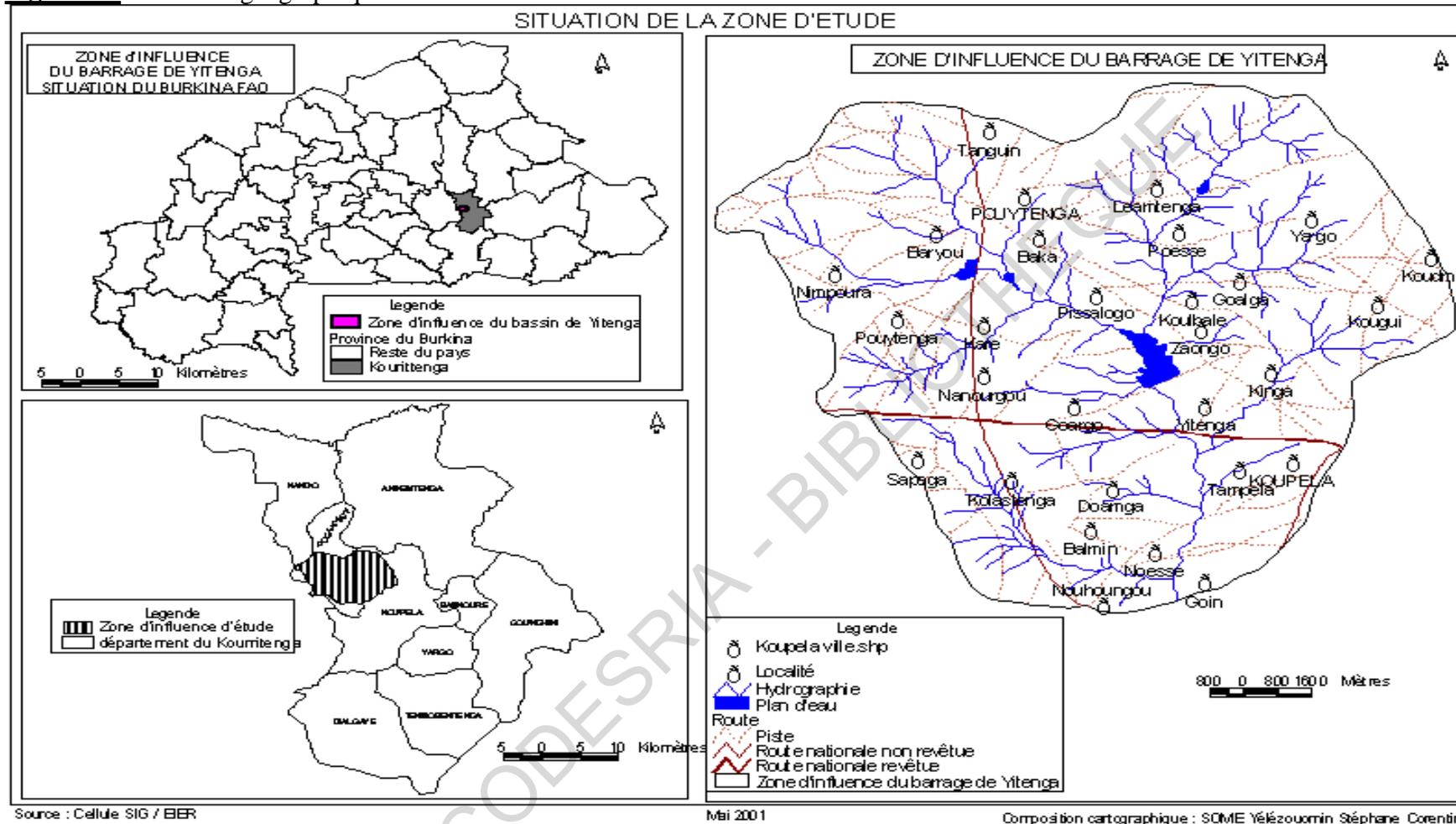
II.1-Milieu physique

II.1.1. Situation géographique

Le Burkina Faso est organisé administrativement en 13 régions, subdivisées en 45 provinces, elles mêmes en 350 départements. La région du Centre-Est, dont fait partie le cadre de cette étude, compte 3 provinces à savoir le Boulgou, le Koulpélogo et le Kouritenga. Le bassin versant du Yitenga est entièrement situé dans cette dernière province. Il est constitué de deux grandes entités, la ville de Pouytenga (située à 140km à l'Est de la ville de Ouagadougou, plus précisément à 7km de la localité de Sapaga située sur l'axe routier Ouagadougou-Fada Gourma), la ville de Koupéla et d'une quinzaine de villages dont les plus importants sont Gorgho, Yitenga, Poessé, Zaongo, Koulbalé, Pissalogo, Soulgou, Konlastenga, Leamtenga, contenus en partie ou totalement dans la surface topographique drainée par les eaux se jetant dans le barrage (Yonkeu *et al.*, 2005).

Lors de sa création, le barrage de Yitenga avait une superficie de 100 kilomètres carrés et un volume d'eau de 2 500 000 mètres cube. Aujourd'hui avec l'ensablement, le barrage a une superficie et une capacité inférieures. Tsiotsa, (2001) montre que la superficie est estimée à 13 944 ha en 2001. Cette situation mérite que des réponses soient apportées. C'est pourquoi l'un des objectifs de cette thèse est d'évaluer le consentement à payer des riverains pour lutte contre l'ensablement. La figure 1.1 ci-dessous donne une vue globale de la situation géographique de la zone d'étude.

Figure 1.1 : Situation géographique de la zone d'étude



Source : Cellule SIG/EIER (2001)

II.1.2. Climat

Le bassin versant de Yitenga est soumis à un climat tropical nord-soudanien caractérisé par deux saisons (Mamoudou, 2003), à savoir :

- une longue saison sèche, qui s'étend d'octobre à mai, dominée par des vents sahariens (harmattan) et un alizé continental saharien soufflant du Nord- Est au Sud- Ouest ;
- une saison de pluie qui s'étend de juin à octobre, caractérisée par l'influence de la mousson, vent chaud et humide qui souffle du Sud à l'Ouest ;
- une période transitoire relativement humide qui s'établit entre novembre et février.

La pluviométrie moyenne annuelle, calculée à partir des relevés de la station pluviométrique de Koupéla qui fait partie de la zone d'influence du barrage de Yitenga, pour la période allant de 1960 à 2002, est d'environ 764 mm (Mamoudou, 2003).

Les températures sont très fluctuantes. Les périodes les plus chaudes se situent en saison sèche avec des maximales de plus de 40°C enregistrées en avril et des minimales d'environ 15°C enregistrées en décembre pendant la période transitoire. L'amplitude thermique varie de 13 à 24°C. L'humidité de l'air est supérieure à 50%, et atteint sa valeur maximale (70 à 80%), au cours du mois d'août (saison pluvieuse) pour ensuite redescendre pendant la saison sèche à environ 28% en février (Ouédraogo, 2002). La vitesse du vent oscille entre 0,7 et 2,2m/s (Sere, 2005). L'évapotranspiration (ETP Penman) est importante. Celle calculée à partir des relevés de la station synoptique de l'aéroport de Ouagadougou est en moyenne de 1 963 mm (Mamoudou, 2003).

II.1.3. Relief et géologie

Dans la zone du bassin versant, les plateaux et les plaines prédominent et succèdent aux bas-fonds qui font l'objet d'une mise en valeur intense par les populations ou par l'Etat. Les plateaux sont globalement de faible pente (comprise entre 1 et 5%) et sont dérivés de buttes cuirassées ou rocheuses (Mamoudou, 2003). La géologie de la zone se caractérise par des formations granitiques imperméables à l'infiltration de l'eau, où seules les zones altérées suffisamment profondes peuvent servir de collecteurs d'eau. Aussi, les nappes sont discontinues et se situent dans des milieux très peu perméables. Leur écoulement se fait principalement dans le sens vertical (Bardina, 2003). L'épaisseur moyenne de l'altération est de 26 mètres et le niveau statique moyen est de 10 mètres.

La profondeur moyenne des forages est de 52 mètres pour des débits observés se situant autour de 1,5 m³/h (Direction Générale de l'Hydraulique, 2001). Pour Bardina (2003), le profil pédologique de la zone est le suivant :

- cuirasse latéritique (parfois absente) ;
- argile blanche latéritique sur une profondeur variant de 4 à 5 mètres, qui devient fluente à l'état humide ;
- arène argileuse ;
- arène grenue, dont la tenue est satisfaisante. Les parements de puits s'éboulent rarement à ce niveau ;
- roche saine, dont les différents constituants ont gardé leur forme et leur composition originelle.

Les principales formations lithographiques rencontrées sont (Yonkeu et al, 2005) :

- les sols peu évolués de texture sablo-gravillonnaire en surface, situés dans les zones les plus hautes ;
- les vertisols de texture argileuse, situés en zone moyenne ;
- les brunifiés de texture sablo-argileuse en surface et limono-argileuse en profondeur ;
- les sols hydromorphes de texture fortement argileuse situés dans les zones basses.

Dans la plupart des différents villages du bassin de Yitenga, les agriculteurs pratiquent très peu les techniques de conservation des sols (cordons pierreux, zaï, amendements, diguettes, etc.). Cette faiblesse a pour conséquence la dégradation continue des sols et la réduction de leur fertilité. Cet état de fait conduit à la baisse sensible des rendements agricoles et de l'usage abusif des fertilisants et au phénomène de l'ensablement⁹.

II.1.4. Hydrographie

Le bassin versant du barrage de Yitenga est un sous bassin de celui du fleuve Nakambé. D'après les études de Ndiaye et al (2003), Koupéla et Pouytenga constituent un point de rupture entre les eaux du bassin du Nakambé et les eaux du bassin du Niger qui bénéficient de la présence des affluents du cours d'eau Rougoulamoun qui traverse la province du Kouritenga du Nord au Sud. Les rivières les plus importantes sont Rombila et Rom-Kassinga. Elles permettent l'aménagement et l'exploitation des bas-fonds.

⁹ La non pratique des techniques de conservation des sols en l'occurrence des cordons pierreux occasionne le drainage par l'eau de ruissellements de la partie supérieure des terres dans le barrage de Yitenga. Ce qui participe au phénomène de l'ensablement qui se traduit par la réduction sensible de la superficie du plan d'eau.

Trois retenues sont aménagées en travers des cours d'eau qui traversent le bassin versant : à Leamtenga, Yitenga et Pouytenga.

II.1.5. Flore et faune

Le couvert végétal du bassin versant est dégradé. La répartition de la végétation dans le bassin versant est faite telle que décrit par le tableau ci-dessous. Le karité (*Vitellaria paradoxa*), le Tamarinier (*Tamarindus indica*), le raisinier d'Afrique (*Lannea microcapa*) et le rônier (*Borassus aethiopium*) sont les espèces les plus rencontrées dans les champs. Les espèces non locales régulières dans le bassin versant sont : le neem, (*Azadirachta indica*), l'Eucalyptus camaldulensis et le manguier (*Mangifera indica*).

Tableau 1. 5 : Répartition de la végétation dans le bassin versant de Yitenga.

Type de végétation	Surface occupée en 2001 (ha)	Proportion (%)
Savane arbustive	781	30,40
Savane anthropisée éparse dégradée	1 206	46,94
Zone anthropisée arbustive à espèces utiles	540	21,02
Forêt galerie	42	1,64

Source : Tsiotsa, 2001

La faune est peu diversifiée. Au niveau des forêts et galerie, singes, reptiles (en particulier les serpents), rongeurs et quelques oiseaux s'abritent et se nourrissent de fruits et produits divers. La faune des milieux marécageux est aussi présente dans le bassin versant notamment les poissons de boues et vases, les crapauds et les grenouilles.

II.2. Milieu humain et social

II.2.1- Population

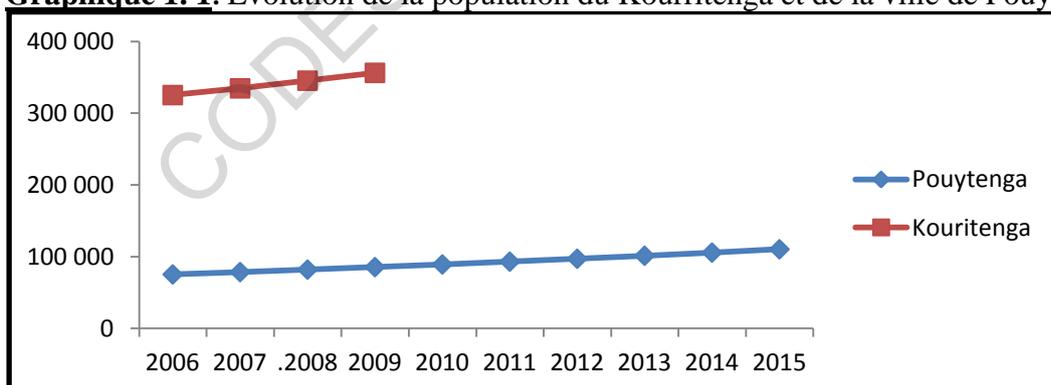
Les villages de la zone d'étude présentent des caractéristiques socio-économiques typiques à celles des autres villes et villages du Burkina Faso. Cependant, l'existence du barrage a entraîné certaines mutations tant sur le plan de l'environnement physique que socio-économique. La population est inégalement répartie dans la zone. Ainsi, Yitenga, malgré toutes ses potentialités (existences de plusieurs plaines irriguées) s'avère le moins peuplé. Le nombre d'habitants dans ce village est de 260 alors que le village de Soulgou (le plus peuplé) compte 857 habitants. Quant aux villages de Pissalogo et de Poessé, la population est respectivement de 519 et 457.

Ces villages sont caractérisés par un fort taux de croissance démographique. En effet, l'accroissement démographique est largement supérieur à la moyenne nationale. A l'exception du village de Soulgou, tous les autres villages de la zone d'étude à l'instar de la plupart des

villages riverains du barrage ont connu un accroissement de leur population qui varie de 23 à 70%. Depuis l'aménagement, le village de Soulgou (à majorité peulh) situé en amont du barrage a vu sa population baissée de 49%. La principale cause a été l'envahissement par le plan d'eau du sous bassin, ce qui a entraîné la disparition du pâturage et un déplacement de la population. Selon les données de l'Institut National de Statistique et de la Démographie (INSD), citées par ONEA (2004), la population de la ville de Pouytenga est passée de 6642 habitants en 1975 à 12445 habitants en 1985 pour atteindre 35509 habitants en 1996, soit un taux de croissance annuel moyen de 8,3% sur une période de 20 ans.

En 1996 la densité moyenne de la population urbaine était de 444 hab/km² (Bardina, 2003). Cette forte densité se caractérise par une extrême jeunesse, 74% de la population a moins de 30 ans et 26% moins de 7 ans (Bardina, 2003). Les résultats préliminaires du recensement général de la population et de l'habitat de 2006 estiment la population de toute la commune de Pouytenga à 72 217 âmes (INSD, 2007). La structure par sexe montre (80 hommes pour 100 femmes dans les villages et 110 hommes pour 100 femmes à Pouytenga) des différences entre les principales zones d'établissement des populations dans l'espace d'influence du barrage : il y a relativement plus de femmes que d'hommes dans les villages riverains que dans la ville de Pouytenga dont l'activité commerciale (notamment celle du bétail) attirerait beaucoup plus les hommes (Yonkeu et al, 2005). Le graphique 1.1 donne une évolution de la population dans la province du Kourritenga comparée à celle de Pouytenga. On remarque que la population de Pouytenga représente en moyenne 23,50% de la population totale de la province.

Graphique 1. 1: Evolution de la population du Kourritenga et de la ville de Pouytenga.



Source : INSD, 2007

Dans les villages, l'évolution peut être attribuée à deux facteurs essentiels :

- la ville de Pouytenga qui, par sa position géographique, carrefour conduisant à plusieurs pays de la sous région et son marché à bétail, est renommée pour ses activités commerciales sur le plan national et international ;
- la construction du barrage de Yitenga et ses aménagements hydro-agricoles qui ont favorisé une immigration de populations dans les villages tout autour du barrage.

La forte croissance de la population de la zone du barrage de Yitenga entraîne une augmentation des besoins en eau. Ainsi, la pression sur les ressources environnementales en général et les ressources en eau en particulier sera de plus en plus importante.

II.2.2- Ethnies, religion et organisation sociale

La zone d'étude est à majorité composée de Mossis (majoritaire à Yitenga, Poessé et Pissalogo), suivi des Peulh (majoritaire à Soulgou). On y rencontre cependant d'autres ethnies telles que les Bissa, Gourmantché, Yarsé. Les principales croyances sont le christianisme, l'islam et l'animisme. Le chef du village est le garant de la justice, veille sur les coutumes et est le premier responsable coutumier. Il est aidé dans ses tâches par le chef de terre (*tengsoba* ou *tansoba*) et le chef suprême de l'armée (*le kamnaaba*). Le pouvoir moderne est assuré par le délégué administratif qui sert de trait d'union entre le village et l'administration.

Trois modes caractérisent l'accès à la terre. Il s'agit du don, du prêt et de l'héritage. Pour les deux premiers modes, les demandes sont adressées au tengsoba, qui généralement répond favorablement mais sous certaines conditions (ne pas planter des arbres fruitiers, ne pas céder la terre à d'autres étrangers, respecter les coutumes du village, ne pas commettre l'adultère, etc.).

II.2.3- Genre

Dans cette communauté, on aurait tendance à dire que les femmes ont deux statuts : celui de femme rurale et celui de femme urbaine puisque certains villages (exemple celui de Yitenga) sont des secteurs de la ville de Koupéla ou de Pouytenga. Alors comme la majorité des femmes rurales, elles sont aussi confrontées aux problèmes d'accès à la terre et au revenu. Les femmes ne sont pas totalement mises à l'écart lors des prises des décisions. Par exemple à Yitenga, une femme fait partie du comité local de l'eau (CLE) du barrage de Yitenga. Mais elles jouent un rôle secondaire dans la communauté. Elles peuvent avoir leur propre lopin de terre pour faire des exploitations personnelles si leurs maris acceptent.

La majorité des femmes de la zone sont très dynamiques. Les activités qu'elles mènent sont diversifiées. Elles ont une bonne ouverture d'esprit ; cela, elles le doivent surtout au projet CRDI/Yitenga, au projet petits barrages et à l'association des femmes du Kourritenga.

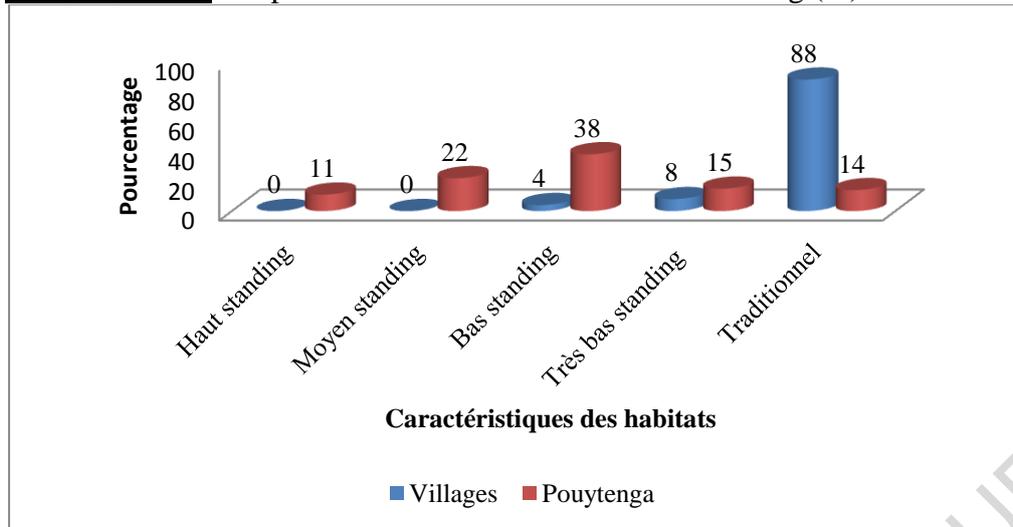
II.2.4- Habitat

Dans la zone d'étude, le mode d'habitation se caractérise par la présence de plusieurs maisons dans la même parcelle. Dans ces maisons, habitent généralement plusieurs ménages ou les enfants adultes d'une même famille. La typologie de l'habitat est relativement homogène dans les villages et hétérogène à Pouytenga. Yonkeu et al (2005) propose une classification de l'habitat de la zone d'étude réparti en cinq types :

- l'habitat de très bas standing, dont les cases délabrées sont rectangulaires, avec des murs en banco et des toits en tôles ondulées avec un sol en terre battue ; ce type d'habitation ne bénéficie des services d'aucun réseau (eau, électricité, téléphone) ;
- l'habitat de bas standing, dont les bâtiments sont construits en banco crépis ou non, ayant une toiture en tôle, et un sol cimenté ou non. Ce type d'habitat est beaucoup plus présent en zone urbaine. Ce type d'habitat ne bénéficie des services d'aucun réseau ;
- l'habitat de moyen standing, dont les bâtiments sont bâtis en parpaing de briques de ciment reposant sur un sol en béton et sont recouverts d'un toit en tôle. Ce type d'habitat ne bénéficie d'aucun service excepté parfois l'électricité ;
- l'habitat de haut standing, dont les bâtiments sont construits en brique de ciment, généralement peints et les toits en tôles ondulées, le sol est en béton. Ce type d'habitat bénéficie généralement d'un branchement à l'ONEA et du réseau électrique ;
- l'habitat de type traditionnel, avec des cases circulaires aux murs en banco et aux toits de pailles, avec un sol en terre battue. Ce type d'habitat ne bénéficie des services d'aucun réseau.

Le graphique 1.2 donne la répartition des habitations des ménages par type.

Graphique 1. 2 : Répartition des habitations selon le standing (%)



Source : construit à partir de Yonkeu et al (2005)

Dans les villages, l'habitat est essentiellement de type traditionnel et à Pouytenga le bas standing est majoritaire.

II.2.5- Situation sanitaire et risque de santé

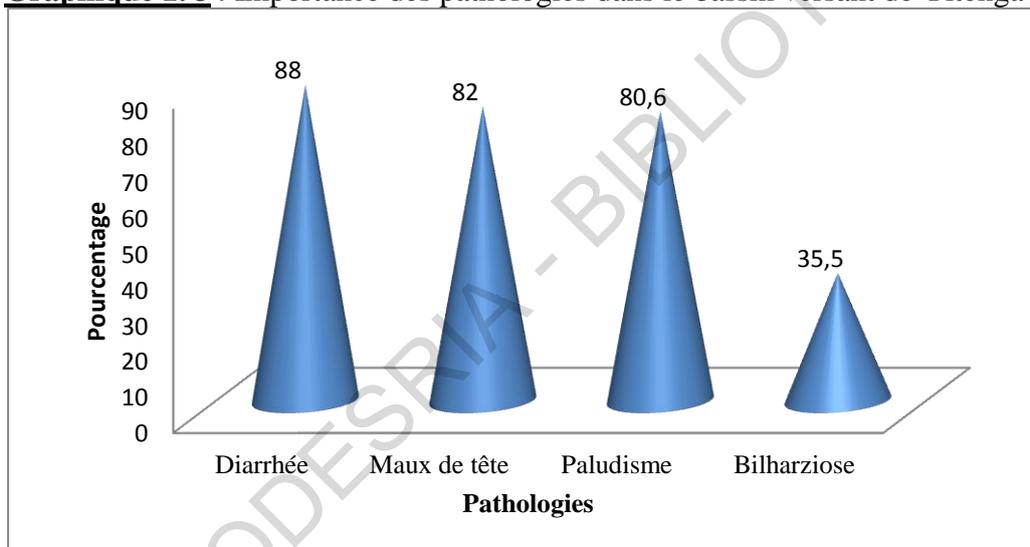
Dans la zone, il n'y a pas de CSPS dans les différents villages. Les populations villageoises font recours aux centres médicaux des villes de Koupéla et de Pouytenga. Cependant, les études révèlent que le taux de prévalence des maladies gastro-intestinales dans la zone est relativement élevé. Le paludisme, les affections respiratoires et les affections digestives sont les pathologies les plus fréquentes dans le bassin versant.

L'ensemble des données disponible montre que l'évolution de la situation socio-économique du bassin versant de Yitenga, pour une période d'un peu plus d'une vingtaine d'années (1979-2003), s'est traduite par un important accroissement de la population urbaine et rurale, un développement de nouvelles activités économiques plus ou moins organisées (commerces divers, cultures maraichères,...), ce qui a beaucoup influé sur l'approvisionnement d'eau potable et systèmes d'assainissement. Cette situation rend ces populations vulnérables et les expose ainsi à des risques de maladies. En effet, l'insuffisance des systèmes d'alimentation en eau de consommation, oblige les gens à recourir à des sources d'eau de qualités médiocres, telles que les barrages, qui sont souvent des réservoirs de maladies. De plus, l'absence d'un système de collecte et de traitement des excréta favorise la transmission directe des maladies ou indirectement à travers la pollution de l'eau. Il faut ajouter à cela l'accumulation des déchets solides et la stagnation des eaux usées domestiques et des eaux pluviales qui conduisent à la prolifération d'insectes vecteurs de maladies.

Tous ces facteurs pourraient entraîner une progression des maladies diarrhéiques et autres maladies infectieuses. Le statut socio-économique va constituer un facteur social déterminant des risques à la santé auxquels sont confrontées les populations de la zone d'étude du fait que, ce statut fixe l'essentiel des dangers de l'environnement physique auxquels ils s'exposent, tout comme d'ailleurs les avantages dont ils peuvent jouir. Le faible accès aux centres sanitaires et hygiéniques et à l'eau potable, par exemple, est étroitement lié aux revenus et au niveau d'instruction des individus (ce dernier influence fortement les habitudes comportementales des populations). Cette situation met les ménages dans une situation de risque sanitaire.

L'étude de Yonkeu et al (2005) fait ressortir que les pathologies telles que la diarrhée, les maux de tête, le paludisme et la bilharziose sont les plus répandues dans le bassin et leur contagion découle du contact de l'homme à l'eau et de l'état de salubrité. Le graphique 1.3 ci-dessous décrit le taux de prévalence des maladies gastro-intestinales dans le bassin suivant.

Graphique 1.3 : Importance des pathologies dans le bassin versant de Yitenga (%).



Source : Yonkeu et al (2005) et Zoungrana (2007)

II.3- Services socioéconomiques de base

II.3.1- Eau et assainissement

Le bassin versant de Yitenga compte trois retenues d'eau (Pouytenga, Leamtenga et Yitenga). Les quinze villages de la zone d'influence du barrage de Yitenga comptent une trentaine de forages équipés de pompes manuelles (Séré, 2005). La ville de Pouytenga est alimentée en eau potable par le réseau de l'ONEA qui compte 380 branchements particuliers (155 sont fonctionnels [Seré, 2005]) et 34 bornes fontaines (03 bornes fontaines supplémentaires sont en cours d'implantation).

L'ONEA a aussi installé 5 forages équipés de pompes manuelles, 132 puits modernes et 314 puits traditionnels (Sere, 2005). Plusieurs privés possèdent des forages et des puits. La ville de Pouytenga ne dispose pas de système de gestion collectif d'eaux usées. Les eaux ménagères sont en général évacuées dans l'espace public. Les latrines et la nature sont les lieux d'aisance les plus utilisés. Les seuls caniveaux d'eaux pluviales placés le long de la route bitumée de la ville reçoivent les déchets solides produits par un certain nombre d'habitants. Une étude faite par Bardina (2003) a permis de répertorier les points de rejets de déchets dans la moitié de la ville. Les ordures ménagères sont rejetées par les populations de manière non contrôlée. Une grande partie de la population pratique le co-compostage (ordures ménagères et excréments d'animaux) sur la voie publique. Dans les villages, le mode de défécation est essentiellement la nature. Les populations utilisent les ordures ménagères pour fabriquer, dans des fosses fumières ou aux alentours de leur concession et de manière artisanale, du compost (en andins).

Dans l'optique de réduire les problèmes d'assainissement et d'hygiène, plusieurs projets interviennent dans la zone notamment dans les villages. Parmi ces intervenants, figure le projet CRDI/Yitenga qui a déjà réalisé en 2005, 64 fosses fumières et 42 latrines doubles. Ces réalisations semblent avoir un impact positif sur le comportement des populations. Cependant, il est trop tôt de parler d'impact. Le tableau 1.6 présente les statistiques des réalisations.

Tableau 1. 6 : Nombre d'ouvrages en eau potable par village construit par le projet CRDI/Yitenga

<i>Village</i>	<i>Forages</i>	<i>Puits modernes</i>	<i>Puits traditionnels</i>	<i>Bornes fontaines</i>	<i>Total</i>
Koulbalé	3	0	0	0	3
Gorgo	3	2	6	0	11
Yitenga	2	1	7	1	11
Soulgou	3	0	0	0	3
Pissalogo	3	0	0	0	3
Zaongo	1	1	1	0	3
Total	15	4	14	1	34

Source : *Wethé et al (2011).*

L'analyse du tableau 1.6 montre que les villages de Yitenga et de Gorgo sont mieux dotés en infrastructures en termes d'eau potable que les autres villages. Les villages de Koulbalé, Soulgou, Pissalogo et de Zaongo sont faiblement dotés avec chacun un nombre d'ouvrages limité à trois.

Particulièrement, les bornes fontaines sont quasi-inexistantes dans les villages du bassin versant de Yitenga. On retrouve seulement une dans le village de Yitenga. Cette situation montre que la dotation en infrastructures d'eau potable est faible. Cette faiblesse incite les populations riveraines à recourir directement à l'eau du barrage de Yitenga pour la satisfaction de leurs besoins primaires au niveau domestique (boisson, cuisine, lavage,...). Or, l'eau du barrage est de qualité douteuse (ONEA, 2010) et cet usage sans traitement préalable peut entraîner le développement de certaines pathologies telles le choléra, la diarrhée, la fièvre typhoïde, etc.

En dehors du projet CRDI/Yitenga, d'autres projets communautaires interviennent également dans le bassin versant de Yitenga. Les objectifs poursuivis sont soit identiques ou soit complémentaires. Dans le domaine de l'assainissement, des actions de même nature ont été effectuées par différents projets à des périodes différentes. Aussi, la qualité des infrastructures diffère d'un projet à un autre.

Tableau 1.7: Nombre d'ouvrages en latrines et en fosses fumières réalisés par les différents projets intervenant dans la zone.

Villages	Ouvrages	CRDI	Petit Barrage	PLAN	PNGT 2	Total
Zaongo	Latrines	6	0	6	0	12
	Fosses fumières	10	0	0	0	10
Pissalogo	Latrines	6	0	7	0	13
	Fosses fumières	10	0	0	0	10
Yitenga	Latrines	5	0	0	0	5
	Fosses fumières	15	13	0	0	28
Gorgo	Latrines	6	0	0	0	6
	Fosses fumières	10	5	0	3	18
Koulbalé	Latrines	6	0	0	0	6
	Fosses fumières	10	0	0	0	10
Soulgou	Latrines	6	0	0	0	6
	Fosses fumières	10	0	0	0	10
Total ouvrages		100	18	13	3	134

Source : Wethé et al (2011)

Le tableau 1.7 ci-dessus permet de constater que parmi les quatre projets intervenant dans la zone, le projet CRDI/Yitenga a un taux de réalisation en fosses fumières et en latrines de 74%, et de 62% respectivement, suivi de Petit Barrage de 13,43%. Le projet PNGT 2 a le taux le plus faible soit 2,24%.

Les projets adoptent une certaine logique dans la fourniture des infrastructures socio-sanitaires. En effet, les villages qui reçoivent un nombre plus élevé de latrines, en reçoivent moins en fosses fumières et inversement. Cette façon de procéder vient de la faible capacité des projets à couvrir tous les villages d'infrastructures socio-sanitaires suffisantes. C'est une sorte d'arbitrage.

II.3.2. Infrastructures scolaires

Le bassin versant a en son sein 15 établissements d'enseignements primaires : 8 écoles primaires à Pouytenga contre 7 réparties dans les villages (Gorgho, Pissalogo, Leamtenga, Poessé, Belmin et Nimpougou). Le lycée communal de Pouytenga (avec 15 salles de classe) et l'établissement secondaire de Poessé sont les établissements d'enseignement secondaire du bassin versant. Aussi, à Koupèla il y a des écoles primaires et secondaires. De ces données, il ressort que les villages du bassin sont moins dotés en écoles que les deux villes. La faiblesse de la dotation des villages en infrastructures scolaires joue sur le taux de scolarisation dans la zone. Pour Yonkeu et al (2005) le taux de scolarisation dans la province du Kourritenga est relativement faible (39,53%).

II.3.3- Energie et communication

La ville de Pouytenga est desservit par les réseaux de la Société Nationale Burkinabé d'Electricité et de l'Office National de Télécommunication. La plupart des villages ne dispose pas de réseau d'électricité et de téléphone fixe. Par contre la quasi-totalité du bassin versant est couvert par les trois opérateurs de téléphonie mobile du pays. L'accès au bassin versant est possible toute l'année grâce aux routes bitumées reliant Ouagadougou à Koupèla et Koupèla à Pouytenga qui sont praticables en toute saison. L'accès au barrage à partir de Koupèla est praticable toute l'année par une route en terre. Les villages sont interconnectés par des pistes cyclables.

II.3.4 Marchés

La ville de Pouytenga, est un grand centre commercial doté de 3 marchés : un marché de bétail (3^{ème} marché à bétail du Burkina Faso), un marché de céréales et un de vivres et de produits manufacturés. Le marché de Pouytenga se tient tous les 3 jours.

Les acheteurs et les vendeurs viennent des villages, des autres villes du pays et même des pays voisins (Togo, Ghana et Niger). La ville de Koupèla est dotée d'un marché qui se déroule tous les trois jours. Au niveau des villages, il n'y a que le village de Gorgho qui possède un petit marché.

II.4-Activités socio-économiques

Les principales activités pratiquées par les populations du bassin versant de Yitenga sont l'agriculture, l'élevage, le commerce et la pêche.

II.4.1- Agriculture

L'agriculture est l'activité la plus pratiquée dans le bassin versant. En effet, 89,6% des ménages de la zone pratiquent l'agriculture. Dans les villages d'étude, certains ménages pratiquent d'autres activités en dehors de l'agriculture comme activité économique. À Pissalogo, elle est combinée au commerce, tandis qu'à Koulbalé et à Zaongo, elle est combinée avec la tannerie qui représente une source importante de revenus pour les populations malgré les risques sanitaires de cette activité. C'est une agriculture extensive pluviale avec des spéculations essentiellement céréalières. Le système de production est celui d'une agriculture orientée vers la subsistance. Le maraîchage et le riz pluvial sont les cultures de rentes pratiquées sur le périmètre et en amont du barrage de Yitenga tout le long de l'année. Le maraîchage est la seule activité agricole de contre saison pratiquée autour du barrage et des autres points d'eau tels que les puits.

L'érosion, la quasi-inexistence de couvert végétal et la pression démographique ont entraîné une perte progressive de la fertilité des sols. Cette situation oblige les populations à fournir un effort important et un apport conséquent d'intrant pour un rendement souvent relativement faible. En effet, face à l'érosion (causée par une exploitation régulière, sans jachère, surpâturage), les sols de la zone ont progressivement perdu leur fertilité, et requièrent un abondant apport en éléments fertilisants. De plus, le système de production est soumis à d'autres contraintes telles que le faible niveau d'équipements agricoles (charrue, charrette et autres équipements), la difficulté d'accès aux intrants chimiques NPK et Urée (coûts élevés par rapport au pouvoir d'achat des paysans) favorisent les faibles rendements.

II.4.2- Elevage et pêche

L'élevage est pratiqué par la quasi-totalité des populations du bassin versant. Il est l'une des principales sources d'épargne car la ville de Pouytenga se présente comme le troisième marché de bétail au Burkina Faso. La présence du marché de bétail de Pouytenga favorise le développement de cette activité. Le cheptel de la zone en 2001 était constitué de bovins (20 079 têtes), d'ovins (44314 têtes), de caprins (44 293 têtes), de porcins (2 478 têtes), d'asins (3 718 têtes), d'équins (91 têtes) et de volailles (141 140 têtes) [Ouédraogo (2002)]. En 2009, il y a une évolution significative des effectifs du cheptel dans la région.

Selon les données de l'INSD (2010), on dénombrait 386 527 têtes de bovins, 630 848 d'ovins, 925 969 têtes de caprins, 86 134 têtes d'asins, 197 421 têtes de porcins, 2 273 têtes d'équins et de 2 859 068 têtes de volailles.

La pêche est très peu développée dans la zone d'étude. La baisse du potentiel halieutique dans les barrages de Pouytenga et Yitenga entraîne son ralentissement notoire depuis 1998 (Kengni, 2002). Les espèces rencontrées sont : les *tilapias*, les *Synodontis* et les *Pitrophalus*.

II.4.3- Commerce et artisanat

Le commerce est une activité de choix dans le bassin versant notamment à Pouytenga du fait de la position géographique de la localité (carrefour international de plusieurs grands axes routier). Il s'organise autour et à l'intérieur du marché de Pouytenga connu dans toute la sous région ouest africaine. Egalement, le petit commerce est une activité de plus en plus favorisée par les populations du bassin de Yitenga. Elle est une sous stratégie pratiquée plus intensément en période de soudure. Elle concerne la vente du dolo, du soubala, du bois, des produits maraichers et du petit bétail.

L'artisanat est relativement diversifié et peu organisé. La tannerie, la teinture, le tissage, la fabrique de beurre de karité et la confection de briques sont les principales activités de ce secteur. Le système économique est surtout informel et traditionnel. Le système économique moderne (comptabilité et gestion rigoureuse) est tout de même présent mais peu représenté.

II.5- Cadre institutionnel, législatif et réglementaire

Le cadre institutionnel, législatif et juridique de la gestion des déchets relève de plusieurs types d'acteurs aussi bien à l'échelle locale qu'à l'échelle nationale. Dans le cas du bassin versant de Yitenga, la gestion des déchets relève du haut commissariat de la province du Kouritenga, des mairies de Koupéla et Pouytenga, des services décentralisés de l'Etat intervenant dans les domaines de l'eau, de l'environnement, de l'assainissement et l'hygiène, se trouvant dans la région du Centre - Est et/ou dans la province du Kouritenga. Ces institutions nationales collaborent avec les partenaires au développement, des Organisations Non Gouvernementales (ONG), des associations et les populations bénéficiaires.

II.6- Institutions nationales

Le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, à travers sa direction provinciale, assure la mise en œuvre et le suivi de la politique du gouvernement en matière d'environnement et d'assainissement du cadre de vie. Il est chargé de la protection de l'environnement et du suivi

des conventions internationales en matière d'environnement ratifiées par le pays, de la coordination des activités en matière de lutte contre la dégradation de l'environnement dans la province.

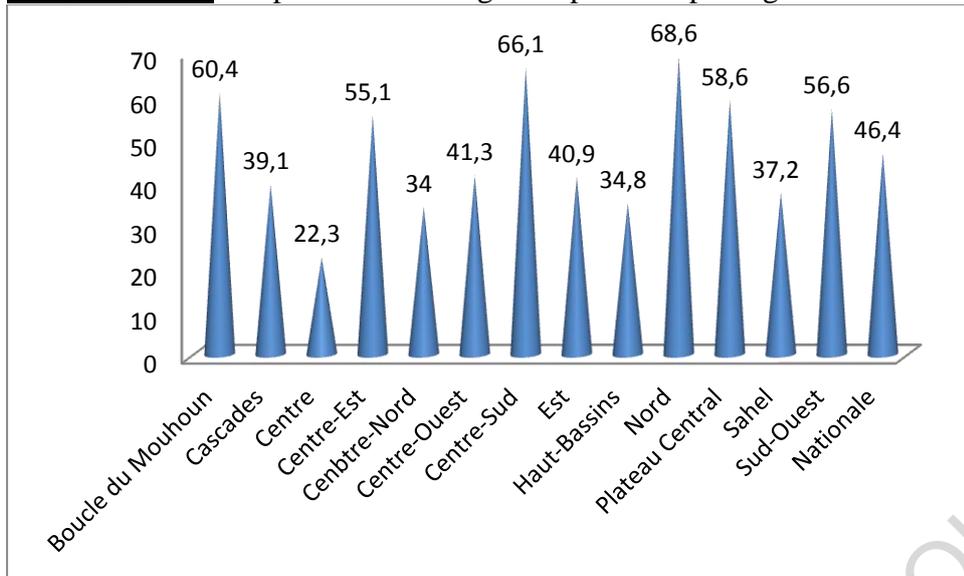
Le Ministre de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation, à travers les mairies de Pouytenga et de Koupéla (sous la tutelle du haut commissariat de la province), est chargé de l'enlèvement et l'élimination finale des déchets ménagers, de l'assainissement, de la lutte contre l'insalubrité, la pollution et les nuisances, de l'élaboration des plans communaux d'action pour l'environnement, de donner avis sur l'installation d'établissements insalubres, dangereux et incommodes dans la zone d'étude.

Le Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques assure la tutelle de l'ONEA. L'ONEA, à travers sa direction provinciale, est chargé de la création, la promotion de la création et l'amélioration ainsi que la gestion des installations d'assainissements individuels ou autonomes pour l'évacuation des eaux usées et des excréta dans la province. Le Ministère de la Santé, à travers sa direction provinciale, est chargé de veiller et promouvoir l'hygiène publique de la localité. Le Ministre des Infrastructures et du Désenclavement, à travers sa direction régionale, est chargé de la planification et de la maîtrise du développement des centres urbains, de l'aménagement et de la gestion de l'espace urbain, de l'élaboration et du contrôle de l'application de la réglementation en matière d'habitat et d'urbanisme dans le bassin versant.

II.7- Pauvreté dans le Kouritenga

Au Burkina Faso, l'incidence de la pauvreté dans les régions à la pauvreté varie de 22,3% à 68,6% (CSLP, 2003). Le graphique 1.4 permet de constater la répartition de la pauvreté dans les différentes régions du pays. La pauvreté est inégalement répartie à travers les régions du pays. Les régions du Nord, Centre-Sud et celle de la Boucle du Mouhoun sont les régions les plus touchées et se situent au dessus de la moyenne nationale (46,4%). Par contre la région la moins touchée est celle du Centre (22,3%). La région du Centre-est (dont notre zone d'étude fait partie) est caractérisée par une ligne de pauvreté supérieure à la moyenne nationale mais moindre que les lignes de pauvreté des régions comme le Nord, le Centre-Sud, la Boucle du Mouhoun, le Plateau central et le Sud-ouest.

Graphique 1.4 : Répartition de la ligne de pauvreté par régions au Burkina Faso (%)



Source : données de l'INSD, 2003

Dans la région du Centre-est, la profondeur de la pauvreté est estimée à 19,7% contre 15,6% au niveau national. Quant à la sévérité, elle s'élève à 9,1% contre 7,1% au niveau du pays. Tous les indices de pauvreté dans la région sont supérieurs à la moyenne nationale (INSD, 2003). Des efforts doivent être faits pour réduire sensiblement la pauvreté dans cette région par une amélioration des conditions socioéconomiques des populations.

En définitive, le chapitre a abordé deux aspects importants à savoir la situation des ressources en eau et la présentation de la zone d'étude. Il ressort que les besoins en eau sont de plus en plus croissants eu égard à la forte croissance démographique et au développement des activités socioéconomiques. Le bassin versant de Yitenga est dans la province du Kouritenga sous la tutelle du haut commissariat. Le climat est de type nord soudanien. Le relief est caractérisé par des plateaux et plaines dont le sol est dégradé et le couvert végétal peu présent. La population est jeune et galopante. Le type d'habitat le plus rencontré est de bas standing à Pouytenga et traditionnel dans les villages. Les structures sanitaires sont insuffisantes. Les infrastructures d'eau et d'assainissement sont peu nombreuses et le mode d'assainissement est globalement peu indiqué. Le taux de scolarisation est relativement faible. La population pratique une agriculture de subsistance. Cette agriculture qui constitue l'activité principale de la zone doit être davantage promue. Cela passe par une maîtrise des ressources en eau dans un contexte général marqué par les changements climatiques qui participent à la raréfaction de ces ressources. Le prochain chapitre met l'accent sur les bases théoriques et présente les modèles d'analyse à la compréhension du comportement des individus, des mesures de protection et du bénéfice rattaché.

Chapitre 2 : Fondements théoriques et modèles d'analyse

La valorisation d'une ressource naturelle ou environnementale trouve son fondement dans le comportement des individus. Dans le domaine des ressources en eau, les usages multiples posent de véritables problèmes de gestion. Le présent chapitre se donne pour objectif de développer les bases théoriques appropriées et de bâtir des modèles économétriques capables de répondre aux interrogations soulevées dans la thèse. Il s'organise autour de trois sections. La première section aborde les fondements théoriques du consentement à payer des riverains et présente le modèle économétrique adapté. La seconde met l'accent sur les mobiles théoriques et le modèle d'analyse de la décision des ménages à adopter des techniques de protection des eaux et sols. Enfin, la troisième section expose la théorie du ménage agricole et développe le modèle non séparable afin d'estimer le bénéfice total de la protection du barrage.

I- Fondements théoriques et modèle d'analyse du consentement à payer

Les services rendus par les actifs naturels n'ont généralement pas de prix. Faute de droits de propriété clairement établis, ils ne peuvent pas faire l'objet de transaction sur le marché. Et pourtant une augmentation ou une diminution de leur qualité (ou de leur flux) affecte l'utilité (le bien-être) des individus. Ainsi, cette simple constatation a conduit les économistes à rechercher les moyens de faire révéler les modifications d'utilité des individus. Les préférences des individus pour une qualité donnée de l'environnement et le surplus du consommateur sont certainement les outils conceptuels les mieux adaptés à la quantification de cette grandeur. Cette évaluation passe également par l'usage de modèles économétriques.

I.1.Démarche théorique

Cette sous section présente les bases théoriques du consentement à payer en mettant en relief la méthode d'évaluation contingente.

I.1.1 Préférences des individus

Les préférences des individus se manifestent sur le marché et s'expriment en terme de consentement à payer (CAP) et de consentement à recevoir (CAR).

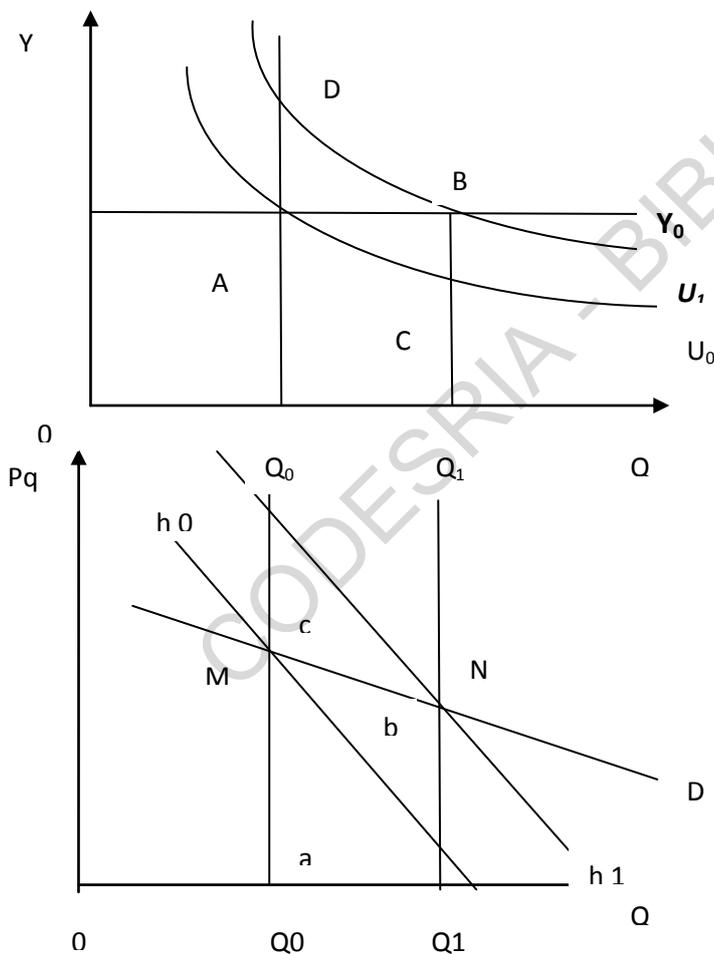
Le CAP est la somme maximale d'argent qu'un individu est prêt à payer plutôt que de renoncer à une amélioration d'un service rendu par un actif naturel. Il s'agit de la somme d'argent que le consommateur est disposé à payer pour ne pas subir des pertes quant à la qualité de l'environnement. Le CAR est la somme minimale d'argent qu'un individu exigerait pour volontairement renoncer à une amélioration de la qualité d'un service rendu par un actif naturel. Autrement dit, c'est une compensation monétaire que le consommateur est prêt à recevoir pour subir une perte. Toutefois, si on n'est pas sûr que les individus ne soient pas disposés à payer une chose qu'ils ne désirent pas, on n'est pas sûr que le CAP mesure exactement l'avantage global procuré à la collectivité (Faucheux et Noel, 1995). Ce problème se pose car certains individus peuvent être prêts à payer plus que le prix du marché. En effet, la dépense effectuée lors de l'achat du bien représente ainsi une partie du CAP, et comme le prix du bien est unique, ces individus retirent un bénéfice supplémentaire de la consommation de ce bien qui n'est rien d'autre que le surplus du consommateur. On peut donc écrire: $CAP = dépense (prix) + surplus du consommateur$. Appliquer aux actifs naturels, la théorie du surplus est un outil précieux de valorisation des bénéfices de l'environnement. Cependant sa mesure peut nécessiter une technique différente.

1.1.2- Théorie du surplus et différentes mesures du surplus

Selon Marshall, le surplus peut se définir comme suit : « le consommateur retire d'un achat un surplus de satisfaction. La somme supplémentaire qu'il aurait accepté de payer, au-delà du prix, plutôt que de renoncer à l'achat, mesure le surplus de satisfaction. On peut l'appeler le surplus du consommateur ». En d'autres termes, lorsque l'utilité marginale d'un bien est supérieure au prix du marché, le consommateur bénéficie d'un surplus car son consentement à payer est supérieur au prix. La théorie du choix du consommateur est basée sur l'hypothèse fondamentale selon laquelle un individu cherche à maximiser son utilité totale sous contrainte du revenu et des prix, c'est-à-dire $Max U(X), s/c PX \leq R$. L'utilité ou la satisfaction que nous procure un bien est la cause de sa valeur. Cette dernière est explicitement fonction de l'argumentation de l'utilité totale résultant de la consommation d'une unité du bien en question. Cette conception générale s'entend au contexte environnemental. La qualité de l'air, de l'eau, la beauté du paysage ou de la richesse des écosystèmes influencent le bien-être des individus. Il est donc logique de les introduire comme arguments supplémentaires dans la fonction d'utilité. On procède ainsi à une extension de la théorie du consommateur. Face à des biens environnementaux, le consommateur n'est pas confronté, à la différence des biens privés, à des prix mais à des quantités identiques pour tout le monde.

En introduisant l'environnement dans la fonction d'utilité, on fait l'hypothèse que le consommateur peut faire des arbitrages entre environnement et biens privés. Il est capable de choisir entre une amélioration de la qualité de l'eau et une augmentation de sa consommation de biens privés habituels (alimentation, loisirs, ...). Cette hypothèse est d'une portée très grande puisqu'elle permet d'étendre les concepts de demande et de valeur aux biens environnementaux. Considérons un projet d'assainissement des eaux usées qui entraînerait l'amélioration de Q_0 à Q_1 ¹⁰ de la qualité d'un plan d'eau. L'augmentation du bien-être de l'utilisateur représentatif peut être déduite de sa fonction d'utilité. Pour un niveau de revenu fixé Y_0 avant la réalisation du projet son utilité est donnée par : $U_0 = U(Y_0, Q_0)$ et atteindra après sa réalisation, la valeur plus élevée suivante : $U_1 = U(Y_0, Q_1)$

Figure 2. 1: Amélioration de la qualité d'un plan d'eau



Source : construit à partir de Bonnieux (1998)

¹⁰ Les Q représentent des états différents de la qualité du plan d'eau e, Y les niveaux de revenu et U l'utilité

On a représenté les courbes d'indifférence correspondantes sur la partie supérieure de la figure 2, l'horizontale d'ordonnée Y_0 étant la droite de budget.

Avant le projet, l'utilisateur représentatif maximise son utilité au point A dans le plan revenu-qualité. Avec le même revenu, il se situe au point B après réalisation du projet. On peut interpréter l'augmentation de l'utilité résultant de la réalisation du projet comme un accroissement du revenu. Il suffit de comparer les équilibres représentés par les points A et B en remarquant qu'il y a deux manières de procéder. La première, qui est la plus naturelle ici, consiste, à partir de la situation initiale A et à se déplacer le long de U_0 jusqu'au point C. La distance BC mesure une différence de revenu, c'est le consentement à payer maximal (CAP), pour bénéficier du projet. On a : $U_0 = U(Y_0, Q_0) = U(Y_0 - CAP, Q_1)$

La deuxième consiste à partir du point B et à se déplacer le long de U_1 jusqu'au point D. La distance DA mesure encore une différence de revenu, c'est le consentement à recevoir minimal (CAR) pour renoncer au projet. On a : $U_1 = U(Y_1, Q_1) = U(Y_0 + CAR, Q_0)$. On a donc défini deux mesures de la valeur du projet et on vérifie graphiquement que : $CAP \leq CAR$ si $Q_0 < Q_1$. Ces deux notions correspondent respectivement au surplus compensateur et au surplus équivalent. La valeur attribuée à l'amélioration du plan d'eau englobe l'ensemble des bénéfices. Ceux-ci ne se limitent pas aux bénéfices associés à des usages, qu'il s'agisse d'usages directs (*in situ*) ou d'usages indirects, mais intègrent aussi les bénéfices non liés à un usage. On distingue donc la valeur d'usage et la valeur de non usage (appelé parfois valeur d'usage passif). Cette seconde catégorie recouvre différents concepts qu'il convient de préciser. Le concept de valeur d'existence se rapporte ici à la simple connaissance de la mise en œuvre du processus d'amélioration. Quoique l'on puisse considérer que la valeur d'existence exprime des sentiments purement altruistes, cette définition ne fait pas l'unanimité. Aussi est-elle parfois assimilée à une valeur qui serait associée au désir d'amélioration pour le bénéfice des contemporains (valeur de consommation partagée), celui des générations futures (valeurs de legs) ou pour soi-même (valeur d'option).

1.1.3. Approche de l'utilité selon Lancaster et préférences révélées

L'approche de Lancaster (1966) permet de rendre compte de la possibilité pour un bien de présenter un vecteur d'attributs distincts, eux-mêmes pouvant éventuellement être présents et combinés à d'autres attributs en quantité variable et issus de la consommation d'autres biens.

Ainsi, la théorie de Lancaster (1966) a introduit une importante modification à la théorie du consommateur en supposant que l'utilité procurée par la consommation d'un bien provenait en réalité de la consommation de ses « *attributs* ».

Les n caractéristiques d'un même bien A étant identiques et fournies en quantité égale à tous les consommateurs, leurs préférences (en termes d'attributs) sont reflétées par leurs choix. La fonction d'utilité indirecte de i (notée U_{iA}) s'écrit alors comme la somme des niveaux d'utilité procurés par la consommation respective des a_n :

$$U_{iA} = \beta_{i1}U_{a_1} + \beta_{i2}U_{a_2} + \beta_{i3}U_{a_3} + \dots + \beta_{in}U_{a_n} \quad (2.1)$$

En évaluation économique, l'approche multi-attributs consiste, pour évaluer A , à estimer indépendamment chacun des a_n , les autres attributs étant supposés constants à leur niveau initial (ou actuel). Aussi, dans le domaine environnemental, l'usage d'un bien environnemental ou d'un bien marchand utilisant intensément le bien environnemental peut être directement révélé préféré à un bien privé tous deux accessibles au consommateur. De ce point de vue, la baisse de la qualité ou de la quantité du bien environnemental peut causer une diminution de l'utilité retirée par le consommateur. Si la baisse de la qualité de l'eau par exemple, entraîne une baisse de l'utilité des usagers alors, on dira que l'eau est une ressource essentielle dans la fonction d'utilité du consommateur.

I.2 Valeur économique de l'environnement et des actifs naturels

L'analyse économique a pour objectif d'assurer un usage optimal des ressources dont dispose la société, c'est-à-dire allouer ces ressources là où elles seront les mieux employées et rapporteront le maximum de bien-être à la société. Dans ce but, l'analyse coûts-avantages représente actuellement la méthode d'aide à la décision la plus utilisée et constitue pour le "décideur" un critère d'efficacité économique dans l'utilisation des ressources (Hanley et Spash, 1993 ; Brent, 2006). Le critère le plus souvent appliqué est celui de la valeur actualisée nette (VAN). Il se présente de la manière suivante (en temps discret):

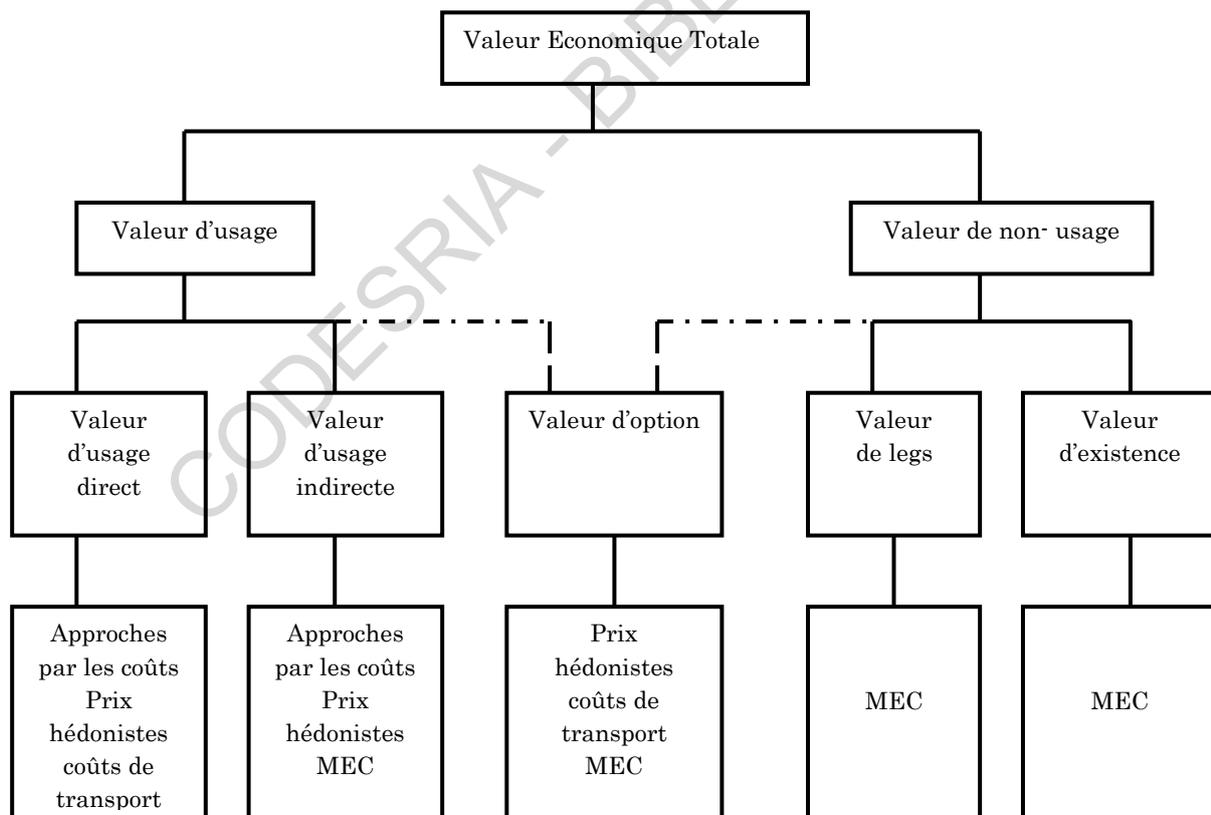
$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{BD_t - CD_t}{(1+r)^t} \quad (2.2)$$

où BD_t et CD_t représentant respectivement les bénéfices et les coûts directs du projet ou de la stratégie pour des périodes t comprises entre 0 et T (durée de vie du projet ou de la stratégie) et r représentant le taux d'actualisation. En environnement, des actions de protection ou de gestion sont vues comme un projet de valorisation. La notion de valeur est importante et il convient d'en donner une définition.

Pour Levy et Lussaut (2003), toute valeur correspond à une norme permettant de juger si une réalité est bonne ou mauvaise, utile ou non, belle ou laide, morale ou immorale...dans une société donnée ou dans l'une de ses parties.

Les valeurs seraient ainsi selon ces deux auteurs « l'ensemble des principes moraux ou éthiques qui, dans une société ou une de ses composantes, définissent les critères du désirable et orientent l'action de ses membres ». Mirault (2007) a établi une hiérarchie des valeurs correspondant aux niveaux de l'expérience humaine. Selon lui, comme tous les êtres vivants, nous attachons de l'importance à ce qui nous fait plaisir, à l'agréable, à ce qui satisfait nos besoins (l'utile), à ce qui nourrit la vie en nous (le vital), à ce qui nous rend plus humain (le beau, le juste, le vrai...) et à ce qui nous permet d'échapper aux limites de l'humain (le divin). Le concept de valeur économique trouve ses fondements dans la théorie du bien être. L'objectif d'une activité économique est d'augmenter le bien-être des individus qui dépend non seulement de la consommation des biens marchands, mais également des services non marchands produits par les actifs naturels. La figure 2.2 donne une représentation des méthodes permettant de mesurer la valeur économique totale.

Figure 2. 2 : Valeur économique totale et méthodes de valorisation appropriées



Source : Banque Mondiale (1998)

La valeur économique totale se subdivise en deux volets : la valeur d'usage et la valeur de non usage. La valeur d'usage est obtenue dans le cas où la ressource peut-être directement utilisée (valeur d'usage direct) ou indirectement utilisée (valeur d'usage indirect) ou une valeur d'option. Au delà de cette valeur, il y a la valeur de non usage. Cette valeur fait allusion à l'éthique morale. Les individus peuvent attribuer une valeur aux éléments naturels même s'ils ne font aucun usage présent ou futur; dans ce cas, il s'agit de valeur intrinsèque ou de valeur d'héritage liée davantage à la transmission d'un patrimoine à ses descendants. La valeur économique totale (*VET*) d'un bien est alors la somme des valeurs de non usage (*VNU*) et d'usage (*VU*):

$$VET = VU + VNU . \quad (2.3)$$

Cependant, la mesure de la valeur reste une tâche difficile. En effet, il s'agit d'estimer une valeur en fonction d'un prix révélé soit par le comportement des usagers de l'environnement (méthodes des coûts de transport ou des prix hédonistes, voir plus loin), soit par un consentement à payer ou à recevoir, ce qui revient à créer artificiellement un marché qui n'existe pas (Tacheix, 2005).

1.3- Méthodes d'évaluation économique environnementale

De nombreuses méthodes se sont succédées pour tenter d'approcher le plus rigoureusement possible la valeur d'un site naturel ou culturel. Elles reposent principalement sur l'analyse coût-avantage. Elles permettent de reconstituer une courbe de demande pour le bien environnemental considéré. Les principes de calcul relèvent de l'économie standard : une ressource est allouée à un usage donné jusqu'à ce que le coût marginal de cet usage soit égal à l'avantage marginal tiré de l'utilisation de la ressource. Dans ce cas, il y a maximisation de l'avantage net procuré par une quantité de ressource fixée (Faucheux et Noël, 1995). Deux grandes classes de méthodes permettent d'évaluer les biens de l'environnement : les méthodes indirectes et les méthodes directes. Les méthodes indirectes utilisent, pour évaluer un actif patrimonial, une information économique directement liée à l'actif. Les plus utilisées sont la méthode des coûts de transport (voir les travaux de Bauduin, 1995, Clawson, 1966, Mc Connell, 1975, Bauduin, 1995), des prix hédonistes (Thiombiano, 2008, Ridker ; 1964 Michalland, 1996, Mahan et al., 2000 ; Smith et al., 2002, Tucson, Bark et al, 2009 ; Cavailhès et Joly, 2006 ; Cavailhès et al, 2007), du coût de déplacement (Smith et Kaoru, 1990 ; Maille et Mendelsohn, 1993). Dans une moindre mesure, la méthode des effets induits (Bonnieux et al, 1991), la méthode des risques, la méthode de changement de productivité (Randrianarison, 2001) et la méthode de dépenses de protection sont utilisées. Dans cette thèse, les méthodes directes sont privilégiées car, il s'agit d'un scénario hypothétique.

Une méthode directe est fondée, soit sur l'observation d'un comportement d'un individu sur un marché existant (ce qui permet de déterminer le surplus du consommateur ou les choix de vote d'un individu) ou sur un marché hypothétique. On retrouve les notions de consentement à payer (CAP) et de consentement à recevoir (CAR) dans la méthode directe.

Le grand intérêt de la valorisation hypothétique est de placer les agents concernés dans la situation la plus proche possible de la situation attendue en théorie. Ainsi, pour obtenir l'effet généré par un projet d'aménagement, une enquête peut être menée auprès des personnes concernées pour connaître leur appréciation. Plusieurs méthodes sont utilisées pour attribuer une valeur à un bien sans marché par le principe du marché hypothétique. Il s'agit notamment de la méthode de classification hypothétique (Garrabé, 1994), de la méthode du jeu d'allocation des ressources (Mitchell, 1990), de la méthode de coût de remplacement, de dose-réponse et de l'évaluation contingente. La méthode d'évaluation contingente est privilégiée dans cette étude. C'est une méthode qui vise à faire révéler aux agents économiques leur consentement à payer (CAP) ou leur consentement à recevoir (CAR). Elle est très utilisée actuellement dans les révélations de valeurs. Les autres méthodes disposent difficilement d'informations sur un projet qui n'est pas encore mené. Surtout, elles conduisent à l'échec lorsqu'il faut calculer une valeur totale des biens patrimoniaux, car elles doivent, par construction, s'appuyer sur des marchés effectifs. Les paragraphes qui suivent exposent la méthode d'évaluation contingente pour analyser les bénéfices de valorisation du barrage de Yitenga car pour Dixon et al (1994) seule la MEC est adaptée.

1.3.1. Méthode d'évaluation contingente et ses applications

Cette section présente la méthode d'évaluation contingente d'une part et ses applications ainsi que ces limites d'autre part.

1.3.1.1. Historique

Elle consiste à interroger une population convenablement définie sur son consentement à payer (ou à recevoir s'il s'agit d'estimer une compensation) pour bénéficier d'une modification de (ou renoncer à) la qualité de l'environnement. Cette technique est largement acceptée par les économistes ces dernières années. Cette évolution s'explique par les nombreux travaux empiriques et les raffinements théoriques dans les années 1970 et 1980, et surtout, du fait du développement rapide des théories de sondage, des théories économiques de l'estimation du bénéfice, de l'analyse des données (Asrat et al, 2004, Moran, 1994 ; Desaigues et Point, 1993).

La MEC est employée chaque fois que le marché ne permet pas d'utiliser les méthodes indirectes de révélation des préférences, ou lorsque l'intervention publique ne peut s'appuyer sur aucune donnée disponible (Desaigues et Point, 1993).

La MEC est globalement intéressante comme technique d'évaluation à cause de la facilité avec laquelle elle peut s'appliquer dans différentes régions et contextes et, ceci en limitant au mieux les biais (Illukpitiya et al, 2004). Dans cette méthode, il est proposé un marché hypothétique aux individus qui vont y exprimer leur désir d'utiliser les biens d'environnement (Randall, 1981). Pour Boussard (1996), plusieurs actions destinées à améliorer l'environnement demandent beaucoup d'argent, et ceci a conduit l'auteur à dire que la MEC est la dernière à la mode pour effectuer ces évaluations. Judez et al (1998) appuient cette thèse en soulignant que « si l'on accepte de mettre des euros sur des biens environnementaux, alors la méthode d'évaluation contingente paraît, à l'heure actuelle, un instrument privilégié permettant d'évaluer des biens auxquels ne sont pas associées des pratiques commerciales observables ».

1.3.1.2.Principe de la MEC

1.3.1.2.1. Principes de base

L'évaluation contingente doit partir de quatre postulats initiaux :

Postulat 1 : les personnes interrogées disposent de la totale souveraineté sur leurs décisions de consommation. Ce premier postulat est fondamental pour mener une évaluation contingente. Des agents non souverains, dont les choix sont dictés par une raison extérieure, n'ont pas besoin d'être interrogés pour connaître leur comportement.

Postulat 2 : les personnes interrogées ont un ensemble cohérent de préférences préalables au questionnaire. Le sondage permet simplement de révéler ces préférences (Kahneman, 1986) : « Il existe un ensemble de préférences cohérentes pour les biens, incluant les biens non marchands comme l'air pur et de belles vues ; (...) ces préférences peuvent être révélées sur un marché adéquat, et (...) être observées grâce à l'évaluation contingente ».

Postulat 3 : les personnes interrogées ont intérêt à exprimer leurs préférences avec sincérité. Différents motifs, parfois contradictoires, les y engagent. En absence de bénéfices et de pertes associés à une révélation sincère de leurs préférences, les individus respectent un devoir intrinsèque de sincérité et sont disposés à révéler leurs véritables demandes (Bohm, 1972). Gérard-Varet (1998) qualifie cette réaction de 'comportement sincère par défaut'. Il revient donc à mettre en place des dispositifs expérimentaux garantissant une révélation sincère des préférences pour les projets publics (Kurz, 1974).

Postulat 4 : les personnes interrogées déduisent de leurs réponses une réduction de leur revenu disponible. Bien que les principes de la théorie du consommateur soient confirmés, l'influence du contexte de l'enquête sur les réponses a encouragé un débat sur les formes de rationalité.

A la rationalité substantive, retenue par la théorie néoclassique, Willinger (1996) préfère une rationalité « contextuelle » ou, comme Vivien (1999), une rationalité procédurale (Simon, 1957). La MEC recourt ainsi au même outil que la gestion patrimoniale. Cependant, l'utilisation d'une MEC appelle des précautions et des réserves.

1.3.1.2.2.Méthode de révélation des préférences

Dans le processus de l'évaluation monétaire des biens non marchands, le mode de révélation joue un rôle primordial. Plusieurs modes sont utilisés selon les cas. Il s'agit de la question ouverte, de la question fermée simple (Bishop et Heberlein, 1979), de la question fermée double, du classement contingent (Smith et Desvouges (1986), du système des enchères ascendantes et descendantes (Davis, 1963 et 1964, Mitchell et Carson, 1989 ; Bonnieux, 1998) et de la carte de paiement (Mitchell et Carson, 1989). La question ouverte est privilégiée dans cette étude car elle est plus adaptée à la nature du bien à valoriser et le contexte de l'exercice contingent. En effet, selon Bonnieux (1998), la méthode de la question ouverte est la plus simple à mettre en œuvre. Après avoir défini le bien et le scénario, on demande directement à la personne interrogée son évaluation. Pour Desaignes et Point (1993), on pose la question de valorisation : combien accepteriez-vous de payer pour pouvoir bénéficier d'une amélioration de la qualité de l'environnement? Ils estiment que cette façon de procéder permet d'éviter le biais de l'enchère de départ. La question ouverte permet d'obtenir une même précision qu'une question fermée à partir d'un échantillon de plus faible taille. Les informations sur le consentement à payer sont obtenues directement. En revanche, la question ouverte n'incite pas les personnes interrogées à révéler honnêtement la valeur qu'elles accordent au bien environnemental étudié. Ce fait est dû à l'absence de stimulus et donc de la possibilité pour des individus de fournir une réponse sérieuse. Il semble que l'utilisation d'une question ouverte doit être limitée à des biens familiers. Ainsi, Mitchell et Carson (1989) citent une application intéressante de cette méthode pour valoriser les risques pour la santé humaine, de la détermination de la qualité de l'eau potable. L'eau potable ou de boisson est un bien familier pour les individus qui connaissent son prix et se prêtent donc à une évaluation à partir d'une question ouverte. Il n'y a, à l'heure actuelle, aucun consensus sur la meilleure approche pour obtenir la valeur d'un bien. La question fermée, présentée sous la forme d'un référendum, est souvent considérée comme l'approche la plus sûre dans la mesure où son utilisation a été recommandée par un groupe d'économistes réunis par la National Oceanic

and Atmospheric Administration (NOAA). Même si le questionnaire final propose une question fermée ou une carte paiement, l'utilisation de la question ouverte s'avère toujours nécessaire au moins dans une phase exploratoire de l'enquête.

1.3.1.2.3.Mise en œuvre de la méthode

En 1992, les controverses soulevées par l'accident de l'Exxon-Valdez ont conduit la NOAA à réunir un panel de scientifiques prestigieux (Arrow et al, 1993) qui ont émis une série de recommandations pour un usage raisonné des méthodes de révélation de valeur. Les recommandations formulées par la NOAA complètent les postulats de base de la méthode contingente à partir desquels, la méthodologie de la révélation de la valeur doit être conçue. En général, les étapes à suivre sont les suivantes : (i) identifier le changement de qualité environnementale que l'on cherche à valoriser ; (ii) déterminer la population concernée; (iii) déterminer le mode d'enquête et la taille de l'échantillon ; (iv) rédiger le scénario d'évaluation contingente ; (v) rédiger la question de valorisation ; (vi) rédiger les questions auxiliaires; (vii) tester le questionnaire; (viii) analyser les données; (ix) présenter et diffuser les résultats. Pour la réussite de l'étude contingente ces différentes étapes doivent être suivies par précaution. Dans le cas précis du barrage de Yitenga, les populations riveraines savent l'importance de la ressource dans leurs activités quotidiennes. Comme le recommande Kahneman (1986), les populations riveraines ont des préférences vis-à-vis du barrage. Depuis plus de deux décennies, l'eau du barrage est utilisée à plusieurs fins par les populations ; de ce fait il ya une familiarité. Cette question mérite d'être évoquée car un débat récurrent concerne la question de la préexistence des préférences à la réalisation de leur évaluation (« constructivisme », Willinger, 1996). Confronté à des situations éloignées des situations familières de choix, le soupçon que les préférences ne préexistent pas au processus d'évaluation a soulevé le débat du constructivisme. Plott (1996) a proposé une « preference discovery hypothesis » qui doit inciter les évaluateurs à beaucoup de prudence dans l'élaboration des procédures de recueil d'information. Un exemple, mentionné par Bateman (2008), illustre bien cette inquiétude. Il s'agit d'une étude de marché comparant deux crèmes cosmétiques semblables en tous points, sauf leur prix et le fait que l'une est produite à partir d'huile de palme issue de plantation « tiger-friendly ».

1.3.1.2.4-Limites de la MEC

(i) Critiques

Le nombre des études réalisées en utilisant l'évaluation contingente et l'étendue des domaines d'applications possibles font un argument de défense important pour l'évaluation contingente.

L'évaluation contingente peut revêtir toutes les apparences d'une méthode scientifique, mais elle est perçue comme mirage aux yeux de certains auteurs. En effet, le climat favorable autour de l'évaluation contingente n'a donc jamais constitué une unanimité.

La conférence organisée par la compagnie « Exxon », 'victime', à la suite de la catastrophe de l'Exxon Valdez, a permis de réunir un grand nombre de réserves des chercheurs. La conclusion de la conférence est sans appel : la méthode d'évaluation contingente est non scientifique et doit être écartée des instruments d'évaluation publique. Une partie des critiques adressées à l'évaluation contingente est connue depuis fort longtemps. L'aspect hypothétique du scénario proposé pendant l'enquête reste considéré comme le plus grand signe de fragilité. L'enquête ou le questionnaire n'aurait jamais les qualités informatives du processus de marché car la concurrence ne s'y exerce pas (Facchini, 1994). Les agents peuvent afficher une surestimation de leur capacité à payer car ils ne sont pas tenus de payer effectivement le montant qu'ils proposent (Cummings et al, 1995). Si en revanche, ils sont persuadés que l'enquête contingente servira de base pour définir des contributions effectives, les réponses seront sans doute sous-estimées. Le phénomène de 'passager clandestin' trouve là un nouveau terrain d'application. Un grand nombre de travaux sont aujourd'hui consacrés au perfectionnement de la méthode, pour minimiser les biais et les risques d'erreur, et pour améliorer à la fois les techniques de questionnement et le traitement économétrique des réponses. Amigues et al (1996) dressent une synthèse des controverses liées à la MEC et des améliorations en cours : traitement économétrique des biais, apport de l'économie expérimentale dans l'élaboration du protocole d'enquête et dans la révélation des préférences. Pour Tversky et Kahnemen (1981), la MEC demeure très sensible au contexte de son application.

En dépit des défaillances redoutées, les résultats obtenus en utilisant la MEC sont fiables et cohérents avec les résultats obtenus à l'aide des méthodes de coûts de transports ou des prix hédonistes (Cummings, 1986). L'évaluation contingente, selon Desaignes et Point (1993), ne permet pas de produire exactement les mêmes valeurs que celles que fournit le marché. La question fondamentale est donc de savoir s'il existe des biais systématiques imputables à la méthode. Les progrès dans l'élaboration des questionnaires et les procédures de test-retest et d'expériences comparées entre évaluation hypothétique et vente réelle sur les mêmes actifs, ou encore les méta-analyses permettent aujourd'hui d'éviter un bon nombre de biais et de confirmer la robustesse de la méthode d'évaluation contingente lorsqu'elle est correctement mise en œuvre.

En particulier, les acteurs interrogés semblent être en mesure d'apprécier l'importance d'un sujet: « Peut-être le plus important, il apparaît essentiel de démontrer que l'évaluation contingente peut correctement discriminer les sujets importants et les sujets triviaux » (Smith, 1995).

(ii) Problèmes liés à la mise en œuvre des protocoles Hypothétiques

La mise en œuvre de protocoles hypothétiques pour estimer les dispositions à payer des agents, a conduit à l'observation d'un certain nombre d'effets. Dans le souci d'apporter des améliorations à la mise en œuvre de la méthode, des auteurs comme Desaignes et Point (1993) se sont posés la question de savoir les principaux biais qui sont liés à la méthode contingente. Mitchell et Carson (1989) ont proposé une typologie complète des biais dans l'exercice contingent. Il s'agit notamment des biais liés à l'échantillon (Desaignes et Point, 1993), des biais hypothétiques (surestimation ou sous estimation des valeurs annoncées), des biais stratégiques, des biais informationnels et de conception liés à la nature de l'information (Willinger, 1996) ou à la question (mal) posée (Bateman et al., 2002), des biais d'inclusion (Kahneman et Knecht, 1992 ; Dachary-Bernard, 2004, 2007) et des biais de satisfaction morale (effet de Warm Glow)

1.3.2. Approches empiriques

La méthode du consentement à payer a été utilisée par plusieurs auteurs pour approcher la valeur économique de biens environnementaux et écologiques jusque là sans prix de marché. La MEC a été utilisée pour attribuer une valeur économique à différentes ressources : forêt (Yelkouni, 2005), Bien-être animal en Angleterre (Bennett, 1997), parc national de Tables de Daimiel (Judez et al, 1998), qualité air (Berger et al, 1987), déchets urbains (Mbaye, 2008), etc.

Dans le domaine spécifique de l'eau, Thiombiano (2002) analyse l'impact environnemental sur l'eau de mer de l'office togolais des phosphates à l'aide de l'approche socio-économétrique. Dans cette étude, il utilise la méthode du consentement à payer et le modèle probit a été privilégié à cause de son utilisation comme fonction probabiliste à raison de son intervalle réduit. Pour ce faire, 100 personnes concernées par la pollution ont été interrogées. Les résultats montrent que sur les 100 personnes enquêtées, 85 d'entre elles ont donné un CAP non nul. Le montant de ce CAP varie entre 50 et 10 000 FCFA. Les résultats du modèle économétrique révèlent que les variables comme artisan/commerçant, nombre de personnes en charge influencent le consentement à payer des individus à un seuil de 5%. Les variables telles l'éducation (primaire et secondaire), fonctionnaire, la distance à parcourir et la santé ont une influence sur le CAP mais à 10%. La méthode de l'évaluation contingente a aussi permis à

Soglo (2006) d'évaluer des bénéfices de l'approvisionnement en eau potable dans la ville de Parakou en République du Bénin. L'auteur aboutit au résultat selon lequel les bénéfices de l'approvisionnement en eau potable sont élevés et sont estimés à 274 FCFA par mètre cube d'eau achetée. Cette étude a concerné 300 ménages choisis parmi ceux ne disposant pas d'un branchement individuel. Les différentes études utilisant la MEC n'ont pas la même base de modélisation car il faut tenir compte des spécificités. Aussi, plusieurs variables peuvent servir à expliquer le comportement des individus. Ainsi, les paragraphes suivants présentent le modèle économétrique permettant d'expliquer la décision des usagers.

I.4. Modélisation économétrique du CAP

Dans le domaine de l'évaluation du consentement à payer des populations riveraines, plusieurs modèles sont utilisés. La méthode de l'évaluation contingente est une technique permettant d'estimer la valeur d'un bien ou d'un service environnemental. Les individus sont demandés, à travers un questionnaire, de donner leur consentement à payer ou leur consentement à accepter pour un changement dans la fourniture d'un bien environnemental. De nombreuses études d'évaluation monétaire des biens d'environnement ou de ressources naturelles ont eu recours aux modèles de choix discrets ou dichotomiques (Thiombiano, 2002 ; Yelkouni, 2005). Il s'agit des modèles logit, probit et multinomial. Cependant, ces modèles ne sont pas appropriés pour la présente recherche. En effet, le modèle probit est plus adapté lorsque la stratégie utilisée pour la révélation du CAP est une question fermée (Enchère) [Desaigues et Lesgards, 1992]. Dans la présente thèse, la technique de questionnement est basée sur la question ouverte. En ce qui concerne le modèle logit, Desaigues et Point (1993) estiment qu'il est intéressant à cause de sa forme linéarisable et de son intervalle réduit de 0 à 1. Cependant, le modèle logit tel que spécifié ne permet pas de prendre en compte l'entièreté des informations issues d'une enquête contingente. Dans les enquêtes contingentes, la probabilité de réaliser des non réponses ou des réponses fausses encore appelé « faux zéros » subsiste.

Plusieurs autres modèles existants tels le modèle multinomial, le modèle Hanemann, de Cameron et James (1987a, 1984) ont été largement critiqués (McConnell, 1990 ; Whitehead, 2001, Rambonilaza *et al*, 2007). Ces modèles posent la difficulté de la détermination de la fonction d'utilité ou de la fonction de demande. Ces modèles ont également la faiblesse de ne pas pouvoir prendre en compte les biais de sélection dans les données de panel. En dehors de ces modèles, il y a les modèles Tobit I et II qui pourraient être utilisés. Toutefois ces modèles ne permettent pas

de prendre systématiquement en compte les problèmes de sélection rencontrés dans les données de panel.

I.4.1. modèle économétrique : Méthode d'Heckman

La méthode de Heckman est une méthode permettant de corriger le biais de sélection est utilisé pour produire des estimations correctes pour les paramètres individuels et les estimations du «bien-être ». Ce modèle prend en compte le fait que la valeur fournie par une personne lors de la question de valorisation est le résultat de deux processus stochastiques potentiellement corrélés : la personne donne une valeur au bien à partir d'un modèle de choix et décide de dévoiler ou non cette valeur (c'est-à-dire son prix de réserve) selon un autre modèle de choix. Formellement, on notera d_i la variable dichotomique (0 ou 1) qui indique si l'individu i révèle la valeur qu'il accorde au bien environnemental évalué. On suppose que la variable latente mesurant le « vrai » montant du consentement à payer de l'individu i est déterminée par un ensemble x_i de variables explicatives : $CAP_i^* = x_i\beta + \sigma u_i$ (2.4)

De même, on suppose que la décision de révéler ou non son véritable consentement à payer est déterminée par le signe de la variable latente d_i^* définie par $d_i^* = Z_i\xi + \varepsilon_i$ où Z_i constitue un ensemble de variables pouvant expliquer la décision de révéler ou non son véritable consentement à payer. Plus particulièrement, $d_i = 1$ si $d_i^* \geq 0$ et $d_i = 0$ sinon.

En combinant ces deux décisions, il est clair que le véritable consentement à payer n'est observable que si $d_i = 1$ (c'est-à-dire si i décide de révéler la valeur qu'il accorde au bien). On peut donc écrire :

$$CAP_i^* = \begin{cases} CAP_i & \text{si } d_i = 1 \\ 0 & \text{si } d_i = 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

$$CAP_i^* = \begin{cases} x_i\beta + \sigma u_i & \text{si } Z_i\xi + \varepsilon_i \geq 0 \\ 0 & \text{si } Z_i\xi + \varepsilon_i < 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

On suppose que la distribution conjointe de (u_i, ε_i) est une loi normale bivariée de moyenne nulle, de variance unitaire et de corrélation ρ . Quand $\rho = 0$, les deux décisions sont indépendantes et les paramètres des deux équations peuvent être estimés séparément.

La méthode d'estimation de ce type de modèle a été proposée par Heckman. Il s'agit d'une démarche en deux étapes.

La première étape consiste à estimer l'équation de participation (c'est-à-dire la décision de révéler ou non son véritable consentement à payer) par un modèle Probit. L'obtention de l'inverse du

ratio de Mill $\lambda(z, \xi) = \frac{\phi(z, \xi)}{\Phi(z, \xi)}$ permet de passer à la seconde étape. La seconde étape consiste en

une régression (par les moindres carrés ordinaires) de CAP_i sur x_i et λ estimé, pour les seuls consentements à payer strictement positifs. Le CAP moyen est obtenu par application de la formule suivante :

$$E(CAP^* / d_i^* = 1) = x_i \beta + \rho \sigma \lambda(z, \xi) \quad (2.7)$$

Il arrive très souvent que le test de significativité de variables explicatives soit concluant quelle que soit l'appartenance à l'un des deux groupes (vraies valorisations, faux zéros) a. Si ce n'est pas le cas, alors on se trouve (peut-être) confronté à un problème de biais de sélectivité (ou biais de sélection) : les estimations obtenues à partir du sous-échantillon des non-protestataires pourraient être biaisées. En outre, la prise en compte des individus et du temps (données de panel) fait que le modèle de Heckman simple éprouve des difficultés. En effet, l'estimation d'une équation sur un sous-échantillon obtenu de façon sélective dans la population peut conduire à des biais (Heckman, 1978). En coupe instantanée, certains auteurs font intervenir une caractérisation totalement paramétrique du système, en supposant la normalité jointe des termes d'erreurs des deux équations, afin d'estimer le système par la méthode du maximum de vraisemblance. Outre le fait que cette technique suppose en général dans la pratique d'avoir recours à une programmation spécifique pour le calcul de la vraisemblance, elle conduit à effectuer un maximum d'hypothèses paramétriques pour rendre compte des comportements. C'est la raison pour laquelle, on peut lui préférer une procédure en deux étapes, la première consistant en l'estimation d'un modèle probit portant sur la variable qualitative déterminant la sélection, la seconde en une régression linéaire augmentée d'un terme issu de la première étape. L'estimateur des moindres carrés ordinaires portant sur cette régression est alors convergent et asymptotiquement normal (Heckman, 1978). Il est en outre convergent sous des hypothèses moins restrictives que l'estimateur du maximum de vraisemblance, puisque la normalité jointe des deux perturbations n'est pas nécessairement requise.

Aisée à mettre en œuvre, cette méthode ne souffre que de la seule complication pratique consistant à réaliser de façon rigoureuse le test permettant de conclure ou non à l'endogénéité de la sélection, la matrice de variance-covariance des estimateurs n'étant pas celle qui ressort de l'estimation des moindres carrés ordinaires.

Moyennant quelques hypothèses supplémentaires, la méthode en deux étapes peut aisément s'étendre aux modèles de sélection. Les travaux de Wooldridge (1995) montrent qu'il est

possible d'estimer des modèles analogues aux modèles à effets individuels sur données de panel, tout en corrigeant d'un processus de sélection éventuellement endogène. Les méthodes d'estimation sont en outre beaucoup moins coûteuses en termes de programmation et de temps de calcul que la maximisation d'une vraisemblance faisant intervenir plusieurs termes d'erreur corrélés entre eux. Le modèle en niveau de Wooldridge (1995) propose un jeu d'hypothèses permettant de généraliser aux données de panel le modèle d'Heckman. Ceci conduit au modèle suivant pour

$i = 1, \dots, N$ et $t = 1, \dots, T$, on a :

$$\begin{aligned} d_{it}^* &= z_{it}\gamma + \eta_i + \mu_{it} \\ d_{it} &= 1[d_{it}^* \geq 0] \\ w_{it} &= x_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it}, \text{ observé si } d_{it} = 1 \end{aligned} \quad (2.8)$$

La première équation décrit à nouveau une règle de sélection binaire, qui dépend d'un terme linéaire, et d'un effet individuel inobservé et constant dans le temps, mais qui peut cette fois être corrélé avec les variables explicatives. Lorsque $d_{it} = 1$, on observe la variable quantitative w_{it} qui dépend elle aussi d'un terme linéaire et d'un terme individuel inobservé le cas échéant corrélé avec les régresseurs. Les paramètres à déterminer sont β et γ , tandis que x_{it} et z_{it} sont des vecteurs de variables explicatives dépendant du temps, et composés de variables éventuellement communes. α_i et η_i sont des effets individuels invariants au cours du temps, qui peuvent être corrélés avec les variables explicatives. Enfin, μ_{it} et ε_{it} sont des termes d'erreur inobservés, indépendants en i et en t . Ils sont eux-mêmes strictement exogènes et indépendants des α_i et des η_i . Ici, les variables x_{it} et z_{it} sont supposées évoluer au cours du temps. Le formalisme s'étend aisément au cas de variables explicatives invariantes dans le temps. Wooldridge effectue quatre hypothèses (W1 à W4) afin de procéder à la détermination d'estimateurs convergents de β . Ces hypothèses sont les suivantes :

W1 : La régression de η_i sur z_i est linéaire. Wooldridge reprend ici la spécification de Chamberlain (1984) concernant la dépendance entre l'effet individuel et les variables

$$z_{it} = (z_{i1} + \dots + z_{iT}), \quad \eta_i = z_i\delta + c_i, \text{ soit } \eta_i = \sum_{t=1}^T z_{it}\delta_t + c_i \quad (2.9)$$

où c_i est un terme aléatoire. Avec cette hypothèse, le terme d'erreur est strictement exogène. Pour simplifier l'estimation, et éviter l'introduction de tous les régresseurs présents, passés et futurs, on pourrait également adopter une spécification «à la Mundlak (1978)», selon laquelle la régression ne fait intervenir que les moyennes temporelles z_i des z_{it} , et non la totalité des z_i .

W2 : Le terme d'erreur de l'équation de sélection $v_{it} = c_i + \mu_{it}$ est normal et son espérance conditionnelle à (x_{it}, z_{it}) est nulle. Cette hypothèse permet d'estimer l'équation de sélection.

W3 : La régression de α_i sur $x_{it} = (x_{i1} + \dots + x_{iT})$ et v_{it} est linéaire. On s'intéresse cette fois à l'équation portant sur la variable quantitative. L'hypothèse effectuée permet d'écrire :

$$E(\alpha_i / x_i, v_{it}) = x_i \psi + \phi_i v_{it} = \sum_{t=1}^T x_{it} \psi_t + \phi_i v_{it} \quad (2.10)$$

A nouveau, plutôt que de prendre en compte les valeurs passées, présentes et futures des x_{it} , on pourrait se restreindre à leur moyenne temporelle \bar{x}_i , en adoptant la formulation de Mundlak (1978), reprise par Nijman et Verbeek (1992), et Zabel (1992).

W4 : L'espérance du terme d'erreur ε_{it} conditionnelle à (x_i, z_i) et à v_{it} ne dépend pas de (x_i, z_i) et est linéaire en v_{it} . En d'autres termes : $E(\alpha_i / x_i, z_i, v_{it}) = E(\varepsilon_{it} / v_{it}) = \rho_i v_{it}$ (2.11)

Cette formulation est moins restrictive, tout en aboutissant à une forme analogue à celle qui consiste à supposer la normalité jointe entre ε_{it} et v_{it} .

Au total, en combinant W3 et W4, on aboutit à :

$$\begin{aligned} E(\alpha_i + \varepsilon_{it} / x_i, z_i, d_{it} = 1) &= E(\alpha_i / x_i, z_i, d_{it} = 1) + E(\varepsilon_{it} / x_i, z_i, y_i, d_{it} = 1) \\ &= w_i \psi + (\phi_i + \rho_i) E(v_{it} / x_i, z_i, d_{it} = 1) \\ &= w_i \psi + (\phi_i + \rho_i) \lambda_{it} \end{aligned} \quad (2.12)$$

où λ_{it} est l'inverse d'un ratio de Mill obtenu à partir de l'équation de sélection :

$$\lambda_{it} = \frac{\phi \left(\frac{z_{it} \gamma + z_i \delta}{\sigma_t} \right)}{\phi \left(\frac{z_{it} \gamma + z_i \delta}{\sigma_t} \right)} \quad (2.13)$$

où σ_t est l'écart-type de v_{it} . Si on note $w_i = \phi_i + \rho_i$, il en résulte pour le sous-échantillon sur lequel la variable w_{it} est observée : $w_{it} = x_{it} \beta + x_i \psi + w_i \lambda_{it} + e_{it}$ (2.14)

avec $E(e_{it} / x_{it}, z_i, d_{it} = 1) = 0$

La procédure d'estimation proposée par Wooldridge est alors la suivante :

- i) Estimer, période par période, et par la méthode du maximum de vraisemblance une équation de sélection sous forme réduite :

$$d_{it}^* = z_{it}\delta_t + v_{it}, \text{ ou } d_{it}^* = \sum_{t=1}^T z_{it}\delta_{it} + v_{it} \quad (2.15)$$

et en déduire un estimateur convergent $\hat{\lambda}_{it} = \frac{\varphi\left(z_i \hat{\delta}_t\right)}{\phi\left(z_i \hat{\delta}_t\right)}$ (2.16)

de chacun des λ_{it} . Ce modèle est en fait un sur-modèle de celui décrit par l'hypothèse W1. Les paramètres sont en effet moins contraints. Le fait d'estimer cette équation période par période ne permet donc pas de déterminer des estimateurs de γ et δ sans calcul complémentaire.

- ii) Estimer l'équation : $w_{it} = x_{it}\beta + x_i\psi + \omega_t\lambda_{it} + e_{it}$, par les moindres carrés ordinaires sur l'échantillon empilé, après avoir substitué $\hat{\lambda}_{it}$ à λ_{it} . L'estimateur obtenu pour (β, ψ, ω) est convergent et asymptotiquement normal pour N infini. Wooldridge fournit également une forme analytique de la matrice de variance-covariance des estimateurs. On notera toutefois qu'il suppose implicitement dans sa procédure d'estimation les termes d'erreur vit indépendants en i et en t, puisqu'il procède à l'ajustement d'un modèle probit séparé à chacune des dates $t = 1, \dots, T$. Cette démarche se justifie par le fait que cette régression n'est qu'instrumentale, et qu'il cherche seulement à obtenir des estimateurs convergents des paramètres afin de corriger du biais de sélectivité dans l'équation quantitative. Finalement l'équation à estimer après l'estimation période par période du modèle probit est :

$$CAP_{it} = x_{it}\beta + x_i\psi + \omega_t\lambda_{it} + e_{it} \quad (2.17)$$

1.4.2. Définition des variables du modèle

Il s'agit de décrire les variables du modèle et de donner les signes probables des variables. Il y a deux grands types de variables : les variables dépendantes et les variables indépendantes.

1.4.2.1. Variables dépendantes

Le modèle à estimer comprend deux étapes. Il s'agit s'abord de régresser la disposition à payer (DAP) qui est une variable binaire à l'aide du modèle probit pour chaque période. Ainsi, le DAP prend la valeur 1 si le ménage interrogé accepte de payer pour l'amélioration de la qualité du barrage et 0 sinon. Dans la seconde étape, c'est la régression du consentement à payer (CAP) sur

les régresseurs en utilisant comme méthode d'estimation, les MCO ou les MCG (Moindres carrés généralisés).

1.4.2.2- Variables indépendantes

Plusieurs variables pourraient contribuer à expliquer la volonté à payer d'un ménage.

L'âge du chef de ménage (*age*) et son carré (age^2): c'est l'âge du chef de ménage exprimé en années. Il s'agit de vérifier si les chefs de ménages âgés sont plus sensibles à la qualité de l'eau du barrage que les moins âgés, les plus âgés étant supposés être plus informés sur les modifications de la qualité de l'eau du barrage et de sa capacité. Dans cette étude, il est attendu un signe positif de l'âge et de son carré sur le CAP. Cette présomption est conforme aux résultats empiriques de certaines études (Ervin et Ervin, 1982 ; Sidibé, 2004 ; Asrat et al. 2004). **Le sexe du chef de ménage (*sex*):** cette variable est une variable binaire, c'est-à-dire 1 si homme et 0 sinon. En général, les femmes sont plus sensibles aux modifications liées à l'environnement que les hommes. On s'attend à un CAP plus élevé chez les chefs de ménages femmes comparativement à celui des hommes. **La main d'œuvre disponible dans le ménage (*mainoeuv*):** la main d'œuvre disponible est le nombre d'actifs travaillant pour assurer le bien-être du ménage. Un ménage qui comporte un nombre d'actifs important est capable de générer un revenu annuel élevé et serait capable de mieux contribuer à l'amélioration de l'état du barrage.

Le niveau d'éducation (*educ*): En général, les instruits sont plus sensibles aux problèmes environnementaux notamment aux problèmes de pollution des sources d'eau. Pour Thiombiano (2002), la variable significative qui peut entraîner les populations à donner un CAP élevé est le niveau d'instruction ou d'éducation. En effet, parmi les individus instruits, ceux ayant un niveau d'instruction supérieur devraient avoir une contribution plus importante que les autres. Cette variable comprend plusieurs modalités : alphabétisé, primaire, secondaire, supérieur et non instruit.

La taille du ménage (*taille*): c'est le nombre de personnes qui sont à la charge du chef de ménage. Elle peut affecter le consentement à payer du chef étant donné que le CAP constitue une dépense. Un ménage à grande taille est plus disponible à investir dans la conservation de la qualité de l'eau et du sol (Ervin et Ervin, 1982 Asrat et al. 2004, Illukpitiya et al.2004, Sidibé, 2004). Il est attendu un signe positif de cette variable. **La profession du chef de ménage (*Profess*):** la variable profession est importante dans l'évaluation du CAP. En effet, les personnes ayant une activité en rapport avec le barrage (agriculteur, éleveur, pêcheur, maraîcher...) seront enclins à contribuer fortement pour une meilleure protection du barrage.

La perception de l'état du barrage (*percept*) : cette variable mesure la perception que les fermiers ont de l'état du barrage. Elle prend la valeur 1 si le chef de ménage perçoit la dégradation du barrage comme un problème sérieux et 0 sinon. Les paysans qui perçoivent la pollution et l'ensablement comme un problème sont plus aptes à investir dans les activités de préservation des ressources environnementales notamment les sols et les eaux. Dans cette étude, la perception est supposée avoir un effet positif sur le CAP. Des études antérieures ont obtenu un effet positif de cette variable sur les décisions de conserver le sol (Adégbidi et al. 1999 ; Ervin et Ervin, 1982 ; Asrat et al. 2004). **Le respect des règles (*resp*)** : cette variable permet de vérifier si les utilisateurs de l'eau du barrage respectent les règles établies. Par exemple, il est demandé aux maraichers de respecter la distance de 100 mètres pour les cultures menées autour de la digue. Le respect ou non des règles peut également influencer la disposition à payer de l'interrogé.

La position de parcelle (*poscel*): cette variable est dichotomique, il s'agit de savoir si la parcelle est située du côté de la rive du barrage ou pas. Une parcelle située du côté de la rive accentuerait l'ensablement si les techniques CES ne sont pas pratiquées par ce ménage. Un tel ménage devrait être plus enclin à contribuer monétairement à l'amélioration de l'état du barrage.

L'appartenance au comité local de l'eau (*CLE*): un chef de ménage appartenant à un CLE connaît les enjeux d'une bonne gestion du barrage. Il aura une grande propension à payer par rapport à son homologue qui n'y fait pas partie. Cette variable prend la valeur 1 si le chef de ménage appartient au CLE et 0 sinon. **L'utilisation des techniques CES (*ces*)** : c'est une variable binaire (1 si utilisation d'une technique CES et 0 si non). Soit le ménage utilise les techniques CES ou non. Un ménage qui utiliserait des techniques CES serait disposé à contribuer pour l'aménagement du barrage. **La santé (*san*)** : cette variable permet de mesurer l'effet de la pollution du barrage sur la santé humaine. On notera 1 si un membre de la famille a été déjà malade durant les trois mois précédents dû à l'état du barrage et 0 sinon.

Les ménages victimes de la pollution du barrage seront beaucoup disposés à contribuer à l'amélioration du barrage parce que leur santé en dépend (Thiombiano, 2002). **Le revenu annuel (*revan*)** : c'est la somme des revenus engrangés par un ménage sur les douze mois. La disposition à contribuer d'un individu est liée à sa capacité financière. On s'attend à ce qu'un ménage plus riche contribue plus qu'un ménage pauvre. Plus le revenu annuel baisse, moins on est prêt à payer (Yelkouni, 2005).

I.4.3. Stratégie d'estimation et tests économétriques

L'usage des données de panel vient de l'hypothèse que la sensibilité de l'utilisateur peut différer d'une période d'abondance à une période de pénurie.

Dans le bassin versant de Yitenga, les villages riverains n'ont pas les mêmes activités. Il est vrai que l'agriculture et l'élevage sont les plus développés mais certaines activités (tannerie) dont l'exécution est en rapport avec le barrage ne sont pas pratiquées dans tous les villages. On suppose que certains covariants peuvent être corrélés avec les effets individuels. Ainsi, la méthode d'estimation à utiliser est celle des effets fixes (Wooldridge, 2002). Cette méthode est combinée avec celle de l'estimation à deux étapes de Heckman qui permettrait de prendre en compte l'auto-sélection. Toutefois cette méthode exclut toutes les variables constantes dans le temps. Pour contourner cette difficulté, la méthode d'estimation Least Squares of Dummy Variables (LSDV) peut être utilisée. Quelques tests économétriques sont nécessaires pour s'assurer de la qualité des modèles utilisés. Il y a les tests d'adéquation d'ensemble, d'endogénéité, de sélection et surtout de Hausman. Wooldridge (2002) préconise le test de Hausman comme test de discrimination entre les modèles à effets fixes (FE) et les modèles à effets aléatoires (RE). Du point de vue de la modélisation, l'élément important du choix entre les modèles FE et RE est la corrélation entre les effets individuels (hétérogénéité non observée) et les variables explicatives du modèle. Après estimation des deux modèles, le test de Hausman est effectué pour apprécier la possible corrélation entre les effets individuels et les variables explicatives. La statistique du test est la suivante :

$$H = \left(\hat{\delta}_{FE} - \hat{\delta}_{RE} \right) \left[\text{Asy var} \left(\hat{\delta}_{FE} \right) - \text{Asy var} \left(\hat{\delta}_{RE} \right) \right]^{-1} \left(\hat{\delta}_{FE} - \hat{\delta}_{RE} \right) \square \chi^2(M) \quad (2.18)$$

où M représente le nombre de paramètres variant dans le temps et $\hat{\delta}$ le vecteur des paramètres qui exclut les paramètres invariants dans le temps. La logique du test est la suivante :

$$\begin{cases} H_0 : \delta_{FE} = \delta_{RE}; & RE \text{ valide} \\ H_1 : \delta_{FE} \neq \delta_{RE}; & RE \text{ non valide} \end{cases}$$

La règle de la décision du test consiste à accepter H0 si $H \leq \chi^2(M)$ et à refuser H0 si $H > \chi^2(M)$.

La section suivante expose les fondements théoriques et présente le modèle économétrique permettant de mettre en place des techniques de conservation des eaux et des sols (CES). La mise en place des techniques CES par les populations riveraines est une forme d'attachement à la ressource (barrage).

II-Techniques de conservation des eaux et des sols dans le bassin versant de Yitenga

II.1- Démarche théorique

Il s'agit principalement de relever les différentes théories économiques qui expliquent et motivent le choix de la mise en œuvre des nouvelles technologies surtout des CES et leur diffusion. Deux principales théories sont discutées dans cette section à savoir la théorie de l'innovation-diffusion et celle de la décision d'adoption des nouvelles technologies.

II.1.1- Théorie de l'innovation-diffusion

La théorie de l'innovation-diffusion élaborée par Rogers (1983) fournit les fondements théoriques pour la présente étude. En effet, pour Rogers, la diffusion est un processus par lequel une innovation est communiquée à tout moment aux membres d'un système social à travers certains canaux. Une innovation est une idée, une pratique ou un objet qui est perçu comme nouveau par un individu ou d'autres unités d'adoption. Pour cette présente recherche, les pratiques de conservation des sols telles que les cordons pierreux, le composte, le zaï, le paillage, les demi-lunes, les diguettes etc, sont considérées comme des innovations. Le modèle innovation-diffusion stipule qu'une technologie a circulé de sa source vers les utilisateurs finaux par l'intermédiaire des agents. Sa diffusion par les utilisateurs potentiels dépend pour la plupart des attributs personnels de l'utilisateur final. Le modèle affirme en outre que la technologie en question est appropriée pour l'utilisation à moins qu'elle ne soit empêchée par le manque de communication effective (Negatu et Parikh, 1999). Selon Rogers (1983) un certain nombre de facteurs interagissent pour influencer la diffusion de certaines innovations. Les facteurs majeurs qui influencent le processus de diffusion proviennent de l'innovation elle-même ; il s'agit de savoir comment l'information concernant l'innovation est communiquée, le temps et la nature du système social dans lesquels la technologie a été introduite (Rogers, 1983). La recherche sur la diffusion ou sur l'adoption analyse comment ces facteurs et un certain nombre d'autres facteurs interagissent pour faciliter ou obstruer la progression de l'adoption d'une technologie spécifique parmi les utilisateurs finaux (Surry, 1997).

Surry (1997) élucide les quatre facteurs les plus largement utilisés et les concepts de diffusion étroitement liés et discutés par Rogers (1983): le processus de décision de l'innovation, l'innovativité individuelle, le taux d'adoption et les attributs perçus. En ce qui concerne le processus de décision de l'innovation, le modèle décrit la diffusion comme un processus à travers lequel un individu passe tout le temps et peut être vu comme ayant des étapes bien

définies (Demeke, 2003). Rogers (1983) identifie cinq phases dans le procédé innovation-adoption: la connaissance, la persuasion, la décision, la mise en œuvre et la confirmation. Selon cette théorie, “les adoptants d’une innovation peuvent apprendre sur l’innovation, être persuadés des mérites de l’innovation, décider d’adopter les outils de l’innovation et confirmer - réaffirmer ou rejeter- la décision d’adopter les innovations (Surry, 1997)”. L’innovativité comme le définit Rogers (1983) est un degré pour lequel un individu ou une autre unité d’adoption est relativement le premier adoptant de nouvelles idées que les autres membres du système.

Le point central de ce concept est que les individus qui sont plus prédisposés à être innovateurs pourront adopter en premier une innovation que ceux qui sont moins prédisposés (Surry, 1997).

Le troisième procédé largement appliqué au concept de diffusion est le taux d’adoption qui selon Rogers signifie la vitesse avec laquelle une innovation est adoptée par les membres d’un système social. La théorie affirme que les innovations sont diffusées à tout moment dans un modèle qui semble être une courbe en forme de S allongé. Cela signifie une avancée de l’innovation à travers une période de récession, une croissance graduelle avant l’expérimentation d’une période de croissance relativement rapide. Après cette période de croissance rapide, le taux d’adoption de l’innovation deviendra graduellement stable et déclinera éventuellement (Surry, 1997). Mais il y a une variation dans la pente de la courbe en S d’une innovation à l’autre (Rogers, 1983). Le concept d’attributs perçus implique que les adoptants potentiels évaluent une innovation basée sur leur perception avec un regard sur les cinq attributs de l’innovation que sont l’essai, l’observabilité, l’avantage relatif, la complexité et la compatibilité. La théorie dit qu’une innovation connaîtra une vitesse de diffusion très élevée si les adoptants potentiels percevaient que l’innovation (i) peut être essayée sur un échantillon avant l’adoption, (ii) a un avantage relatif par rapport aux autres innovations, (iii) n’est pas complexe et (iv) est compatible avec les pratiques existantes et les valeurs culturelles (Demeke, 2003). Rogers (1983) indique qu’en combinant les cinq éléments perçus comme attributs d’une innovation, les facteurs tels que le type d’innovation-décision, la nature des canaux de communication diffusant les innovations à des phases variées dans les procédés d’innovation-décision, la nature du système social dans lequel l’innovation est diffusée et l’extension de changement des efforts de promotion des agents dans la diffusion de l’innovation ont un effet sur le taux d’innovation-adoption.

II.1.2- Théorie de la décision d'adopter des technologies nouvelles.

L'adoption de technologies améliorées ou nouvelles dans l'agriculture a attiré l'attention des économistes parce que la grande majorité des populations des pays en développement tirent leur moyen de subsistance de la production agricole et parce qu'il y a des opportunités pour accroître l'output et avoir des niveaux de revenu plus élevés avec ce que les changements technologiques peuvent offrir (Feder et al, 1985). Les études de l'adoption se relient à l'utilisation ou à la non utilisation d'une technologie particulière par les agriculteurs en un point du temps ou pendant une longue période de temps. L'adoption présume cependant que des technologies existent et les études de cette adoption procèdent à l'analyse des déterminants de si et quand l'adoption a lieu (Colman et Young, 1989).

La décision d'adopter une technologie ou une pratique nouvelle améliorée peut être vue comme une décision d'investissement (Caswell et al, 2001). Cette décision peut impliquer d'importants coûts fixes, alors que les avantages sont réalisés au cours du temps. Le choix d'adopter ou ne pas adopter une technologie nouvelle est donc basé sur une évaluation d'un certain nombre de facteurs techniques, économiques et sociaux. Le dispositif technique d'une nouvelle technologie peut avoir une conséquence directe sur le processus décisionnel. Il s'avère que plus l'innovation est techniquement compliquée, moins il est attrayant pour beaucoup d'agriculteurs (Colman et Young, 1989). Les possibilités potentielles de la nouvelle technologie en terme d'augmenter les rendements réduisant le coût de production et provoquant un bénéfice élevé, sont aussi essentiellement importantes. Le problème est que lorsqu'une technologie est présentée, l'incertitude est très élevée quant à la maîtrise du fonctionnement de cette innovation avec l'expertise locale. En outre, il est difficile de prédire ses résultats avec certitude. Cependant avec le temps, comme les agriculteurs adoptent et se familiarisent avec cette nouvelle technologie, l'incertitude et les coûts qui lui sont associés baissent (Caswell et al, 2001). Quelques agriculteurs peuvent ne pas adopter la technologie s'ils pensent simplement qu'elle ne fonctionnera pas dans leurs milieux ou si la taille ou le type d'activités agricoles ne conviendra pas à la technologie en question (Griliches, 1957). Pour ce qui concerne la rationalité des agriculteurs, Manig (1991) donne son point de vue : « les objectifs et le raisonnement des agriculteurs peuvent être très différents de ceux du scientifique ».

Ils doivent se rendre compte du risque et peuvent avoir une multiplicité d'objectifs qui pourraient ne pas inclure la maximisation du rendement ou du bénéfice. Ils doivent prendre des décisions complexes au sujet de l'attribution des ressources rares, en tenant compte des interdépendances entre différentes entreprises.

Ces décisions sont prises dans un contexte de l'économie entière du ménage y compris la consommation, le revenu non agricole et la multiplicité des objectifs" (Manig, 1991). Rogers (1983) déclare que les caractéristiques d'une technologie donnée sont d'importants déterminants de l'adoption. En outre, les caractéristiques de l'agriculteur telles que l'âge, la taille du ménage, la superficie du champ, l'éducation, l'expérience et les entreprises agricoles en sont également des facteurs pouvant influencer sur la décision d'adoption.

II.2- Modélisation

L'objectif poursuivi est de déterminer les facteurs qui peuvent amener un ménage à adopter une technique de conservation ou non. En d'autres termes, il s'agit de chercher à déterminer le rôle joué par chaque caractéristique des ménages (âge, sexe, niveau d'instruction, revenus, etc.), les caractéristiques de son environnement, les ressources disponibles, etc., dans son choix du type de technique. Pour ce faire, il faut écrire un modèle économétrique qui respecte la nature particulière de la variable à expliquer (le type de technique de CES). C'est, en effet, une variable qualitative, et non pas numérique. Corrélativement, c'est une variable discrète, à la différence des variables continues, elle prend un nombre limité de modalités. En effet, les ménages disposent dans leur répertoire de plusieurs techniques de CES.

Dans ces conditions, la théorie économique recommande de recourir aux modèles multinomiaux, ou plus précisément à des modèles à variable expliquée qualitative multinomiale. Ils sont au nombre de trois : modèles multinomiaux ordonnés, séquentiels et non ordonnés. Parmi ces différents modèles, le modèle multinomial non ordonné est retenu. En effet, on ne peut pas *a priori* classer les types de CES les uns par rapport aux autres, c'est-à-dire affirmer par exemple que la technique du zaï est meilleure que celle de la demi-lune, elle-même meilleures par rapport à la technique des haies vives, etc. ; chacune de ces techniques ayant ses avantages et ses inconvénients (coût de mise en œuvre, coût d'opportunité, ...). Dans la famille des modèles multinomiaux, on peut distinguer deux grandes classes suivant que ces modèles satisfont ou pas l'hypothèse d'indépendance des alternatives non pertinentes (IANP). Cette hypothèse traduit le fait que le rapport de deux probabilités associées à deux événements particuliers est indépendant des autres événements. Ces modèles sont les Logit multinomiaux indépendants, conditionnels et universels. Les modèles multinomiaux non ordonnés sont des modèles permettant de décrire des choix individuels en présence d'utilité stochastique. Tous ces modèles satisfont l'hypothèse IANP, cependant, une telle hypothèse pose des problèmes de cohérence dans certaines modélisations économiques. On fait souvent recours dans certains cas aux modèles logit emboîtés pour tenir compte des disparités géographiques.

II.2.1- Modèles multinomiaux non ordonnés

Dans la pratique, les modèles non ordonnés sont les plus fréquents. Dans cette catégorie, on trouve notamment le modèle logit multinomial et le modèle logit conditionnel de McFadden qui sont les modèles les plus utilisés et qui constituent une extension du logit binaire. Cependant, si ces modèles sont simples à utiliser, ils posent toutefois un problème de cohérence en raison d'une propriété peu réaliste d'indépendance des états non pertinents. C'est pourquoi, des modèles alternatifs ont été développés comme le modèle logit hiérarchisé ou le modèle probit multinomial. Ces derniers requièrent toutefois des techniques d'estimation relativement complexes. Le modèle logit multinomial a été introduit à la fin des années 60 par McFadden (1968) et Theil (1969). Par la suite, il y a eu des extensions à savoir les modèles *GEV* (*Generalized Extreme-Value Logit Models*), introduits par McFadden (1978), dont le logit emboîté (*Nested Logit*) est un cas particulier et les modèles logit à coefficients aléatoires (Revelt et Train, 1998).

II.2.1.1- Approche empirique

Boskin a utilisé le logit multinomial comme modèle de comportement, où le choix de la profession est déterminé par des critères monétaires qui sont, d'une part, les coûts de formation nécessaires pour accéder à un emploi relevant d'une profession donnée, d'autre part le salaire que l'individu espère en retirer. Pour expliquer le choix d'une profession, Boskin (1974) a proposé un modèle économique simple. Il a supposé que l'individu prend sa décision sur des critères monétaires. Il compare les professions en évaluant, pour chacune d'elles, le coût de formation nécessaire pour l'exercer, et le gain (le salaire) qu'il espère en retirer. Pour appliquer son modèle, Boskin a pu disposer (ou reconstituer) des données où il connaissait à la fois le groupe professionnel de chaque individu de son échantillon, et les coûts de formation et salaires potentiels que chaque individu devait payer ou pouvait percevoir compte tenu de ses propres caractéristiques. Il a estimé son modèle sur plusieurs sous-populations de salariés, selon leur sexe (homme/femme) et leur groupe racial (Blanc/Noir). Boskin a par exemple trouvé que les effets respectifs du salaire potentiel et du coût de la formation sur le choix professionnel étaient de 1.084 et de - 0.001 lorsque le modèle était estimé sur la sous-population constituée uniquement de Blancs, et 0.072 et - 0.010 lorsqu'il l'était sur la sous-population des Noirs. Le modèle a donc permis à l'auteur de réaliser de bons résultats.

Une autre étude ayant utilisé le modèle multinomial non ordonné est celle de Schmidt et Strauss (1975). Ces auteurs ont étudié la discrimination sur le marché du travail, en se demandant s'il y avait égalité d'accès aux différentes professions entre les hommes et les femmes, entre les Blancs

et les Noirs. Ils se sont posés des questions comme : un homme et une femme, ayant terminé leurs études au même âge et ayant travaillé le même nombre d'années, ont-ils pour autant les mêmes chances d'être cadres ? Ils ont appliqué à leurs données un logit multinomial expliquant la variable « *catégorie professionnelle* » par les quatre descripteurs socio-démographiques retenus. Ils ont par exemple trouvé qu'à même niveau d'études, même expérience professionnelle et même sexe, un Blanc avait 3,5 fois plus de chances qu'un Noir d'être ouvrier qualifié plutôt qu'ouvrier non qualifié. Autre exemple : à niveau d'éducation, expérience professionnelle et groupe ethnique donnés, un homme avait 3 fois plus de chances qu'une femme d'être cadre plutôt qu'employé.

Dans le cadre de la mise en place du programme de subventions destiné à lutter contre le chômage endémique lié à la crise économique du début des années 70 aux Etats Unis en 1977-1978, Perloff et Watcher (1979) ont évalué l'utilité de ce programme en régressant la variation en pourcentage de l'emploi dans la $i^{\text{ème}}$ firme, notée y_i^* , sur différentes variables explicatives incluant notamment une variable dummy indiquant si l'entreprise participe au programme ou non. Etant donné que les premiers résultats de ces régressions n'étaient pas satisfaisants, ils ont alors regroupé les entreprises en cinq classes (S_j) et ensuite estimé un modèle non ordonné de type logit multinomial en essayant de modéliser la probabilité : $p_{i,j} = \text{prob}(y_i^* \in S_j)$ en utilisant les mêmes variables explicatives que dans leurs premières estimations. Dans leur modèle les variables $x_{i,j}$ sont indépendantes des modalités ($X_{i,j} = X_i$) et les coefficients β_j varient avec les modalités. Cette procédure de Perloff et Watcher a aboutit à de meilleurs résultats que les MCO de y_i^* sur X_i .

II.2.1.2. Modèle d'analyse

Soit un individu i ($i = 0, 1, 2, \dots, N$) ayant à faire un choix entre différentes techniques de CES.

L'objectif poursuivi est de déterminer les facteurs qui peuvent amener un ménage à adopter au moins une des techniques de conservation ou non. On se restreint aux différentes techniques existantes dans la zone. La variable à expliquer est donc le choix d'une des techniques de conservation des eaux et des sols. Elle peut prendre $m + 1$ modalités indicées $j = 0, 1, 2, \dots, m$, supposées mutuellement exclusives pour chaque individu i . Posons y_i la variable représentant ce choix.

$$\sum_{j=0}^m \text{Pr ob}(y_i = j) = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (2.19)$$

La probabilité associée à chaque réponse est définie par :

$$\Pr ob(y_i = j) = F_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad \forall j = 0, 1, 2, \dots, m_i \quad (2.20)$$

Supposons qu'un individu ait à effectuer un choix rationnel entre $m + 1$ modalités procurant $m + 1$ niveaux de satisfaction différents pour l'individu. On postule que les choix rationnels peuvent être représentés par une fonction d'utilité. Rappelons qu'une fonction d'utilité $U(\omega)$ est définie à une transformée croissante près : si la fonction $h(\cdot)$ est une fonction croissante et continue, $h(U(\omega))$ est une autre fonction d'utilité associée au même pré ordre que celui de $U(\omega)$. On considère le cas où le niveau d'utilité est stochastique et décrit par une fonction $U(\cdot)$ dépendant d'un terme aléatoire. Ce choix peut se justifier par une mauvaise perception de la qualité des différentes modalités ou en raison d'une grande difficulté à évaluer de façon certaine les niveaux d'utilité. On pose que pour chaque modalité $j = 0, 1, 2, \dots, m$, l'utilité de l'individu s'exprime sous la forme suivante :

$$U_i = U(x_j, \varepsilon_j) = v(x_j) + \varepsilon_j, \quad j = 0, 1, 2, \dots, m \quad (2.21)$$

où $v(\cdot)$ est une fonction continue déterministe et où ε_j est une variable aléatoire, c'est-à-dire dont la loi est décrite par la fonction de densité $f(\cdot)$ et la fonction de répartition $F(\cdot)$. On suppose que les perturbations ε_j , ($j = 0, 1, 2, \dots, m$) sont indépendantes. Ainsi l'utilité aléatoire associée à la $j^{\text{ème}}$ modalité dépend des caractéristiques propres à cette modalité. On définit une variable polytomique y qui prend $m + 1$ modalités suivant les choix de l'individu :

$y = j$ si l'individu choisit la $j^{\text{ème}}$ modalité ($j = 0, 1, 2, \dots, m$). Dès lors, la probabilité qu'un individu choisisse la modalité j correspond à la probabilité que cette modalité lui confère un niveau d'utilité supérieure à toutes les autres modalités qui s'offrent à lui.

De façon générale, quelle que soit la modalité ($j = 0, 1, 2, \dots, m$) on a :

$$\Pr ob(y = j) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\prod_{\substack{k=0 \\ k \neq j}}^m F[v(x_i) - v(x_k) + \varepsilon_j] \right) f(\varepsilon_j) d\varepsilon_j \quad (2.22)$$

En supposons que la loi des perturbations soit la loi des valeurs extrêmes, on obtient :

$$\Pr ob(y = j) = \frac{\exp[v(x_j)]}{\sum_{k=0}^m \exp[v(x_k)]} \quad (2.23)$$

Pour un échantillon de N individus indicés $i = 1, \dots, N$, ayant les mêmes préférences que l'individu de référence, sous les hypothèses d'indépendance des perturbations ε_j et sous une hypothèse particulière sur la distribution des ces perturbations, on montre que la probabilité que l'individu i choisisse la modalité j , $\forall j = 0, \dots, m$, est définie par :

$$\text{Pr ob}(y_i = j) = \frac{\exp[v(x_{i,j})]}{\sum_{k=0}^m \exp[v(x_{i,k})]} \quad (2.24)$$

où $x_{i,j}$ désigne la valeur du vecteur de variable explicative pour l'individu i conditionnant le choix de la $j^{\text{ème}}$ modalité. La fonction $v(\cdot)$ peut être linéaire ou continue. Dans ce cas, chaque individu a ses caractéristiques propres à lui et de plus les paramètres β_j sont dépendants des modalités prises par la variable explicative. Par conséquent il est plus judicieux de recourir au modèle logit multinomial. La fonction $v(\cdot)$ est donc linéaire.

On a un modèle où la probabilité que l'individu i choisisse la technique j s'écrit :

$$\text{Pr ob}(y_i = j) = \frac{\exp[v(x_{i,j})]}{\sum_{k=0}^m \exp[v(x_{i,k})]} \quad (2.25)$$

où la fonction $v(\cdot)$ est linéaire, les paramètres β_j diffèrent selon les modalités et que les variables explicatives varient uniquement en fonction des individus, c'est-à-dire :

$v(x_{i,j}) = x_i \beta_j$. En remplaçant $v(\cdot)$ par sa forme fonctionnelle dans la probabilité, on a :

$$\text{Pr ob}(y_i = j) = \frac{\exp[x_i \beta_j]}{\sum_{k=0}^m \exp[x_i \beta_k]}, \quad i = 1, 2, \dots, N \text{ et } j = 0, 1, 2, \dots, m \quad (2.26)$$

On suppose désormais que les modalités possibles de la variable Y ($j = 0, 1, \dots, m$) ne sont le reflet d'aucun classement ou d'aucune hiérarchie sous-jacente ; l'ordre dans lequel sont rangées les différentes occurrences de Y est sans importance et ne doit pas affecter le calcul des probabilités de ces occurrences. Dans ce contexte, on privilégie une approche en termes de fonction d'utilité : on suppose désormais que chaque occurrence m induit pour l'individu un niveau spécifique de satisfaction U_{im} qui détermine le choix de cet individu. Ainsi, l'individu i choisit la modalité m si :

$$U_{im} = \max \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{im}\} \quad (2.27)$$

On peut penser que l'utilité que retire un individu i de la modalité m n'est pas la même que celle que retirerait un autre individu i' de cette même modalité : cette utilité est susceptible de varier en fonction de caractéristiques propres à chaque individu :

$$U_{im} = U_m \{X_{2i}, X_{3i}, \dots, X_{ki}\} = X_i \beta_m \quad (2.28)$$

En introduisant le terme aléatoire on obtient l'équation ci-dessous.

$$U_{im} = U_m \{X_{2i}, X_{3i}, \dots, X_{ki}\} + \varsigma_{im} = X_i \beta_m + \varsigma_{im} \quad (2.29)$$

U_{im} représente l'utilité retirée par l'individu i du choix de la modalité m , X_i caractéristiques propres de l'individu i et β_m les coefficients spécifiques à la modalité m mais communs à tous les individus. Comme la fonction d'utilité est ordinale, la hiérarchie des préférences qu'elle décrit n'est pas affectée par une transformation monotone croissante de cette fonction. Ainsi, en procédant à la transformation suivante (qui consiste à retrancher $X_i \beta_0$ aux « utilités » attachées aux différentes modalités) :

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{i0} = X_i \beta_0 + \varsigma_{i0} \rightarrow U'_{i0} = X_i (\beta_0 - \beta_0) + \varsigma_{i0} \\ U_{i1} = X_i \beta_1 + \varsigma_{i1} \rightarrow U'_{i1} = X_i (\beta_1 - \beta_0) + \varsigma_{i1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_{im} = X_i \beta_m + \varsigma_{im} \rightarrow U'_{im} = X_i (\beta_m - \beta_0) + \varsigma_{im} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_{iM} = X_i \beta_M + \varsigma_{iM} \rightarrow U'_{iM} = X_i (\beta_M - \beta_0) + \varsigma_{iM} \end{array} \right. \quad (2.30)$$

On ne modifie pas l'ordre des préférences et donc des choix. Dans ces conditions, et en prenant la précaution de poser que $\beta_m^* = \beta_m - \beta_0$, il est possible d'écrire que :

$$\Pr ob \{Y_i = 0\} = \frac{1}{1 + \sum_{m=1}^M \exp^{X_i \beta_m^*}}, \quad \Pr ob \{Y_i = m_0\} = \frac{\exp^{X_i \beta_{m_0}^*}}{1 + \sum_{m=1}^M \exp^{X_i \beta_m^*}} \quad \text{pour } m_0 > 0 \quad (2.31)$$

Par la suite, et pour des raisons de commodité, on occultera l'astérisque qui affecte les différents coefficients. Mais on devra se souvenir que b_{jm} doit désormais être interprété comme représentatif des conséquences d'une modification unitaire de X_j sur la probabilité que le choix de l'individu se porte sur la modalité m plutôt que sur la modalité 0 (si le coefficient b_{jm} est positif cela signifie qu'un accroissement de X_j tend à rendre plus probable le choix m par rapport au choix 0).

II.2.1.3.- Estimation du modèle Logit multinomial

Tout comme dans le cas du modèle logit dichotomique, l'estimation des paramètres des modèles logit multinomiaux peut se faire de différentes façons : (i) méthodes du maximum de vraisemblance; (ii) méthodes de moments (GMM, moments simulés, etc.) et (iii) méthodes non

paramétriques et semi-paramétriques. Pour l'estimation du modèle Logit multinomial non ordonné, la méthode du maximum de vraisemblance sera utilisée. Comme vu précédemment, la vraisemblance associée à un modèle logit multinomial indépendant à $m+1$ modalités s'écrit en fonction de m vecteurs de paramètres $\beta_j, j=1,2,\dots,m$ du fait de la normalisation $\beta_0 = 0$. Ainsi l'estimation des paramètres du modèle logit multinomial s'effectue alors en maximisant la log-vraisemblance par rapport aux vecteurs de paramètres $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$. Les coefficients β_j sont obtenus par maximisation de la Log Vraisemblance de l'échantillon d'estimation. La Log Vraisemblance de l'échantillon d'estimation s'écrit de la façon suivante (Greene, 2000) :

$$LnL = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^J \delta_{ij} \ln P_{ij}, \text{ avec } P_{ij} = \beta_j x_i - \ln \left(1 + \sum_{k=1}^J e^{\beta_k x_i} \right). \text{ En remplaçant } P_{ij} \text{ dans la fonction de}$$

$$LnL, \text{ on abouti à l'expression suivante : } LogL = \sum_{i=1}^N \sum_{m=0}^M \delta_{im} X_i \beta_m - \sum_{i=1}^N \sum_{m=0}^M \delta_{im} \text{Log} \left(1 + \sum_{h=1}^M \exp^{X_i \beta_h} \right)$$

où, on le rappelle, $\delta_{im} = 1$ si, *de facto*, i choisit la modalité m et $\delta_{im} = 0$ sinon.

II.2.1.4- Interprétation des coefficients

Soient les probabilités d'adoption suivantes :

$$P_{im} = \frac{\exp^{X_i \beta_m}}{1 + \sum_{h=1}^M \exp^{X_i \beta_h}} \text{ et } \frac{P_{im}}{P_{i0}} = \frac{\frac{\exp^{X_i \beta_m}}{1 + \sum_{h=1}^M \exp^{X_i \beta_h}}}{\frac{1}{1 + \sum_{h=1}^M \exp^{X_i \beta_h}}} = \exp^{X_i \beta_m} \quad (2.32)$$

Si β_{jm} est positif, tout accroissement de la valeur de X_{ji} contribue à rendre plus probable le choix de la modalité m par rapport à celui de la modalité 0. Après estimation des différents coefficients on peut calculer les effets marginaux et les élasticités. L'effet marginal d'une variation de X_j sur la probabilité que l'individu choisisse m (plutôt que 0):

$$Em(P_{im} | X_i) = \frac{d\Phi \left(X_i \hat{\beta}_m \right)}{d \left(X_i \hat{\beta}_m \right)} \cdot \frac{\partial X_i \hat{\beta}_m}{\partial X_j} = \Phi \left(X_i \hat{\beta}_m \right) \cdot \hat{\beta}_{mj} = \phi \left(X_i \hat{\beta}_m \right) \cdot \hat{\beta}_{mj} \quad (2.33)$$

L'élasticité de ce choix par rapport à X_j est donnée par :

$$\varepsilon(P_{im} | X_i) = \frac{\partial P_{im}}{\partial X_j} \cdot \frac{X_j}{P_{im}} = \frac{d\Phi \left(X_i \hat{\beta}_m \right)}{d \left(X_i \hat{\beta}_m \right)} \cdot \frac{\partial X_i \hat{\beta}_m}{\partial X_j} \cdot \frac{X_j}{\Phi \left(X_i \hat{\beta}_m \right)} \quad (2.34)$$

$$\varepsilon(P_m | X_i) = \frac{\partial P_m}{\partial X_j} \cdot \frac{X_j}{P_m} = \frac{d\Phi(X_i \hat{\beta}_m)}{d(X_i \hat{\beta}_m)} \cdot \frac{\partial X_i \hat{\beta}_m}{\partial X_i} \cdot \frac{X_{ij}}{\Phi(X_i \hat{\beta}_m)} = \frac{\phi(X_i \hat{\beta}_m)}{\Phi(X_i \hat{\beta}_m)} \cdot \hat{\beta}_{mj} X_{ij}$$

Pour Richefort (2009), lorsque les différents coefficients sont estimés, on peut calculer l'effet marginal d'une variation de x_i sur la probabilité que le ménage agricole choisisse la technologie m plutôt que la technologie 0 en appliquant les formules ci-après :

$$\frac{\partial P_m}{\partial x_i} = P_m \left[\beta_m - \sum_{k=0}^J P_k \beta_k \right] \text{ où l'élasticité de ce choix par rapport à } x_i \text{ est donnée par :}$$

$$\frac{\partial P_m}{\partial x_i} * \frac{x_i}{P_m} = x_i \left[\beta_m - \sum_{k=0}^J P_k \beta_k \right]. \text{ On note que les valeurs de l'effet marginal comme de l'élasticité}$$

dépendent du point à partir duquel on les mesure. Pour cette raison on les calcule le plus souvent au point moyen. Ce modèle a été utilisé par Richefort (2009) pour l'estimation des choix technologiques pour l'irrigation de la canne à sucre à l'île de Réunion. Appliqué à un échantillon de 87 agriculteurs, l'auteur trouve que les choix technologiques individuels sont conditionnés par des facteurs agro-économiques et sociaux. Il montre aussi que l'acquisition d'informations dans le réseau associatif de la part des agriculteurs réduit la valeur d'option de l'adoption et accélère le rythme de diffusion des technologies d'irrigation les plus sophistiquées.

II.2.2- Variables du modèle

Les variables du modèle se décomposent en deux groupes: Endogènes et exogènes.

II.2.2.1- Variables endogènes

Les variables endogènes du modèle sont principalement les techniques telles les cordons pierreux, les diguettes, le zaï, les bandes enherbées, les fosses fumières, les haies vives et aucune technique. Dans le modèle la variable aucune, est prise comme la variable de référence.

II.2.2.2- Variables exogènes

La décision d'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols dépend d'un ensemble de facteurs.

L'âge de l'agriculteur (age) : cette variable représente le nombre d'années et peut jouer en faveur ou en défaveur de la mise en œuvre des techniques de conservation. En effet, un agriculteur (homme ou femme) peut acquérir de l'expérience au sujet des cultures (Young et Shortle (1984) et peut réagir en faveur des structures de rétention.

Cependant, il est montré que des agriculteurs plus âgés sont réfractaires vis à vis des pratiques en matière de conservation comme le montrent les résultats des recherches précédentes (Gould et al, 1989) d'où la présence du terme quadratique (age^2). Ainsi, nous nous attendons à ce que l'âge ait un effet positif ou négatif sur la conservation. Cependant les résultats empiriques de certaines études (Ervin et Ervin, 1982 ; Sidibé, 2004 ; Asrat et al. 2000) montrent que les effets de l'âge et l'âge au carré sur l'adoption des CES sont positifs. **Le niveau d'éducation (educ)** : c'est une variable dummy, qui prend la valeur 1 si le chef de ménage est éduqué et 0 sinon. En théorie, un homme ou une femme éduquée améliore sa productivité. Cette hypothèse est supportée par les résultats d'autres études sur le CAP pour la protection de l'environnement et l'adoption des pratiques de conservation des sols (Tegegne, 1999 ; Illupkitiya et al, 2004 ; Ervin et Ervin, 1982 ; Sidibé, 2004).

L'effet de la taille du ménage (size) sur les structures de conservation peut être positif ou négatif. Ceci se réfère au nombre d'individus dans le ménage. En effet, un ménage à grande taille est plus disponible à investir dans la conservation du sol (Asrat et al. 2004). D'autre part, les familles de grande taille peuvent avoir besoin de plus de terres pour réaliser leurs besoins de subsistance. Il peut arriver que les ménages de grande taille aient tendance à éviter d'entreprendre les investissements ou à détruire ces structures de conservations (Bekele et Holden, 1998). Par conséquent un terme quadratique ($size^2$) est ajouté pour tester la concavité de la relation. Son signe est difficilement prévisible, il peut être négatif ou positif. **La disponibilité en main d'œuvre (adult)** : c'est une variable quantitative. Elle représente le nombre de membres de plus de 15 ans dans le ménage (Randrianarison, 2001). On s'attend à ce qu'un ménage ayant plus d'actifs soit favorable à la mise en œuvre des techniques CES qui sont consommatrices de temps. Cette variable diffère de la taille du ménage, en ce sens où les membres d'un ménage ne sont pas tous des actifs. **La pente du champ (Slope)** est aussi supposée affecter l'adoption des structures de conservation. La pente est un indicateur de vraisemblance de l'érosion des sols (Lapar et Pandey, 1999). Par conséquent, on présume que l'adoption tend à être probable sur des pentes raides (inclinées). Cette variable est binaire et prend 1 si la pente du champ est inclinée et 0 sinon.

L'activité principale (Act) : cette variable prend deux modalités : 1 si agriculture et 0 sinon. En matière de conservation de sol, la prise en compte de l'activité principale est nécessaire. En effet, si l'agriculture n'est pas la principale activité, le revenu non agricole ne sera pas investi dans la conservation du sol (Gebremedhin et Swinton, 2003).

Des études empiriques ont conclu aux deux effets : positif (Ervin et Ervin, 1982 ; Clay et al., 1998), et négatif (Mbarga-Semgalawé et Folmer, 2000 ; Abera, 2003) sur la conservation du sol.

Le revenu non agricole (Nonagri) : l'emploi non agricole ou l'emploi en dehors du champ génère un revenu au ménage et peut influencer positivement ou négativement sur la conservation des sols. Le travail utilisé dans les activités hors champ du ménage et générant des revenus est en concurrence avec le travail qui doit être utilisé comme input dans les activités de conservation des sols. Cependant le revenu hors champ peut relaxer la contrainte de liquidité nécessaire aux investissements de conservation des sols ou à l'achat des fertilisants augmentant ainsi les inputs (Bekele et Holden, 1998). **Le revenu (Incom)** du ménage peut être un facteur déterminant de l'adoption. Plus le revenu du ménage est élevé, plus il serait amené à investir dans la conservation des sols. Ainsi le revenu du ménage à travers ses dépenses de consommation, est supposé influencer positivement sur l'adoption des pratiques de conservation.

La superficie de la parcelle (Sup) : cette variable est exprimée en hectare. Il est démontré que la superficie totale de champ emblavée est positivement corrélée au revenu (Castano et al, 2005). Il est attendu un signe positif de cette variable. **La variable présence (Présence) :** elle représente le nombre d'années d'exploitation d'une parcelle par l'exploitant actuel. Intuitivement, on peut affirmer qu'un vieux exploitant sera davantage motivé à adopter des techniques appropriées pour la conservation de sa parcelle par rapport à un nouvel occupant. Cependant, certaines études (Randrianarison, 2001) montrent que les parcelles nouvellement acquises font l'objet de conservation des sols, plus que les anciennes.

Le coût de la mise en œuvre de la technique (Cost) : la mise en œuvre des structures de conservation nécessite un minimum d'outils agricoles. Le coût de ces outils peut décourager les agriculteurs plus pauvres à adopter les techniques de conservation des sols. Ainsi on s'attend à ce que le coût influe négativement sur la conservation des sols. **Le travail (work) :** elle mesure la quantité de travail (homme-jour) pour la mise en œuvre d'une technique de conservation. Plus la quantité de travail exigée par la technique est élevée et plus faible sera l'adoption. En effet, le ménage fait des arbitrages entre les différentes alternatives qui s'offrent à lui et décide de l'allocation de son temps disponible.

La perception de l'érosion (Percept) : cette variable mesure la perception que les fermiers ont de l'érosion. Elle prend la valeur 1 si le chef de ménage perçoit la dégradation du sol comme un problème sérieux (pouvant entraîner la perte de productivité agricole et la pollution du barrage) et 0 sinon. Les paysans qui perçoivent l'érosion comme un problème sont plus aptes à investir dans les activités de conservation des sols.

Dans cette étude, la perception est supposée avoir un effet positif sur l'adoption des CES. Des études antérieures ont obtenu un effet positif de cette variable sur les décisions de conserver le sol (Adégbidi et al. 1999 ; Ervin et Ervin, 1982 ; Asrat et al. 2004). **L'accès au marché (Accmar)**: elle prend la valeur 1 si le transport des marchandises est aisé ou relativement aisé et 0 sinon. Lapar et Pandey (1999) ont montré que l'accès au marché permet de capturer les effets de plusieurs variables. Ainsi, les fermiers ayant accès au marché sont plus enclins à accroître la productivité de leur sol ou tout au moins à les maintenir en vue de saisir des opportunités de gain sur le marché. Ils trouveront la conservation du sol économiquement attractive (Clarke, 1992). Cette variable a pour proxy dans cette étude, la qualité du déplacement du champ au marché. Selon Lanpar et Pandey (1999), cette variable influence positivement le CAP des paysans pour la pratique des mesures de conservation des sols. **L'accès au crédit (acdi)** : le crédit est un des éléments importants pour l'investissement dans le secteur agricole. Particulièrement, l'accès au crédit peut aider à accélérer la mise en œuvre des techniques CES. Pour Estudillo et al (2013), l'amélioration du climat d'investissement en milieu rural passe par l'investissement dans les infrastructures et la fourniture de crédit. La non adoption de certaines techniques est souvent due au manque de moyens. Cette variable est dichotomique, elle prend la valeur 1 si l'individu a accès au crédit et 0 sinon. **Le bétail (Betail)** : le nombre de tête de bovin dont dispose le ménage. Selon Randrianarison (2001), la grande taille de cheptel bovin s'associe aussi à une plus grande probabilité d'adopter les techniques de conservation des sols. Le signe positif de la variable et sa significativité viennent du fait que le cheptel bovin représente une richesse pour le ménage. Or un ménage plus riche est plus motivé à adopter les techniques de conservation que son homologue. La possession de bétail facilite la mise en œuvre des techniques CES (compostage, ...).

La distance séparant la parcelle et le barrage (distpb) : cette variable est mesurée en kilomètre. Plus la distance qui sépare la parcelle emblavée et le barrage est faible, plus les fermiers seront disposés à adopter les techniques CES et inversement.

La sécurité de tenure (tenur) : C'est une variable dummy qui prend la valeur 1 si l'agriculteur considère qu'il peut utiliser le terrain au moins pendant 10 ans encore et 0 sinon. Il est supposé dans cette étude que la sécurité de tenure ait un effet positif sur l'adoption des techniques de conservation des sols. Cette hypothèse est soutenue par plusieurs études dont Asrat et al, 2004; Illukpitiya et al. 2004 ; Sidibé, 2004). **L'assistance (assist)** : c'est une variable dummy, qui indique toutes les formes de soutien (matériel, technique, financier et autres) apporté aux agriculteurs afin de les encourager à la pratique de la conservation des sols. Il est donc espéré

que dans un environnement où de multiples projets sont impliqués dans les actions de développement agricole et l'assainissement, la propension à investir dans la conservation des sols soit élevée. Il est attendu de cette variable un signe positif.

L'appartenance à un comité local de l'eau (CLE) : cette variable est binaire et prend la valeur 1 si l'individu appartient au CLE et 0 sinon. En effet, si l'individu appartient au CLE, il sera plus enclin à adopter les techniques CES au regard des effets de la pollution du barrage dûs aux résidus des activités agricoles.

Le régime foncier (réf): cette variable prend 1 si propriétaire et 0 sinon. Deux signes sont attendus avec cette variable : positif si propriétaire et négatif si locataire. Le régime foncier est un facteur déterminant dans la décision d'adopter ou non les mesures de préservation des sols. Un propriétaire terrien aura plus de volonté à investir dans les techniques CES pour conserver la fertilité du sol et empêcher l'ensablement du bassin par ses activités agricoles. A contrario, le locataire n'a pas les mêmes incitations que le propriétaire. La section suivante porte sur l'évaluation du bénéfice de la protection du barrage de Yitenga.

III- Bénéfice de la protection du barrage de Yitenga par l'approche des ménages ruraux

Cette section commence par le cadre théorique justifiant l'importance de l'approche et aborde par la suite le cadre opératoire découlant du développement théorique.

III.1- Fondements théoriques

Le fondement théorique de cette partie du travail repose sur le comportement du ménage agricole ou du producteur-consommateur. Le ménage agricole par définition est l'ensemble des individus vivant sous un même toit et partageant le même repas et dont les décisions de production et de consommation sont prises sous la direction d'un seul chef appelé chef de ménage.

Selon Colman et Young (1989), la théorie du ménage rural analyse l'entreprise du ménage agricole comme une unité de production et de consommation dans les pays en développement ; c'est-à-dire que les prises de décision de production et de consommation ont lieu dans la même unité.

Le fondement analytique de la théorie d'un ménage rural est basé sur les travaux de Chayanov (1923), de Barnum et Squire (1979) et de Singh, Squire et Strauss (1986). Une étude de

Haggblade et al (2004) a montré que la majorité des ménages ruraux dans les pays en développement, adopte des stratégies orientées vers la subsistance et est exposée au risque; et fonctionne avec une infrastructure technologique limitée. La rareté du capital est leur principale caractéristique. Par conséquent, le seul facteur qu'ils ont en abondance est leur ressource travail. Cette main d'œuvre du ménage peut être employée dans diverses activités. Ellis (1983) souligne que le ménage rural alloue une partie de son temps à la production et consacre l'autre partie au loisir de sorte à maximiser son utilité. Par contre, selon Berhanu (1999), en milieu rural, surtout dans les zones sahéliennes, la période agricole assez courte incite les ménages à entreprendre d'autres activités (mesures de conservation des eaux et des sols, les projets Food-For-Work, activités de contre saison,...) qui influencent positivement le revenu du ménage au détriment du loisir. Ce comportement est expérimenté au Niger dans le cadre des initiatives pour la garantie de la sécurité alimentaire (Adelski et Bissala, 2002). Cette base théorique servira à comprendre les décisions en matière de choix de production et de consommation. Aussi, elle servira à l'évaluation des bénéfices tirés par les ménages riverains de la protection du barrage qui n'est qu'une résultante de leurs décisions.

Le modèle de ménage agricole s'intéresse au comportement des ménages d'agriculteurs, qui constituent dans les pays pauvres l'essentiel des habitants de zones rurales et dont l'activité a des répercussions sur les ménages ruraux non agricoles. Il est important de noter qu'il est très rare de voir des ménages ruraux ne pratiquant pas d'activités agricoles. C'est un modèle qui offre une représentation simultanée des comportements de production, d'offre et de demande de travail et de consommation des ménages, prenant ainsi en compte la réalité des ménages agricoles, qui regroupent en général toutes ces activités en une seule entité (Spielvogel, 2011). Dans cette dynamique, le comportement du ménage agricole apparaît comme une contradiction à la théorie économique classique du consommateur et du producteur, en ce sens où ses décisions de consommation et de production sont prises conjointement. En réalité, le comportement du ménage agricole n'est pas contradictoire à la théorie classique car l'outil utilisé n'est pas le même à cause de la nature de l'agent étudié (producteur-consommateur).

Le modèle de ménage agricole permet de comprendre que ces paradoxes, ou cette impression d'inertie des ménages agricoles, ne sont que des apparences et que leur origine réside dans les contraintes auxquelles font face ces derniers, particulièrement les défaillances de marché. La « cohabitation » au sein d'une même entité des activités productives et de consommation et la présence de défaillances de marché peuvent en effet conduire à une absence apparente de réaction face à des modifications de l'environnement économique, voire à des réactions «

perverses », apparemment irrationnelles. C'est notamment le cas des élasticités négatives de l'offre des céréales au Burkina Faso. En effet, Thiombiano (1997) montre qu'il est possible d'avoir des élasticités négatives de l'offre des céréales en examinant le comportement des ménages ruraux qui sont des producteurs consommateurs. Cette conclusion permet de dire que l'offre céréalière ne répond pas positivement à une augmentation du prix du marché par rapport aux autres biens en ce sens que la production céréalière est une épargne non monétaire du ménage sahélien.

L'élasticité négative de l'offre des céréales peut être interprétée comme une contradiction à la théorie classique de l'offre qui stipule que la quantité offerte d'un bien augmente lorsque son prix augmente. Cette théorie est vérifiée lorsqu'on fait l'hypothèse toute chose étant égale par ailleurs. Dans le contexte des ménages producteurs-consommateurs, cette attitude n'est pas forcément un paradoxe mais est plutôt vue comme une stratégie de survie en ce sens qu'elle traduit l'anticipation des populations rurales comme réponse aux situations alimentaires défavorables et au caractère volatile des prix. La base de l'analyse s'est reposée sur le concept du revenu-objectif¹¹ qui détermine l'attitude du producteur-consommateur. Le comportement du ménage agricole est souvent expliqué par la nature des marchés. Deux situations peuvent se présenter : le cas où les marchés fonctionnent parfaitement et le cas où un ou plusieurs marchés sont « défaillants ». Dans le premier cas on parle de modèle séparable et dans le second de modèle non séparable.

III.2- Modèles d'analyse

Les modèles d'analyse comprennent les modèles séparables et les modèles non séparables.

III.2.1- Modèles séparables

En microéconomie, il est habituel de modéliser séparément les comportements de production, de consommation et d'offre de travail. Le modèle de ménage agricole réunit ces trois comportements en un seul modèle. Autrement, c'est un modèle qui est développé pour tenir compte du comportement d'agents mixtes. Il permet de mettre en évidence les interactions entre le comportement de production et celui de consommation (Sadoulet, 2006). Dans le modèle séparable, on fait l'hypothèse que tous les marchés fonctionnent parfaitement, c'est-à-dire que :

- tous les prix et le niveau des salaires s'imposent au ménage. Le ménage est vu comme un « price-taker » ;

¹¹ Somme des dépenses envisagées par le producteur au cours de l'année à venir.

- le ménage n'a pas de difficultés pour trouver la nourriture dont il a besoin ni pour vendre ses excédents sur les marchés ;
- le ménage peut sans contrainte trouver à s'employer sur le marché du travail au salaire w ;
- de même le ménage n'a pas de difficultés à trouver des employés pour travailler sur la ferme au salaire courant w .

Sous ces hypothèses le modèle est dit séparable. Cela signifie que bien que les décisions de consommation, de production et d'offre de travail soient prises simultanément, le ménage agit comme si il optimise d'abord sa production de façon à maximiser son profit agricole avant d'optimiser sa consommation en maximisant son utilité sous contrainte de ressources. Sadoulet (2006) montre que dans un contexte de marché parfait, les variables telles l'épargne et les caractéristiques du ménage n'ont aucune influence sur les décisions de production. Le modèle des ménages ruraux dans sa forme séparable ne permet pas de prendre en compte la réalité du milieu surtout dans les pays en développement comme le Burkina Faso. Ainsi, dans le cas où les ménages sont des producteurs-consommateurs, on ne peut leur appliquer la théorie du consommateur ou du producteur sous sa forme classique. Les ménages ruraux au Burkina Faso semblent beaucoup plus proches du modèle de ménage non séparable (Zahonogo, 2002). Dans la présente thèse, l'accent est mis sur le modèle non séparable.

III.2.2- Modèles non séparables

En pratique, les marchés dans les pays en développement sont souvent « défaillants ». On dira qu'un marché est défaillant lorsque le coût de réaliser une transaction sur ce marché est supérieur au bénéfice en termes d'utilité que cette transaction procure (De Janvry, Fafchamps, Sadoulet, 1991). L'inexistence du marché est le cas extrême (coût de transaction infini). En pratique le marché peut exister, mais certains ménages peuvent choisir de ne pas y recourir car le coût est pour eux trop important. La notion de défaillance du marché est donc ici spécifique au ménage. Quand le ménage fait face à une ou plusieurs défaillances de marché sur les produits qu'il échange (a , m ou l), le modèle n'est plus, a priori, récursif. Cela signifie qu'il n'est plus possible de le résoudre en deux étapes. Pour De Janvry, Fafchamps et Sadoulet (Op.cit), le marché du bien agricole et celui du travail sont généralement défaillants. La formalisation du problème du ménage producteur-consommateur peut s'écrire comme suit :

$$\begin{cases}
\underset{q_a, q_c, q_l, q_x, c_a, c_m, c_l}{Max} \quad u(c_a, c_m, c_l, z^h) & (a) \\
s / c & \\
g(q_a, q_c, q_l, q_x, z^h) = 0 & (b) \\
p_x q_x + p_m c_m = + p_c q_c + S & (c) \\
c_a = q_a & (d) \\
c_l = E - q_l & (e) \\
p_i = \bar{p}_i \text{ pour } i = c, x, m & (f)
\end{cases} \quad (2.35)$$

Où (b) la fonction de production du ménage, (c) la contrainte budgétaire, (d) et (e) les conditions d'équilibres et (f) les prix exogènes au ménage c'est -à-dire fixés par le marché.

Le lagrangien de ce programme s'écrit de la façon suivante :

$$\underset{q_a, q_c, q_l, q_x, c_a, c_m, c_l}{Max} \quad L = \left[U + \lambda (p_c q_c + S - p_x q_x - p_m c_m) + \phi g + \mu_a (q_a - c_a) + \mu_l (E - q_l - c_l) \right] \quad (2.36)$$

Les conditions de premier ordre sont les suivantes :

$$\begin{cases}
\frac{\partial L}{\partial q_c} = \lambda p_c - \phi g'_c = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial q_a} = \lambda p_a + \phi g'_a = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial c_m} = \frac{\partial u}{\partial c_m} - \lambda p_m = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial c_k} = \frac{\partial u}{\partial c_k} - \mu_k = 0 \text{ avec } k = a, l \\
\frac{\partial L}{\partial q_x} = -\lambda p_x + \phi g'_x = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial q_l} = -\mu_l + \phi g'_l = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial \phi} = g = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial \lambda} = p_c q_c + S - p_x q_x - p_m c_m = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial \mu_a} = q_a - c_a = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial \mu_l} = E - q_l - c_l = 0
\end{cases} \quad (2.37)$$

De ces conditions de premier ordre, on peut déduire les prix suivants :

$$\begin{cases} \bar{p}_a = \frac{\mu_a}{\lambda}; \bar{p}_l = \frac{\mu_l}{\lambda}, \text{ prix fictifs pour } a \text{ et } l \\ \bar{p}_i^* = \bar{p}_i \text{ pour } i = c, x, m \end{cases} \quad (2.38)$$

En combinant ces dernières conditions, on obtient la contrainte budgétaire totale. Elle s'écrit :

$$p_x q_x + p_m c_m + p_a^* c_a + p_l^* c_l = p_c q_c + p_a^* q_a + p_l^* (E - q_l) + S \quad (2.39)$$

Egalement, en se basant sur les conditions de premier ordre du modèle non séparable, on peut réécrire les décisions des prix d'équilibre comme suit :

$$\phi g_i' = \lambda p_i^*, i = c, a$$

$$\phi g_j' = \lambda p_j^*, j = l, x$$

$$g = 0$$

$$u_k' = \lambda p_k^*, k = m, a, l$$

$$\sum_{k=a,m,l} p_k^* c_k = \sum_{i=a,c} p_i^* q_i - \sum_{j=x,l} p_j^* q_j + p_l^* E + S, \text{ avec la condition d'équilibre } \begin{cases} c_a = q_a \\ c_l = E - q_l \end{cases}$$

Finalement, on obtient la décision de production par la maximisation de la fonction de production : $q_i = q_i(p_a^*, p_c^*, p_l^*, p_x^*, z^q)$, $i = a, c, l, x$

A partir de ces fonctions d'offre, on peut calculer aisément le profit associé.

$$\Pi^* = \sum_{i=a,c} p_i q_i - \sum_{j=l,x} p_j q_j. \text{ Ce profit ainsi calculé est utilisé dans le calcul du revenu total.}$$

$y^* = \Pi^* + p_l^* E + S$. Ce revenu est utilisé dans la maximisation de l'utilité du ménage en vue d'obtenir les fonctions de demande des biens.

$$c_k = c_k(p_a^*, p_m^*, p_l^*, y^*, z^h), i = a, m, l, \quad (2.40)$$

Les conditions assurant l'équilibre sont maintenant données par :

$$c_a(p^*, y^*, z^h) = q_a(p_a^*, p_c^*, p_l^*, p_x^*, z^q)$$

$$c_l(p^*, y^*, z^h) = E - q_a(p_a^*, p_c^*, p_l^*, p_x^*, z^q)$$

Le modèle semi structurel peut s'écrire finalement :

$$\begin{cases} q_i = q_i(p_a^*, p_c^*, p_l^*, p_x^*, z^q), i = a, c, l, x \\ c_k = c_k(p_a^*, p_m^*, p_l^*, y^*, z^h), i = a, m, l, \end{cases} \quad (2.41)$$

$$\text{Avec } p_j^* = p_j^*(p_x, p_m, p_c, z^q, z^h, E, S), j = a, l \quad (2.42)$$

Contrairement au modèle séparable, dans le modèle non séparable, les caractéristiques du ménage, le temps total disponible (E) et les transferts (S) influencent les décisions de production (Sadoulet, 2006). En substituant dans le modèle semi structurel les prix p_j^* par leur expression, on obtient le modèle structurel tel que défini :

$$\begin{cases} q_i = q_i(p_x, p_m, p_c, z^q, z^h, E, S), i = a, c, l, x \\ c_k = c_k(p_x, p_m, p_c, z^q, z^h, E, S), k = a, m, l \end{cases} \quad (2.43)$$

Dans cette thèse, le système suivant est retenu :

$$\begin{cases} q_i = q_i(p_a, p_c, p_l, p_x, z^q, z^h, E, S), i = a, c, l, x \\ c_k = c_k(p_a, p_m, p_l, z^q, z^h, E, S), k = a, m, l \end{cases} \quad (2.44)$$

De ces fonctions de demande et d'offre on peut calculer les élasticités globales de la demande et de l'offre. La réponse de l'offre par rapport au prix est donnée par la formule suivante :

$$E^G(q_i / p_j) = E(q_i / p_j) + E(q_i / p_a^*)E(p_a^* / p_j) + E(q_i / p_l^*)E(p_l^* / p_j), i = a, c; j = c$$

De même, la réponse de la demande par rapport au prix est :

$$E^G(c_k / p_k) = E(c_k / p_j) + E(c_k / p_a^*)E(p_a^* / p_j) + E(c_k / p_l^*)E(p_l^* / p_j), k = m, l; j = m$$

III.2.2.1- Forme fonctionnelle de la production des ménages

La fonction de production est une relation quantitative entre ce qui est utilisé dans l'entreprise (les facteurs ou leurs services et les matières premières) et ce qui en sort (les produits) sous réserve que l'on ait utilisé ces facteurs de manière efficace (sans gâchis). Cette relation est le plus souvent analysée, par souci de commodité, avec un seul produit et deux facteurs, le capital (stock de capital), noté K, et le travail (services du travail), noté L. On a alors la fonction de production : $Q = F(K; L)$. Elle peut prendre plusieurs formes : linéaire, quadratique, quadratique normalisée¹² (Minten, 2006), semi-logarithmique, double logarithmique. La fonction de production Cobb-Douglas est de plus en plus utilisée au regard de son apport à l'analyse des phénomènes microéconomiques et macroéconomiques.

¹² Pendant ces trois dernières décennies, l'utilisation des modèles quadratiques, translog, et généralisés Leontief (GL) est devenue plus familière dans l'analyse théorique (Lau, 1972 ; Diewert, 1971) et empirique de la production agricole. Ils ont l'avantage d'être plus flexibles, du fait de leur capacité d'offrir des approximations de deuxième ordre à toute fonction arbitraire. Ils partagent des caractéristiques communes de linéarité des paramètres et permettent l'estimation des effets de l'interaction entre deux variables dépendantes. Ils conviennent aussi à la plupart des hypothèses des théories économiques sur l'analyse de la production agricole.

Au niveau microéconomique, la fonction Cobb-Douglas est beaucoup utilisée pour mesurer la réponse de l'output comme résultat de l'utilisation des inputs dans la production. Cette forme fonctionnelle permet d'avoir directement les élasticités de production. Cette fonction s'écrit de façon classique comme suit : $Y = f(L, K) = AL^\alpha K^\beta$ avec $0 < \alpha < 1$ et $0 < \beta < 1$, A représente le progrès technique. Le logarithme népérien permet d'obtenir la forme linéarisée suivante : $\ln Y = \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K$. L'utilisation des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) est bien appropriée pour ce type de fonction. Elle a été utilisée par plusieurs auteurs dans leurs études de cas.

En effet, Robillard (1998) a fait recours à cette forme fonctionnelle pour l'estimation de la production du riz en Madagascar. Dans ce présent travail, la forme Cobb-douglas est retenue pour l'estimation de la production des biens identifiés. Sa mise en œuvre est aisée et l'estimation par les MCO est également appropriée.

La dérivation du programme du producteur-consommateur a conduit à la fonction d'offre suivante : $q_i = q_i(p_x, p_m, p_c, z^q, z^h, E, S)$, $i = a, c, l, x$, où a représente le bien agricole alimentaire, c le produit de rente, l la main d'œuvre utilisée et x les intrants. Pour ces quatre équations à estimer, chacune d'elle dépend des prix, des caractéristiques de la production (Z^q), les caractéristiques du ménage (Z^h), du temps total disponible E et des transferts. En considérant les arguments de la fonction de production, les arguments autres que les prix ne prendront pas le logarithme. Cela se justifie par le fait que certaines variables sont binaires et très faibles. La formulation est donc la suivante :

$$q_i(p_a, p_c, p_l, p_x, z^q, z^h, E, S) = \alpha_0 P_a^{\alpha_1} P_c^{\alpha_2} P_l^{\alpha_3} P_x^{\alpha_4} e^{\sum_{j=1}^J \beta_j Z^j + \sum_{i=1}^N \lambda_i Z^i + \sum_{b=1}^B \phi_b Z^b + E + S} \quad (2.46)$$

Après linéarisation on obtient :

$$\ln q_i = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln P_a + \alpha_2 \ln P_c + \alpha_3 \ln P_l + \alpha_4 \ln P_x + \sum_{j=1}^J \beta_j Z^j + \sum_{h=1}^N \lambda_h Z^h + \sum_{b=1}^B \phi_b Z^b + E + S, \quad i = a, c, l, x \quad (2.47)$$

III.2.2.2. - Modélisation de la demande

La théorie du consommateur constitue le fondement analytique de l'analyse en termes de demande. La demande d'un bien selon la théorie dépend essentiellement du revenu du consommateur et des prix. Dans le cadre usuel de la théorie néoclassique de la demande, les ménages ou consommateurs finaux se procurent le panier de biens de consommation qui maximisent leurs préférences, étant donné leur revenu disponible à la consommation et les prix de ces biens. La structure des préférences peut être représentée par une fonction d'utilité.

Dans ce cas, le problème des ménages s'écrit de la façon suivante : $MaxU(q) s/c pq \leq R$ (Kombaté et al, 2010), où U représente la fonction d'utilité, q le vecteur des biens demandés et p le vecteur des prix. La résolution d'un tel programme permet d'aboutir à des fonctions de demande marshalliennes. Ces fonctions de demande dépendent du revenu et des prix des biens. Dans la réalité, beaucoup de facteurs peuvent aider à mieux cerner le comportement du consommateur. En effet, dans le contexte du ménage agricole, la demande du ménage est fonction de plusieurs arguments en l'occurrence du revenu, des prix des biens agricoles, des biens manufacturés et des coûts de transaction. En effet, l'imperfection des marchés fait supporter aux ménages des coûts supplémentaires. La définition des prix doit tenir compte de ces paramètres.

II.2.2.2.1- Choix de la forme fonctionnelle

Il existe dans la littérature une panoplie de formes fonctionnelles pour modéliser les comportements des agents économiques. Ces fonctions vont des simples spécifications linéaires ou log-linéaires, à des spécifications très complexes telles que les fonctions translogarithmiques, les fonctions trinomiales, les systèmes quadratiques, les approximations locales utilisant des développements en séries de Taylor, ou des approximations globales basées sur des transformés de Fourier (Savadogo, 1990). Toutefois, les formes fonctionnelles les mieux indiquées pour modéliser les comportements des agents économiques sont celles qui visent la flexibilité (Yankam, 2004). Parmi ces formes fonctionnelles flexibles, les modèles AIDS (*Almost Ideal Demand System*) et Rotterdam, sont les plus utilisés dans l'analyse de comportement de demande, spécialement dans le domaine de l'économie agricole (Taljaard, Alemu et Van Schalkwyk, 2004). Le modèle AIDS, développé par Angus Deaton et Meulbauer (1980) à la fin des années 1970, est devenu le modèle de référence dans l'analyse de la demande et depuis lors, ce modèle a été largement adopté¹³ par les économistes agricoles. Il peut aussi satisfaire à la restriction d'homogénéité de degré zéro des fonctions de demande au niveau du revenu et des prix et à la condition de symétrie de la matrice de Slutsky (Abdelkrim, 2000). Pour Ouédraogo (2002), le modèle AIDS permet de prendre en compte toutes les catégories possibles de biens définis dans la théorie économique. De même, comme le soulignent Prais et Houthakker (1955), cette forme fonctionnelle fournit du point de vue empirique des résultats plus performants que ceux des formes linéaires, double logarithmique.

¹³ Selon Deaton et Meulbauer (1980), Alston et Chalfant (1993), Eales et Unnevehr (1994), Yankam (2004), ce modèle a été popularisé à cause de certains avantages tels l'approximation linéaire et la facilité d'estimation.

II.2.2.2.2-Spécification du modèle AIDS

Le système de demande AIDS s'inspire du système de demande PIGLOG et est obtenu par la même procédure en partant de la dérivation des fonction de $c(p,u)$.

Ils posent deux fonctions particulières qui feront en sorte que Deaton et Muelbauer (1980) montrent que les dérivés premières et secondes par rapport à ces deux arguments peuvent être fixées égales à une valeur arbitraire du coût.

$$\log a(p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j \text{ et } \log b(p) = \log a(p) + \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad (2.48)$$

à partir de ces deux équations nous pouvons écrire la fonction de coût pour la AIDS comme suit :

$$\log c(u, p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j + u \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad (2.49)$$

où α_k, β_k et γ_{kj} sont des paramètres. Afin de s'assurer que la fonction de coût sera linéaire et homogène, les conditions suivantes sont imposées sur les paramètres;

$\sum_i \alpha_i = 1, \sum_i \gamma_{ij} = 0, \sum_i \beta_i = 0$ et que $\sum_j \gamma_{ij} = 0$. Avec le lemme de Shephard, il est possible de déduire les fonctions de demande à partir de la fonction de coût ci-dessus en dérivant la fonction de coût par son prix soit $\frac{\partial c(u, p)}{\partial p_i} = q_i$ et en multipliant les deux côtés par l'expression $p_i / c(u, p)$ nous obtenons la part de consommation w_i . Si nous effectuons la différentielle logarithmique de l'équation (2.49), nous obtenons la relation suivante :

$$w_i = \alpha_i + \sum_k \alpha_k \log p_k + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i u \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad \text{où } \gamma_{ij} = \frac{1}{2} (\gamma_{ij}^* + \gamma_{ji}^*) \quad (2.50)$$

Par ailleurs, une autre restriction sur les paramètres qui provient de la condition de symétrie de la matrice de Slutsky est la suivante : $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ (Abdelkrim, 2000). Pour un consommateur qui maximise son utilité, son budget ou dépense totale sera égale au $c(u,p)$. De l'équation (2.49), nous pouvons isoler le u , qui nous donnera l'utilité indirecte, qui est fonction du revenu et des prix. En substituant l'utilité indirecte dans l'équation (2.50), nous pouvons obtenir directement les parts budgétaires :

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{R}{P} \right) \text{ ou encore } \frac{p_i C_i}{R} = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{R}{P} \right) \quad (2.51)$$

où P est l'indice de prix. D'après Asche et Wessells (1997), cette écriture est une bonne approximation de l'indice de Stone (P^*) qui s'écrit plus explicitement :

$$\log P = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j \quad (2.52)$$

Cette approximation linéaire, employée le plus souvent, facilite beaucoup l'estimation et arrive au même résultat au point de normalisation.

Seulement, l'approximation linéaire fausse les estimations des écarts types. Pour éviter ce problème, il faut normaliser les prix des produits. Donc, dans nos estimations, nous exprimons les prix des produits comme $p_i/(p_i \text{ moyen})$ avant de procéder à l'estimation. Les écart-types qui en résultent, ainsi que les paramètres de la régression, sont sans biais (Ravelosoa et al, 1999). Deaton et Muelbaeur (1980) suggère une formulation plus simple de l'indice des prix de Stone et plus facile à manipuler¹⁴ : $\log P = \sum_i w_i \log p_i$. La dérivation du modèle non séparable a permis

$$\text{d'obtenir la fonction de demande suivante : } c_k = c_k(p_x, p_m, p_c, z^q, z^h, E, S), k = a, m, l \quad (2.53)$$

Elle dépend des prix, du revenu du consommateur et d'autres caractéristiques. Pour la mise en œuvre du modèle AIDS développé ci-dessus, on doit se servir de la fonction de demande dérivée du cadre général des ménages ruraux. La demande est approchée par la part budgétaire des ménages. Ainsi dans ce travail, les biens alimentaires sont classés en groupe ainsi que les biens non alimentaires (manufacturés). Les biens alimentaires peuvent être classés en céréales, en légumes, en oléagineux et en produits ligneux. La classification des biens peut être résumée en production alimentaire culture vivrière (PACV), production agricole culture de rente (PACR), biens non agricole alimentaires (BNAA) et des biens non agricoles non alimentaire (BNANA) [voir tableau annexe 5]. Le modèle AIDS peut alors s'écrire comme suit :

$$w_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^7 \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{R}{P} \right) \quad (2.54)$$

Les élasticités de la demande issues du modèle AIDS sont calculées à partir des paramètres de la fonction de demande. Le calcul de ces élasticités requiert donc les valeurs des paramètres γ_{ij} et β_i , qu'il faut estimer. Pour cela, on introduit un élément stochastique dans la fonction de demande pour obtenir le modèle à équations simultanées suivant (Sadoulet et De Janvry, 1995):

$$w_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^J \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{R}{P} \right) + \mu_i \quad (2.55)$$

¹⁴ La plupart des auteurs recensés (Bansé (1998) et Burfisher et al (2000) dans le contexte des EGC et Ng (1997) dans un contexte micro-économétrique) utilisent l'indice de Stone.

Avec P , l'indice général des prix et w_i la part budgétaire du bien i dans le total des dépenses de consommation. On peut estimer ce système équation par équation par la méthode des moindres carrés ordinaires, mais puisque les équations sont liées entre elles, il est préférable d'utiliser la méthode d'estimation appelée Seemingly Unrelated Regression Equations (SURE). Les variables endogènes sont les parts budgétaires, et les prix et le revenu réel sont les variables explicatives.

Dans certaines études comme celle Ouédraogo (2002), les données collectées ne comportent pas de prix. La raison évoquée est celle de la faible variation ou de l'absence de variation des prix des biens sur le marché. Pour contourner cette difficulté, le modèle suivant est proposé :

$w_i = \alpha_i + \beta_i \log(y) + \sum \delta_{ih} z_h + \varepsilon_i$ où y représente la dépense totale du ménage et z_h les caractéristiques du ménage. Cette observation semble importante dans un milieu où le contrôle des prix permet d'assurer une très faible variation des prix des biens.

Cependant, les prix peuvent connaître une variation importante d'un ménage à un autre au regard des coûts supportés pour acquérir le bien. De plus si on part de l'hypothèse que les marchés sont imparfaits, la variation des prix peut être plus forte.

Finalement le modèle à estimer se présente comme suit :

$$w_{ik} = \beta_i + \sum_{k=a,m,l} \gamma_{ik} \log P_k + \sum_{h=1}^N \lambda_i Z^h + \sum_{b=1}^B \lambda_i Z^b \quad (2.56)$$

Du choix de la forme fonctionnelle de la production à celle de la consommation, le système d'équations à estimer est :

$$\begin{cases} \ln q_i = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln P_a + \alpha_2 \ln P_c + \alpha_3 \ln P_l + \alpha_4 \ln P_x + \sum_{j=1}^J \beta_j Z^j + \sum_{h=1}^N \lambda_i Z^h + \sum_{b=1}^B \phi_b Z^b + E + S + \varepsilon_i, & i = a, c, l, x \\ w_{ik} = \beta_i + \sum_{k=a,m,l} \gamma_{ik} \log P_k + \sum_{h=1}^N \lambda_i Z^h + \sum_{b=1}^B \lambda_i Z^b + \mu_i, & k = a, m, l \end{cases} \quad (2.57)$$

Ravelosoa et al (1999) relèvent une série de problèmes posés par l'estimation du modèle AIDS et proposent des solutions pour y remédier. Ces problèmes sont le biais et l'inefficacité des estimateurs. L'estimation du système d'équations ci-dessus doit être simultanée. Pour ce faire, la méthode d'estimation SURE est plus appropriée.

III.2.2.3- Variables des modèles

Les variables des modèles comprennent les variables endogènes et les variables exogènes.

Au niveau des variables endogènes, on a d'une part les variables dépendantes de la fonction de production (le logarithme de la production vivrière, de la production de rente et des quantités

d'instantanés utilisées) et d'autre part celles de la fonction de consommation (parts budgétaires pour les produits vivriers, de rente et manufacturés).

Les variables exogènes sont constituées des prix des différentes spéculations et des différentes caractéristiques des ménages, de la production et du barrage.

Le prix des biens agricoles alimentaires : plusieurs cultures sont menées autour du barrage de Yitenga. Prendre une seule spéculation comme spéculation représentative peut fausser le raisonnement. Il est plus indiqué de considérer toutes les spéculations en rapport avec le barrage et calculer un prix moyen pondéré correspondant. **Le prix des produits de rente (Pc)** : cette variable est renseignée en tenant compte du prix au producteur. **Le prix du bien manufacturé (Pm)** : c'est un prix qui se mesure au prix du marché. Toutefois, pour des raisons liées à l'imperfection du marché, on tiendra compte des coûts de transactions y afférentes à l'acquisition de ces biens. A ce niveau, on ajoutera le coût de transport supporté par l'individu pour acquérir le bien. Ce coût est additionné au prix d'achat. Sadoulet et al (2000) ont uniquement considéré la distance séparant le lieu d'habitation du ménage au marché. Ceci a été possible car dans cette étude, il n'a été considéré que le prix d'un seul bien. C'est un prix moyen. **Le prix des inputs (Px)** : ce sont des prix du marché augmentés des coûts de transactions. En effet, les imperfections du marché engendrent des coûts supplémentaires qui renchérissent les coûts de revient des biens marchands.

Les caractéristiques de la production (Z^a): il s'agit de la superficie totale utilisée par ménage, le type de sol, nombre d'actifs dans le ménage, scolarité des actifs, la taille du cheptel, la quantité d'intrants utilisée, techniques CES. **Les caractéristiques du ménage (Z^h)** : elles se résument aux variables suivantes : taille du ménage, sexe du chef de ménage, âge du chef de ménage, éducation du chef de ménage. **Les caractéristiques liées au barrage (Z^b)** : les variables comme l'accès à l'eau, quantité d'eau utilisée, distance de la parcelle par rapport au barrage. Les variables retenues pour les fonctions de production sont pour la plupart identiques à celles de la fonction de consommation. Cependant, certaines variables comme la quantité d'eau de boisson utilisée par le ménage, nombre de plats ou quantité de travail demandée sont prises en compte dans l'estimation de la fonction de demande.

III.3- Calcul du bénéfice total de la protection du barrage

De façon classique dans les études environnementales utilisant la méthode d'évaluation contingente, le bénéfice est très souvent évalué en prenant comme indicateur le CAP moyen et l'extrapoler à l'ensemble de la population utilisatrice de la ressource. L'approche par les ménages ruraux vise à dériver le bénéfice de la protection du barrage à partir de l'intégration des

fonctions de demande et d'offre. Ce bénéfice comprend deux éléments essentiels. Il s'agit du surplus total des producteurs-consommateurs et des valeurs écosystémiques offert par le barrage. Pour tenir compte de l'importance du barrage, le surplus des producteurs sera calculé en intégrant les différentes fonctions d'offre en prenant les autres variables à la moyenne de l'échantillon. Les bornes des intégrales sont les valeurs moyennes du CAP. En effet, pour tenir compte de la variabilité des préférences des usagers vis-à-vis de la ressource entre la période froide et la période chaude et pour mieux prendre en compte l'attachement des ménages au barrage, les CAP moyens constituent les bornes des intégrales.

$$Sp = \sum_{i=a,c,int} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} q_i dP_i \quad (2.58)$$

De même le surplus des consommateurs s'obtient par l'intégration des différentes fonctions de demande du bien céréalier alimentaire (a), culture de rente alimentaire (c) et bien manufacturé

$$(m). Sc = \sum_{i=a,c,m} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} (C_i dC_i - p_x x) \quad (2.59)$$

A ces deux éléments, on ajoute les valeurs écosystémiques (externalités) produites par le barrage. Dans la présente thèse, une des valeurs importantes à prendre en compte est la valeur des plantes prélevées autour du barrage pour des soins de santé. La valeur de ces plantes peut être approchée par le coût d'un produit substitut qui aurait pu être payé en pharmacie à l'absence de la plante en question. Cette valeur écosystémique est considérée comme une valeur d'usage mais elle est ignorée dans la plupart des études contingentes qui sont sensées l'intégrer. C'est pour mettre en exergue cet aspect de la valeur que cette composante de la valeur d'usage intervient dans le calcul de la valeur totale du barrage. Un autre élément à considérer est la contribution des macro-agents. Ces macro-agents sont constitués des mairies, des services techniques de l'Etat qui ont une contribution certainement plus élevée que les ménages riverains. Le bénéfice économique total du barrage est estimé à partir de la formule suivante :

$$BET = Sp + Sc + VE + CMA = \sum_{i=a,c,int} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} q_i dP_i + \sum_{i=a,c,m} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} (C_i dC_i - p_x x) + VE + CMA, \quad (2.60)$$

avec SP le surplus du producteur, SC le surplus du consommateur, VE la valeur éco systémique et CMA la contribution des macro-agents.

Pour mieux évaluer le biais d'appréciation de la valeur, il suffit de faire la différence entre le CAP total obtenu avec la méthode classique et celle-ci. Pour ce faire partons de l'équation:

$$BET = Sp + Sc + VE + CMA = \sum_{i=a,c,int} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} q_i dP_i + \sum_{i=a,c,m} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} (C_i dC_i - p_x x) + VE + CMA$$

et remplaçons CMA par son expression ($CAP_{total} = CMiA + CMA$) :

$$BET = \sum_{i=a,c,int} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} q_i dP_i + \sum_{i=a,c,m} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} (C_i dC_i - p_x x) + VE + (CAP_{total} - CMiA) \quad (2.61)$$

$$BET - CAP_{total} = \sum_{i=a,c,int} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} q_i dP_i + \sum_{i=a,c,m} \int_{\overline{CAP_{moyen}}}^{\overline{CAP_{moyen}}} (C_i dC_i - p_x x) + VE - CMiA$$

Avec $CMiA$ la contribution des micro-agents (contribution totale des ménages riverains). De là, trois situations possibles peuvent se présenter:

$$\text{si } \begin{cases} BET > CAP_{total} \rightarrow \text{biais positif d'appréciation de la valeur} \\ BET < CAP_{total} \rightarrow \text{biais négatif d'appréciation de la valeur} \\ BET = CAP_{total} \rightarrow \text{biais nul d'appréciation de la valeur} \end{cases}$$

Ce chapitre a mis en évidence les différentes théories économiques, bases explicatives des comportements des ménages dans un environnement donné. En effet, la théorie du consommateur étendue aux biens environnementaux, la théorie relative à l'innovation-diffusion, des nouvelles technologies et celle du ménage agricole ont été développées. Elles ont permis de comprendre respectivement le comportement des ménages vis-à-vis de la ressource, les mobiles théoriques de l'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols et les bases théoriques de l'évaluation du bénéfice économique total qui en découle à partir de la compréhension du comportement du ménage agricole. En outre, les modèles d'analyse notamment le modèle de Heckman à deux étapes en données de panel, le modèle multinomial non ordonné et le modèle des ménages ruraux ont été développés pour répondre aux trois hypothèses formulées. Le prochain chapitre présente la méthodologie de collecte des données (les techniques d'échantillonnage) et les résultats statistiques de la thèse.

Chapitre 3 : Méthodologie de la recherche et résultats descriptifs

L'objet de ce chapitre est de présenter les techniques d'échantillonnage et la stratégie d'enquête d'une part et les résultats statistiques d'autre part. Il est organisé en deux sections. La première section présente la méthodologie de collecte des données dans la zone du barrage de Yitenga et la seconde expose les résultats statistiques obtenus à partir des données des enquêtes menées. En général, les résultats issus des enquêtes contingentes sont contestés parce que des précautions ne sont pas prises de façon à éliminer les problèmes qui entachent la qualité des CAP annoncés. Dans ce chapitre, des techniques sont développées pour assurer la fiabilité des résultats.

I. Méthodologie de recherche

Les données qui sont utilisées dans le cadre de la présente thèse viennent principalement de des enquêtes menées auprès des ménages des populations riveraines par l'administration d'une fiche ou protocole d'enquête. L'enquête a porté sur les ménages riverains du bassin versant de Yitenga et quelques ménages de la ville de Pouytenga. Ce choix vise à comprendre et à cerner le consentement à payer des populations touchées par la pollution du barrage et son ensablement. Le choix des villages est lié à la problématique de l'eau dans la zone, des enjeux socioéconomiques qui y sont liés et de la vulnérabilité des ménages.

Pour établir des résultats dignes d'intérêt, la préparation et la réalisation d'une évaluation contingente s'accompagnent de précautions dans la constitution du questionnaire, dans l'information communiquée aux personnes interrogées, et dans le mode de réponse proposé. Cette standardisation des enquêtes vise à améliorer leur qualité générale et à faciliter les comparaisons et les critiques des résultats, gage d'une meilleure exploitation future. Bateman (1993) a dressé une méthodologie en six étapes, depuis la préparation jusqu'au commentaire des résultats (préparation, enquête, calcul, estimation, agrégation et évaluation). Cette préparation à l'exercice de l'évaluation contingente vise à éviter les biais qui peuvent survenir en l'occurrence les biais hypothétique et d'inclusion. Le biais hypothétique se manifeste lorsque les individus sont placés sur un marché fictif. Cette situation entraîne un CAP élevé sur le marché hypothétique par rapport à celui obtenu sur un marché réel.

Quant aux biais d'inclusion, il survient quand on évalue des valeurs de non usage ou d'existence. Il est lié au fait que les individus valorisent une sorte de satisfaction morale plutôt qu'une variation de leur bien-être. En d'autres termes, valoriser une espèce ou 100 espèces ne donne pas des écarts importants. C'est donc pour éviter ces différents biais qu'une attention particulière doit être portée à l'exercice de l'évaluation contingente. L'évaluation contingente s'articule autour d'un scénario hypothétique qui décrit les conditions de production (marché contingent) et de financement (mode de paiement) du bien, puis aborde sa valorisation (révélation des préférences) [Bonnieux, 1997]. Le scénario qui sert de base à l'enquête doit être réalisé avec soin. La mise en œuvre de l'exercice contingent est délicate en ce sens qu'elle détermine la qualité des résultats. Ainsi dans les paragraphes qui suivent, il est question des caractéristiques de l'étude de cas et du questionnaire.

I.1-Périodes de l'enquête

Les problèmes d'eau surtout l'eau de boisson se posent de façon permanente et sont moins tributaires des saisons. Cependant, il est important de reconnaître qu'en saison de pluie en milieu rural, les contraintes liées à l'acquisition de l'eau sont moins élevées qu'en saison sèche. En effet, en saison sèche, les ménages ont de véritables difficultés pour s'approvisionner. Cela s'explique par l'absence des pluies, la faible diversification des sources d'approvisionnement et la demande élevée en eau. Aussi, faut-il noter qu'en saison hivernale, avec l'abondance de l'eau du barrage, les usagers ne perçoivent pas les problèmes de qualité liés à l'eau. A contrario, en saison sèche, avec la diminution du niveau de l'eau, les usagers sont de plus en plus confrontés à une eau de qualité inférieure. Il est donc légitime de penser qu'en période sèche, les usagers surestiment les problèmes d'eau et le sous-estiment en saison de pluies (Soglo, 2002).

Dans l'optique d'une amélioration de la qualité de l'eau du barrage, il paraît prudent de considérer les deux périodes (saison sèche et saison de pluie). La saison sèche correspond à la période chaude ou il y a moins d'eau dans le barrage. Quant à la saison de pluie encore appelée période froide, est caractérisée par une grande disponibilité d'eau dans le barrage. Des études menées dans le domaine de l'eau et en milieu urbain ont considéré la période sèche comme période d'analyse en ce sens que les problèmes d'eau sont plus réels en saison sèche qu'en saison hivernale.

Dans la présente thèse, la prise en compte des deux périodes est justifiée car on estime que l'absence ou la faiblesse de la pratique des techniques de conservation des eaux et des sols, entraîne de graves phénomènes de pollution et d'ensablement qui débutent en saison hivernale et deviennent plus aigus en saison sèche à cause de la pratique du maraîchage. Aussi, pour ne pas minimiser l'aspect perception des usagers sur la qualité de l'eau, il est nécessaire de considérer les deux périodes.

I.2-Echantillonnage et collecte des données

Le barrage de Yitenga dessert non seulement les ménages riverains mais aussi les villes de Koupéla et de Pouytenga. Cependant, les principaux usagers restent les ménages riverains des villages environnants du barrage. En termes de répartition des eaux traitées par l'ONEA, 30% est servie à Koupéla et 70% à Pouytenga. Autrement dit, les villages riverains et la ville de Pouytenga sont les grands utilisateurs de l'eau du barrage. L'enquête va donc s'intéresser aux ménages des villages environnants dont la source principale d'approvisionnement en eau est le barrage de Yitenga et quelques quartiers de la ville de Pouytenga. La question d'approvisionnement étant d'abord un problème familial, l'unité d'enquête retenue est le ménage¹⁵. Aussi, en milieu rural, les décisions sont la plupart du temps prises au sein du ménage. Selon l'INSD¹⁶, la taille moyenne des ménages est d'environ 8 personnes (7,8). Ainsi, la taille de 8 personnes par ménage a été retenue dans cette thèse pour le calcul de l'échantillon. Ensuite, nous avons choisi la taille de notre échantillon selon un pourcentage prédéfini. Pour avoir une plus grande représentativité des ménages dans l'échantillon et compte tenu du faible nombre de ménages par village, nous avons choisi d'utiliser la méthode des quotas selon un certain nombre de critères (tableau 3.1) et le tirage aléatoire des ménages enquêtés par village/secteur.

La technique de questionnement utilisée c'est-à-dire la question ouverte n'impose pas un échantillon de très grandes tailles. Un échantillon de 240 ménages est retenu en fonction de l'influence du barrage. L'échantillon est représentatif de la population de la zone utilisatrice de l'eau du barrage selon les besoins en eau, les catégories socioprofessionnelles, le lieu de résidence. Le paragraphe suivant aborde les questions d'échantillonnage et de collecte des données.

¹⁵ le ménage défini comme un groupe de personnes, menant ensemble au moins une activité commune, partageant des repas obtenus de greniers communs et généralement pris ensemble, vivant ensemble sous l'autorité d'un chef

¹⁶ C'est l'Institut National de la Statistique et de la Démographie du Burkina Faso.

I.2.1- Echantillonnage

L'exercice de la protection du barrage de Yitenga concerne principalement les ménages riverains mais aussi la population citadine de Pouytenga. Ces populations sont en même temps « émettrices » et « réceptrices » de l'externalité positive liée à la protection du barrage de Yitenga. Ce choix permet d'interpréter le consentement à payer (CAP) des récepteurs comme étant un transfert au profit des émetteurs afin que ces derniers puissent continuer à assurer la viabilité de leurs activités et de la protection de la ressource. La constitution de l'échantillon s'effectue de la façon suivante :

- les villages et les secteurs sont choisis de façon raisonnée, c'est-à-dire en tenant compte de l'activité principale de chaque village, la proximité, le degré d'émission de déchets, etc;
- le choix des ménages s'est effectué de façon aléatoire sans présélection préalable.

I.2.1.1- Choix des villages et des secteurs de l'étude

Les villages retenus dans cette recherche ont été choisis parmi les 15 villages de la zone d'influence du barrage de Yitenga (voir Tableau 3.1). Le choix des villages s'est basé sur la méthode de la stratification (strates). En effet, dans cette méthode la population est subdivisée en plusieurs groupes appelés strates. Ces strates sont constituées à partir d'un certain nombre de critères définis à l'avance (critères de stratification). Au sein de la population étudiée, les critères de stratification ont été *l'intensité de l'influence du barrage, les activités principales, l'ethnie* et la *position des ménages par rapport au barrage*. Les données recueillies des études antérieures montrent que les villages sous influence du barrage (plus ou moins forte) sont au nombre d'une quinzaine (Yonkeu et al, 2005). Parmi ces villages, les plus importants sont ceux représentés dans le tableau 3.1.

Tableau 3. 1: Localisation des villages et communes par rapport au Barrage de Yitenga

Village/secteur	Position	Influence	Activités principales	Ethnie dominante
Yitenga	Aval	Forte	Agriculture	Mossi
Gorgo	Rive gauche	Forte	Agriculture	Mossi
Poessé	Amont	Faible	Agriculture	Mossi
Pissalogo	Amont	Forte	Agriculture	Mossi
Soulgou	Amont	Forte	Agriculture et élevage	Peul
Zaongo	Rive droite	Forte	Agriculture	Mossi
Koulbalé	Rive droite	Faible	Agriculture	Mossi
Leamentenga	amont	Faible	Agriculture	Mossi
Konlastenga	amont	Faible	Agriculture	Mossi
Commune de Koupéla	aval	Moyenne	agriculture et commerce	Mossi
Commune de Pouytenga	amont	Forte	Agriculture et commerce	Mossi

Source : construit à partir des données secondaires collectées.

L'analyse du tableau nous permet de retenir les villages de Yitenga, Pissalogo, Soulgou, Zaongo, Gorgo et Poessé. Le choix de Poessé par rapport à Leamentenga, est dû au fait que Poessé est plus proche du barrage de Yitenga par rapport à Leamentenga. Quant aux villages retenus, ils ont une forte influence sur le barrage avec des activités agricoles dominantes et disposent d'importantes plaines irriguées.

En outre, ils sont beaucoup plus proche des villes de Koupéla et de Pouytenga. Les villages qui n'ont pas été retenus (Koulbabé, Leamentenga, Konlastenga, etc), ont des caractéristiques similaires à ceux qui ont été retenus. En outre, deux secteurs de la ville de Pouytenga ont été retenus car la ville de Pouytenga est au cœur du bassin versant (en amont) et elle représente une grande source de pollution pour le barrage. En effet, d'importantes quantités de déchets solides et liquides proviennent de cette ville située à moins de deux kilomètres du barrage de Yitenga. La formation physique du milieu favorise le drainage des déchets vers le barrage. Il est nécessaire de savoir la volonté à contribuer de cette population pour qui le barrage a une utilité certaine.

1.2.1.2 Population cible

La population concernée par la présente recherche est la population du bassin versant de Yitenga. Cette population est en majorité rurale et dont l'approvisionnement en eau dépend en grande partie du barrage de Yitenga. Au regard de la forte présence des ménages ruraux, le choix de l'unité d'enquête est le ménage. Le choix du ménage comme l'unité statistique se justifie par le fait que les décisions prises au sein du ménage sont toujours sous la direction du chef de ménage. Ainsi, dans cette recherche, le chef de ménage est l'individu interrogé. En

l'absence du chef de ménage, l'épouse est interrogée en ce sens qu'elle est aussi mieux indiquée pour apprécier les questions relatives à l'eau.

I.2.1.3- Taille de l'échantillon

La détermination de la taille des ménages dans chaque village et dans chaque secteur s'est faite selon la méthode des quotas¹⁷. Cette méthode permet de constituer un échantillon représentatif eu égard à l'hétérogénéité des activités économiques et du phénomène de spécialisation dans les activités économiques. Ayant déjà défini les strates, la taille de ménages retenus dans chaque strate doit être proportionnelle à son importance ou à son poids dans la population mère. Dans ce cas précis, le critère de l'importance a été privilégié comparativement au poids eu égard aux critères précédemment définis. Autrement, les effectifs retenus dans chaque village n'est pas proportionnel à son poids dans la population totale mais plutôt à son importance et à son rapport avec la ressource.

Au regard de la faiblesse du nombre de ménages dans certains villages, la proportion des ménages retenus diffère. Ceci est également dû aux différents critères qui ont permis de retenir les villages et secteurs. Au Burkina Faso, la taille moyenne des ménages est estimée à environ 8 individus (INSD, 2008) surtout dans les milieux ruraux. Disposant de la population totale, on a procédé à une simple division pour obtenir le nombre de ménage par localité, soit la formule $M_i = \frac{P_i}{8}$ où M_i représente le nombre total de ménages dans le village ou secteur i et P_i la population totale du village ou du secteur i . Ensuite, les effectifs retenus ont été obtenus par quota pour tenir compte des critères mentionnés ci-dessus. Dans le tableau, n_i représente l'effectif des ménages retenus pour le village ou le secteur i . Ce choix a été motivé par deux critères essentiels que sont la distance séparant le village/secteur du barrage; et la taille totale des ménages à l'intérieur de chaque village/secteur. Le tableau 3.2 donne le nombre de ménage retenu par village et par secteur.

¹⁷ **La méthode des quotas** est basée sur la répartition connue d'une population (âge, sexe, situation géographique, catégorie socio-professionnelle...). Elle est une méthode d'échantillonnage qui consiste à s'assurer de la représentativité d'un échantillon en lui affectant une structure similaire à celle de la population de base.

Tableau 3. 2: Ménages à enquêter selon le village et le secteur

	Population 2011(P _i)	Effectif des ménages $M_i = \frac{P_i}{8}$	Ménages retenu (n_i)
Gorgo	392	49	31
Pissalogo	763	95	30
Poessé	671	84	21
Secteur 1	13782	1724	34
Secteur 5	11728	1466	30
Soulgou	1259	157	32
Yitenga	382	48	32
Zaongo	452	56	30
Total	29 429	3 679	240

Source : construit à partir des données de l'INSD.

Les effectifs retenus par village ou secteur ont été obtenu non pas suivant le principe de l'équiprobabilité mais celui de la non équiprobabilité.

Au niveau des villages et en fonction des effectifs totaux des ménages, l'importance des effectifs retenus par village/secteur va de 20, 38% à 66,67%. Elle tient compte de l'influence du village sur le barrage. Par exemple dans le village de Yitenga, 66,67% des ménages ont été enquêté à cause de la proximité de ce village avec le barrage (moins de 100 m) et de la forte présence des activités agricoles. Cependant, la l'importance des ménages retenus dans les secteurs de la ville de Pouytenga est faible au regard du poids de ces ménages dans la population mère. Cela s'explique par les effectifs trop élevés des ménages dans les secteurs de la ville de Pouytenga et leur éloignement par rapport au barrage. Pour éviter d'avoir un échantillon caractérisé par une forte présence des ménages des secteurs, 1,97% et 2,05% de leurs effectifs totaux ont été admis à l'échantillon respectivement pour le secteur 1et pour le secteur 5.

En définitive, 240 ménages sont retenus pour l'enquête contingente d'une part et pour le recueil des données sur les techniques CES et le comportement des ménages ruraux d'autre part, afin d'évaluer le consentement à payer des populations riveraines du barrage de Yitenga, les techniques à mettre en place et l'évaluation du bénéfice économique du barrage respectivement. Le choix des ménages à interroger s'est fait sur tirage aléatoire sans remise. Il n'y a pas eu de considérations préalables pour choisir les ménages. Ceci confère un caractère aléatoire à l'échantillon composé de 240 ménages.

I.2.2- Collecte des données

La collecte des données est la partie cruciale de l'exercice de l'évaluation contingente. La réussite ou l'échec de l'évaluation contingente vient de la stratégie mise en place pour révéler les préférences des individus. Certains auteurs comme Diamond et Hausman (1993) remettent en cause la validité de la méthode d'évaluation contingente et sa capacité à permettre aux individus d'exprimer ou de révéler leurs préférences. D'autres par contre soutiennent que lorsqu'une bonne stratégie d'enquête est mise en place, on aboutit à des résultats fiables et proches de la réalité que les autres méthodes. Le questionnaire doit être bien établi et structuré afin d'assurer la crédibilité des données collectées. Les exigences imposées par le scénario hypothétique visent à donner une plus grande fiabilité au CAP exprimés par les répondants. Dans le souci d'améliorer le questionnaire afin d'avoir des réponses de qualité, un pré-test du questionnaire a été fait en décembre 2011 et cela a permis d'ajuster les questions.

1.2.2.1-Questionnaire

La méthode retenue est celle de l'évaluation contingente. Les méthodes des prix hédonistes et des coûts de transport ont été écartées car elles ne peuvent en effet pas être mises en œuvre sur cette problématique de l'eau. Cependant, la mise en œuvre de la méthode retenue n'est pas sans difficulté. Une des difficultés liées au choix de la méthode d'évaluation contingente est bien évidemment la technique de questionnement. Le format des questions posées a fait l'objet d'une attention particulière. Le NOAA panel recommande un format de type referendum. Il s'agit d'une question fermée (seriez-vous prêt à payer x franc ?) sous forme d'une proposition chiffrée, à prendre ou à laisser. Ce mode de révélation des préférences possède plusieurs avantages mais peut introduire un biais stratégique (Flachaire et Hollard, 2005). Plusieurs études ont eu recours aux questions ouvertes mais le choix d'un format particulier, question ouverte ou fermée en particulier, n'est pas sans incidence sur le type de biais susceptible d'affecter les réponses. Dans cette thèse, la question ouverte est utilisée comme technique de questionnement pour plusieurs raisons.

D'abord, la zone du barrage de Yitenga est caractérisée par un faible niveau d'alphabétisation. De ce point de vue, il est difficile de présenter une carte de paiement ou un système d'enchère aux ménages à enquêter. Ensuite, les ménages riverains ne sont pas habitués à l'exercice contingent. Mieux, dans les zones où le niveau d'instruction est élevé le taux de non retour est élevé quand il s'agit d'une enquête par voie postale. En effet, une enquête effectuée par voie postale en France via un adressage nominatif aux ménages résidants dans les communes a enregistré un taux de réponse 14,64% (AE, 2008) c'est-à-dire sur un total de 1 660

questionnaires envoyés, 243 ont été retournés. Enfin, la technique de la question fermée pourrait entraîner des biais énormes notamment des proportions élevées de non réponses.

Pour assurer la réussite de l'exercice de l'évaluation contingente dans le cas précis, les quatre postulats émis dans le chapitre 2 ont été respectés:

P1: les personnes interrogées disposent de la totale souveraineté sur leurs décisions de consommation. En effet, dans le contexte de la zone du barrage de Yitenga, les ménages sont des producteurs consommateurs. De ce point de vue, ils sont souverains dans leurs actes de production et de consommation. Pour ce qui concerne l'eau du barrage, la décision d'utiliser la ressource pour satisfaire les besoins de consommation incombe aux ménages. Le barrage est vu par les utilisateurs comme un bien public. Ainsi, l'utilisation ou la non utilisation de l'eau du barrage n'est pas dictée par une tierce personne. La ressource est ouverte à tous. Ceci est plausible dans la mesure où il y a des usages conflictuels (abreuvement direct des animaux domestiques), sans qu'il n'y ait exclusion d'un usager quelconque. Pour contrôler cet aspect, une question est posée à chaque usager : *Avez-vous librement accès à l'eau du barrage ?* Une réponse affirmative de la part de l'usager prouve que l'individu est autonome dans sa prise de décision en matière d'utilisation de l'eau du barrage.

P2 : les personnes interrogées ont un ensemble cohérent de préférences préalable au questionnaire. Ce postulat est important et entre dans les questions posées à l'interrogé avant la révélation de son CAP. Il s'agit de préparer le répondant à exprimer ses préférences vis-à-vis de la ressource. Les questions suivantes permettent de tester la cohérence des préférences des usagers. *Quelle utilisation faites-vous avec l'eau du barrage ? Avez-vous constaté un changement dans la qualité de l'eau ? Quelles sont les conséquences sur vos différentes activités ? Avez-vous entrepris déjà des actions de protection ?*

P3 : les personnes interrogées ont intérêt à exprimer leurs préférences avec sincérité. La sincérité avec laquelle les usagers répondent aux questions détermine la qualité des résultats de l'exercice contingent. En général, les ménages ruraux ne sont pas toujours disposés à révéler leurs préférences de peur d'être taxés. C'est pourquoi, avant d'amener l'usager à révéler sa disposition maximale à payer, les questions qui lui sont posées avant visent à lui expliquer la nécessité de la protection de la ressource qui leur appartient désormais et non à l'Etat en insistant sur les conséquences possibles de la dégradation de la ressource.

P4 : les personnes interrogées déduisent de leurs réponses une réduction de leur revenu disponible. Ce postulat trouve sa validation des réponses données aux questions posées au deuxième postulat. Les individus en exprimant leurs préférences sur la ressource, seront amenés à faire eux-mêmes une comparaison de leurs rendements agricoles d'où de leurs revenus en considérant deux états différents du barrage. La question suivante peut être posée : *Avec la diminution de la capacité du barrage, la pollution de l'eau ; quelles conséquences cela entraîne sur vos activités utilisant intensément l'eau du barrage ?* Cette question va sans doute amener l'interrogé à déduire de ses réponses une diminution de son revenu.

Le questionnaire est constitué de quatre parties. De façon générale, pour ce qui touche à l'évaluation contingente, certains auteurs commencent sur les questions liées aux habitudes de consommation de la ressource, aux types usages, au scénario hypothétique (révélation) avant de conclure avec les caractéristiques sociodémographiques des individus.

D'autres par contre, utilisent le chemin inverse. L'option retenue dans ce cadre est de partir des attitudes des utilisateurs vis-à-vis de la ressource avant de terminer avec de caractéristiques sociodémographiques. Ce choix se justifie par le fait qu'au début de l'enquête, l'interrogé est mieux disposé pour saisir l'importance de la valorisation du barrage.

Ainsi, la première partie vise à une meilleure préparation de l'enquêté à l'exercice contingent et s'intéresse principalement aux motivations et attitudes des riverains vis-à-vis de la protection du barrage.

La deuxième partie concerne la révélation des préférences individuelles et de l'évaluation du consentement à payer. Au niveau de la révélation du consentement à payer, on utilisera deux photos décrivant parfaitement l'état du barrage. La première photo est celle de Mai 2011 où le barrage avait totalement tari et une autre de 2007 où le barrage débordait d'eau. En effet, l'utilisation des images est préconisée par plusieurs auteurs pour faciliter la mise en œuvre de l'exercice contingent qui repose fondamentalement sur un scénario hypothétique. Comme déjà mentionné plus haut, l'enquête va se dérouler sur deux périodes différentes¹⁸ ceci pour appréhender la sensibilité des individus vis-à-vis de la protection de la ressource. Le besoin en eau et le degré de pollution ne sont pas les mêmes en période sèche et en période hivernale.

¹⁸ Les deux périodes comprennent la période froide et la période chaude

La troisième partie vise à collecter des données sur les techniques de protection du barrage et sur le profil socio-économique des enquêtés. Les données collectées devraient permettre de mettre en évidence les déterminants de l'adoption des techniques de protection du barrage.

La quatrième partie du questionnaire porte sur le recueil des informations relatives à la production et à la consommation des ménages. Elle s'est faite en un seul passage. Les ménages retenus pour l'évaluation contingente sont les mêmes qui seront enquêtés sur les aspects de la production et de la consommation. L'objectif de cette partie du questionnaire est de fournir *in fine* des données pour l'estimation des fonctions d'offre et demande pour le calcul du bénéfice économique de la protection du barrage. Toutefois, le choix des ménages tient compte de la définition du ménage agricole.

1.2.2.2- Entretiens

Pour une meilleure compréhension des questions soulevées dans la présente thèse, des entretiens ont été organisés avec des macro-agents, c'est-à-dire les maires des communes de Pouytenga et de Koupéla, les groupements des pêcheurs et des maraichers, la Direction provinciale de l'agriculture et des ressources halieutiques et celle de l'environnement, et enfin l'ONEA. La rencontre avec tous ces agents a permis de mieux cerner certaines préoccupations. Ces différents entretiens ont nécessité la préparation de guides.

Du point de vue de l'analyse des résultats, deux méthodes d'analyse complémentaires sont utilisées. Il s'agit de l'analyse statistique et l'analyse économétrique. L'analyse statistique permet de dégager dans un premier temps les grandes tendances de l'échantillon et d'établir les relations partielles entre les variables. Ensuite, l'analyse économétrique vise à apprécier de façon robuste dans un second temps les relations entre variables à l'aide de modèles économétriques appropriés. La section suivante présente les résultats statistiques de la thèse.

II. Résultats statistiques

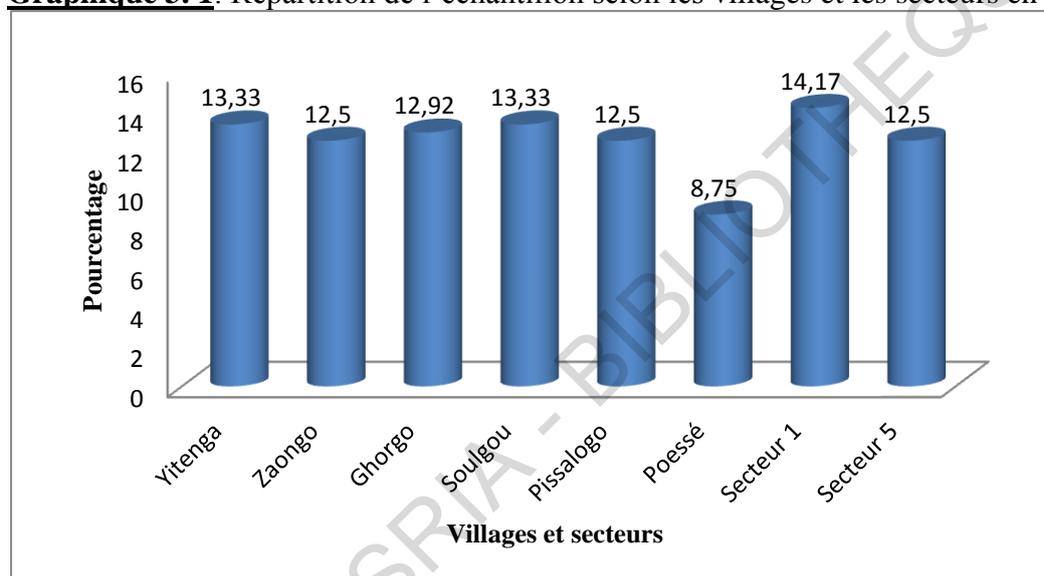
Cette section a pour but de présenter les statistiques sur les caractéristiques des ménages, les activités socioéconomiques, la participation des ménages à la protection du barrage, l'adoption des techniques de protection (CES) et les activités de productions et de consommation. En effet, l'analyse statistique permet d'apprécier les tendances générales de l'échantillon étudié.

II.1. Caractéristiques des ménages de la zone

II.1.1. Caractéristiques sociodémographiques

Les données portent sur un échantillon de 240 ménages des villages riverains et de la ville de Pouytenga du bassin de Yitenga. Les ménages interrogés sont répartis dans les six villages de Yitenga (13,33%), Zaongo (12,50%), Ghorgho (12,92%), Soulgou (13,33%), Pissalogo (12,50%), Poessé (8,8%) et dans les deux secteurs de la ville de Pouytenga que sont le secteur 1 (14,17%) et le secteur 5 (12,50%). Ces données ont permis de caractériser les ménages et de comprendre leur comportement en matière de protection des ressources en eau, notamment le barrage de Yitenga. Le graphique 3.1 présente la répartition de l'échantillon étudié.

Graphique 3. 1: Répartition de l'échantillon selon les villages et les secteurs en %

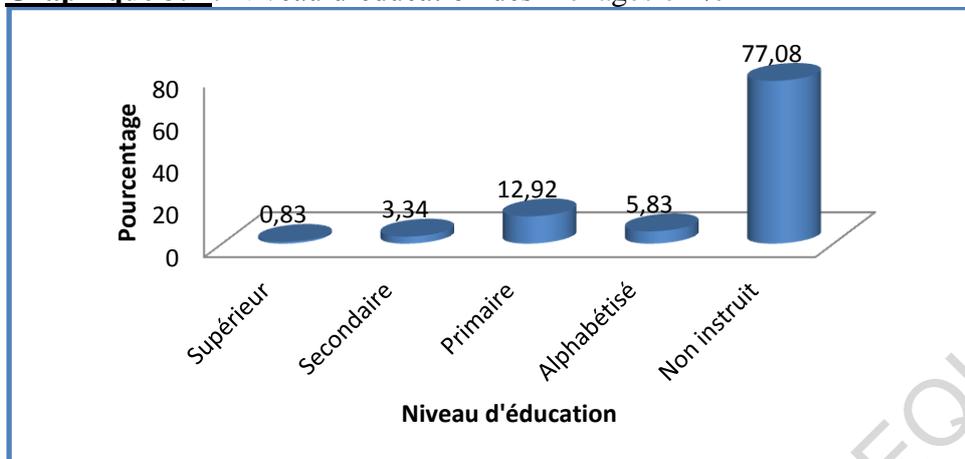


Source : données d'enquête

De façon générale, la plupart des ménages sont dirigés par des hommes soit 95,8% contre seulement 4,2% par des femmes. Les chefs de ménages sont en majorité d'ethnie mossi (81,2%). Les ethnies minoritaires sont constituées de peulh (14,2%) et des autres ethnies (4,6%). Les peulh sont très peu nombreux dans l'échantillon mais, on les retrouve beaucoup plus dans le village de Soulgou que dans les autres villages et secteurs de la ville de Pouytenga. Dans l'échantillon, la plupart des chefs de ménage sont mariés (95,8%) de religion chrétienne (44,6%) ou musulmane (55,4%). Les ménages de la zone sont en majorité des autochtones et représentent 70,8% de l'échantillon. Cette forte présence des autochtones est liée aux biens légués par les ancêtres, notamment les champs. Les ménages du bassin versant de Yitenga sont très peu instruits. En effet, 77,08% des enquêtés n'ont bénéficié d'aucune forme d'instruction.

Seulement 12,92% ont un niveau primaire, 5,83% ont un niveau alphabétisé et les niveaux secondaire et supérieur restent très négligeables. Le graphique 3.2 permet de constater le faible niveau d'éducation des ménages dans la zone.

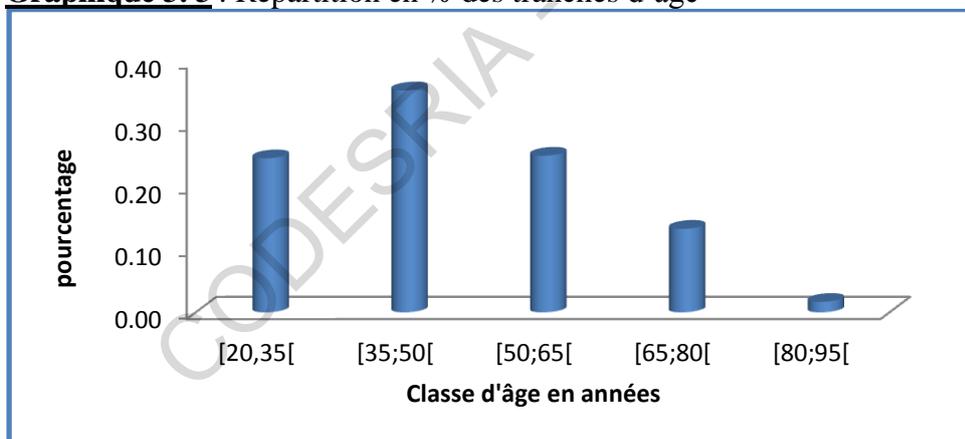
Graphique 3. 2: Niveau d'éducation des ménages en %



Source : données d'enquête

Les résultats de l'enquête montrent que les chefs de ménages sont relativement jeunes. En effet, l'âge moyen est de 48,02 ans. Ceci dénote le caractère jeune de la population de la zone. Le plus jeune a 20 ans et le plus âgé a 90 ans. Le graphique 3.3 permet d'illustrer les tranches d'âge et d'apprécier la jeunesse ou la vieillesse de cette population.

Graphique 3. 3 : Répartition en % des tranches d'âge



Source : données d'enquête

La grande majorité des chefs de ménages a moins de 65 ans. Cette jeunesse constituerait une force de travail pour la production dans le secteur agricole. La taille moyenne des ménages est d'environ 9 personnes. Cette moyenne est supérieure à la moyenne nationale qui est de 7,8 à 8 personnes par ménage. Les ménages comportent en moyenne 4 enfants de moins de 15 ans et 2 femmes. Ce résultat se justifie dans la mesure où deux religions (Christianisme et Islam) ont presque le même poids dans les ménages enquêtés. Les ménages musulmans comportent plus de femmes que les ménages chrétiens et cela peut contribuer à accroître la demande en eau.

Dans les ménages interrogés, l'effectif maximal des actifs agricoles est de 26 soit en moyenne 5 par ménage. Cette forte dotation en main d'œuvre agricole justifie le faible niveau de la main d'œuvre louée qui est d'environ 1 (0,62). Les actifs agricoles sont totalement utilisés pour les travaux propres au ménage dont ils sont originaires.

En effet, le nombre moyen de la main d'œuvre vendue par ménage est inférieur à un (0,06). Le tableau 3.3 résume les valeurs minimales, maximales et moyennes de quelques variables relatives au ménage.

Tableau 3.3: Statistiques descriptives sur quelques variables sociodémographiques

	Minimum	Maximum	Moyenne
Age	20	90	48,02
Taille du ménage (personnes)	1	35	9,31
Nombre d'enfants (0 à 15 ans)	0	18	3,87
Nombre de femmes	0	10	1,64
Actifs agricoles	0	26	5,17
Main d'œuvre louée ¹⁹	0	15	0,62
Main d'œuvre vendue ²⁰	0	10	0,06

Source : données d'enquête

Les populations du bassin de Yitenga tirent principalement leur revenu de plusieurs activités. Ces activités peuvent être regroupées en activité agricole et en activité non agricole. Le revenu moyen agricole annuel s'élève à 302 405, 25 FCFA et celui provenant des activités non agricoles de 318 993, 25 FCFA. Dans l'échantillon, le revenu moyen des ménages est estimé à 564 896, 41 FCFA par an ou soit 112 979, 282 FCFA par an et par actif.

Les dépenses effectuées par les ménages sont de plusieurs ordres. Cependant, les dépenses alimentaires sont les plus élevées et constituent une charge importante pour les ménages. En effet, chaque ménage dépense en moyenne 152 530, 21 FCFA par an pour l'acquisition des biens alimentaires. La production des biens agricoles étant insuffisante eu égard à la faiblesse de la pluviométrie, les ménages sont pour la plupart du temps obligés de faire recours au marché pour combler le manque.

II.1.2. Activités économiques

Dans le bassin versant de Yitenga, plusieurs activités économiques sont pratiquées par les populations pour la satisfaction de leurs besoins socioéconomiques. L'agriculture représente l'activité principale et occupe 77,92% et très peu de ménages exercent l'artisanat, les activités

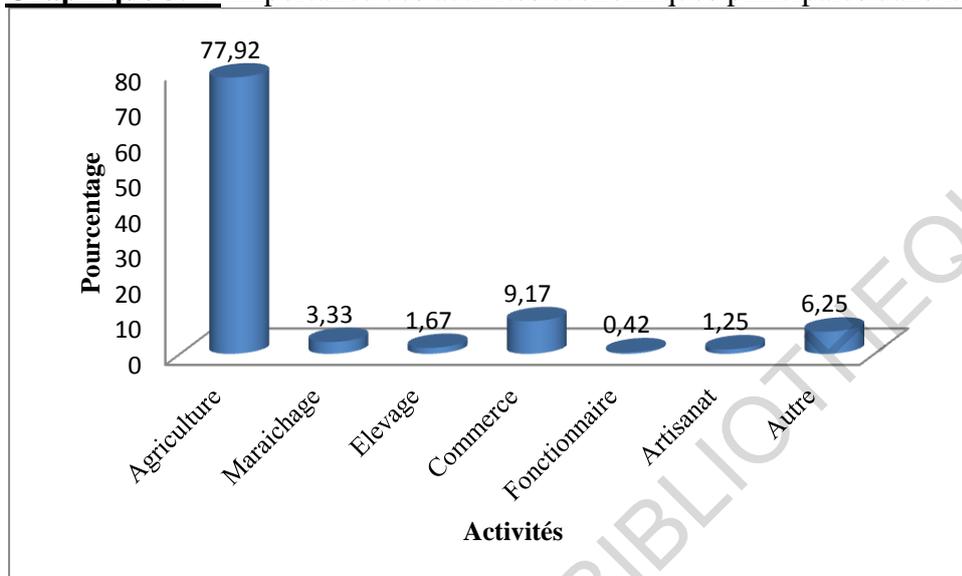
¹⁹ La main d'œuvre louée ici représente le nombre des personnes que le ménage engagé pour travailler pour son compte

²⁰ La main d'œuvre vendue, indique le nombre de personnes dans le ménage ayant offert leur force de travail pour le compte d'un autre ménage contre un revenu monétaire.

génératrices de revenu et dans la fonction publique. Les activités de commerce occupent 9,17% des populations.

Les faibles taux enregistrés au niveau du maraichage et de l'élevage sont respectivement dus à la faible taille des parcelles irrigables autour du barrage et la présence de l'élevage de case. Le commerce est plus pratiqué dans la ville de Pouytenga que dans les villages.

Graphique 3. 4: Importance des activités économiques principales dans la zone (en %)



Source : données d'enquête

Si les activités agricoles sont prisées dans la zone en tant qu'activités principales des ménages, il ressort que certaines activités gagnent en importance dans le second choix des ménages. En effet, les statistiques montrent que l'activité d'élevage vient en première position et occupe 39,58% des ménages. Ce résultat est justifié car en général, les ménages pratiquent l'élevage de case en appoint à leur activité principale. Cette activité a une contribution très importante dans l'amélioration des conditions de vie des ménages par les revenus qu'elle génère. Le maraichage est considéré comme la deuxième activité secondaire dans la zone. En effet, les ménages s'adonnent à cette activité pendant la période sèche, elle constitue une source de création de revenu. Le taux d'occupation est faible comparativement à l'élevage car il y a très peu d'espaces pour tous ceux qui désirent mener cette activité à cause de la saturation foncière.

Aussi, les multiples besoins en eau exigent une rationalisation dans l'utilisation de l'eau du barrage surtout que la loi prévoit que la priorité revient à l'eau de boisson et non aux activités maraichères en cas d'insuffisance de la ressource.

A la suite de la description des activités économiques dans l'échantillon, il convient de faire l'analyse en tenant compte des villages et des secteurs. Les paragraphes suivants abordent ce point.

II.1.2.1- Agriculture

En général, l'activité agricole est beaucoup plus pratiquée dans les villages que dans les secteurs de la ville de Pouytenga. En effet, les populations de Soulgou, de Pissalogo et de Gorgho s'adonnent plus à cette activité que les autres localités.

A Yitenga et à Zaongo, l'agriculture occupe une place importante mais reste moins importante comparativement à Soulgou. Dans ces villages, certains ménages pratiquent les activités génératrices de revenu. Aussi, la question de l'insuffisance des terres cultivables réduit les marges de manœuvre de ces derniers. A Poessé, les agriculteurs représentent 10,70% de la population des agriculteurs dans l'échantillon. Ce taux relativement faible, s'explique par la présence des ménages commerçants et des ménages tisserands. Les résultats statistiques montrent que dans les deux secteurs enquêtés à Pouytenga, l'agriculture est pratiquée mais reste marginale. A Pouytenga, la plupart des ménages font du commerce. Cette activité commerciale constitue leur activité principale. L'agriculture est généralement pratiquée en saison hivernale, c'est-à-dire de juin à novembre. Elle constitue la source la plus importante en matière d'alimentation pour les ménages. Toutefois, cette activité est soumise à des contraintes telles la saturation foncière, la mauvaise pluviométrie, la faiblesse des techniques de conservation des eaux et des sols, et du manque des appuis-conseils.

II.1.2.2- Commerce

Le commerce est la deuxième activité principale dans la zone. En effet, elle occupe plus 9,17% des enquêtés. Cependant, il convient de noter qu'elle est pratiquée par les ménages des secteurs de Pouytenga. Aucun ménage dans les villages ne pratique le commerce comme activité principale. Parmi ceux qui en font une activité de premier choix, 50% sont du secteur 1 et 50% sont du secteur 5 de la ville de Pouytenga. Ce commerce comprend plusieurs branches à savoir : les articles, les consommables, le bétail.

II.1 2.3- Elevage

L'élevage est une activité qui peut occuper pratiquement tous les ménages parce qu'il génère des importants bénéfices. Toutefois, cette activité est secondaire surtout pour les ménages qui font l'agriculture comme activité principale. En effet, les données de l'enquête révèlent que cette activité est beaucoup plus pratiquée par les ménages de Zaongo et du secteur 1 de la ville

de Pouytenga. En général, les produits de cet élevage sont destinés au marché. Il y a essentiellement l'élevage des bovins, des caprins, des ovins et de la volaille. Il est toutefois important de souligner que presque dans chaque ménage, l'élevage de case est pratiqué par les ménages. Certains auteurs estiment que ce type d'élevage constitue une épargne non monétaire pour les ménages ruraux. Le tableau 11 montre qu'il y a des ménages qui peuvent disposer de 54 têtes de bœufs, 150 têtes de caprins, 48 têtes d'ovins et 200 têtes de volaille. Cependant, d'autres ménages n'en disposent d'aucune tête. A la moyenne de l'échantillon, le nombre de bovins dans chaque ménage est d'environ 4 têtes (3,79), 8 têtes pour les caprins, 5 têtes pour les ovins et 19 têtes pour la volaille. Les asins sont juste utilisés pour les activités agricoles. Les ménages ne font pas d'élevage d'ânes.

Tableau 3. 4: Statistiques sur les produits de l'élevage (par tête)

Type	Minimum	Maximum	Moyenne
Bovins	0	54	3,79
Asins	0	4	0,73
Caprins	0	150	7,59
Porcins	0	17	0,63
Ovins	0	48	5,02
Volaille	0	200	19,46
Autres	0	5	0,05

Source : données d'enquête

II.1.2.4- Maraichage

Une des activités majeure pratiquée de façon permanente est le maraichage. Les produits du maraichage sont entre autres la tomate, les oignons, la salade. Les résultats montrent que c'est précisément à Yitenga et à Zaongo que les activités maraichères occupent principalement les ménages. Parmi ceux qui pratiquent le maraichage comme activité principale, 75% sont à Yitenga et 25% à Zaongo. Cet état de fait est dû à la proximité des ménages avec le barrage de Yitenga, de la disponibilité des surfaces irrigables. Les autres ménages des autres villages n'en font pas leur activité principale car les parcelles à mettre en valeur sont disponibles en quantité insuffisante. En saison sèche, ces derniers sont souvent obligés de louer des parcelles au niveau des berges pour pratiquer leurs activités.

Pour ce qui concerne les ménages des secteurs, la distance est un facteur qui décourage la pratique de ces activités autour du barrage de Yitenga. Le développement du maraichage génère d'importants revenus pour les ménages maraichers qui ont accès aux berges du barrage

de Yitenga. Les résultats sur la production et la rentabilité de l'activité maraichère sont consignés dans le tableau 3.5.

Tableau 3. 5: Rentabilité des cultures maraichères pratiquées autour du barrage de Yitenga

Spéculations	Production moy/exploitant (Kg)	Production totale (Kg)	Prix moyen par Kg ²¹	Recettes (FCFA)
Riz	4000	216 000	475	102 600 000
Tomate	5000	3 000 000	22	66 000 000
Oignon	3000	1 800 000	60	108 000 000
Gombo	70	42 000	50	2 100 000
Aubergine	2000	1 200 000	22	26 400 000

Source : données de l'enquête, 2011

Les principales cultures maraichères sont le riz, la tomate, l'oignon, le gombo et l'aubergine. Elles sont pratiquées sur une superficie totale de 55 hectares (superficie des berges). Parmi toutes ces activités, la culture d'oignons rapporte 108 000 000 de FCFA. Cette activité est suivie de très près par le riz de contre-saison qui procure une recette totale annuelle de 102 600 000 FCFA. Les activités maraichères sont hautement rentables pour les ménages exploitants même après la déduction des charges de production estimé à 150 000 FCFA par exploitant y compris le coût d'usage de l'eau du barrage de 5 000 FCFA/an pour les riziculteurs et de 2 000 FCFA/an pour les autres exploitants. La production est directement écoulee à Pouytenga et à Koupéla. En somme, les recettes totales annuelles sont estimées à 305 100 000 FCFA. Ces recettes sont obtenues lorsque le niveau de l'eau permet la pratique de toutes ces activités surtout en saison chaude.

II.1.2.5- Pêche

L'activité de pêche a commencé en 1987 avec un effectif de 100 pêcheurs au sein d'un groupement. Avec l'instauration des droits de pêche estimés à 10 000 FCFA/an, l'effectif est actuellement à 20 pêcheurs. Le tableau 3.6 donne les prises par type de poisson de 2009 à 2011.

Tableau 3. 6: Prise annuelle de poisson (kg) et prix moyen (FCFA) par espèce

Poissons	2009	2010	2011	Prix moyen du Kg en 1987	Prix moyen du Kg en 2011
Silure	795	1933,5	794	350	750
Carpes	230	3444	2380	250	500
Sardine	176	254,5	39	250	500
Macharon	64	313	181,5	250	500
Crevette	0	0	12,5	250	500

Source : données d'enquête et DPARH (2011)

²¹ Prix moyen au producteur

L'évolution des prises montre que la pêche est une activité très marginale. Cependant, l'activité de pêche est rentable car les prix du kilogramme selon le type ont pratiquement doublé entre 1987 et 2011. Aujourd'hui, le revenu net moyen de pêche est estimé à 91 500 FCFA. En considérant la production moyenne des trois dernières années (2009, 2010 et 2011), le revenu tiré de la pêche annuellement est de 2 063 041,67 FCFA.

Toutefois, le barrage de Yitenga est en proie aux phénomènes d'ensablement et de pollution qui réduisent la quantité de poisson dans le point d'eau. Cette diminution influence négativement sur les prises annuelles. Une comparaison de l'état des prises entre plusieurs points d'eau (tableau 3.7) permet d'apprécier la baisse de la quantité de poissons dans le barrage de Yitenga.

Tableau 3.7: Etat de l'exploitation des ressources halieutiques en 2011

Points d'eau	Espèces de Poisson	Prise en Kg	Prix du kg en FCFA
Gorgo	Carpes	4632	400
	Silures	2020	600
	Sardines	2011	500
	Autres (Macharon)	0	----
Yitenga	Carpes	2380	500
	Silures	794	750
	Sardines	39	500
	Autres (Macharon)	181,5	500
Gounghin	Carpes	207	400
	Silures	10	400
	Sardines	0	400
	Autres (Macharon)	0	400
Zimkrome	Carpes	313	400
	Silures	0	400
	Sardines	0	400
	Autres (Macharon)	0	400

Source : DPARH (2011)

Le barrage de Yitenga comparativement au barrage de Gorgo fournit de moins en moins de ressources halieutiques. Cette situation s'explique par la mauvaise gestion du barrage et de son mauvais entretien. Les barrages de Yitenga, Gounghin et de Zimkrome sont de victimes de l'envasement, un facteur qui réduit la productivité des points d'eau en ressources halieutiques.

II.1.2.6. Artisanat et autres activités génératrices de revenu

L'artisanat et les autres activités génératrices de revenu (AGR) non agricoles sont menés principalement par les ménages du secteur 1, du secteur 5 de Pouytenga et du village de Poessé. L'artisanat est orienté principalement vers les activités de tissage. Dans le sous échantillon de ceux qui exercent ce métier comme activité principale, 33,34% le pratique à Poessé, 33,33% au secteur 1 et 33,33% au secteur 5. Cette activité représente une source importante de revenu pour les ménages. Cependant, les tisserands ont des problèmes d'écoulement et les facteurs de production utilisés sont très peu modernisés. Les autres AGR sont fortement pratiquées dans les secteurs de la ville de Pouytenga. Il s'agit principalement de la mécanique, du petit commerce, de la vente du dolo. Ces activités informelles bien que lucratives ne sont pas organisées. Elles sont pratiquées anarchiquement.

Les activités des ménages sont très soutenues par les structures de micro-crédit. En effet, les ménages ayant accès au crédit ne représentent que 6,7% de la population échantillonnée. La majorité des ménages (93,3%) n'a pas accès au crédit et cela est de nature à handicaper le développement des activités agropastorales et les autres formes d'activités génératrices de revenu. C'est le même constat avec la tontine. En effet, 99,2% des ménages ne sont pas dans les organisations de tontine contre une minorité des ménages (0,8%). Pour les ménages qui ont accès au crédit, le montant moyen qui est octroyé sur une année est de 413 486,22 FCFA et le gain moyen obtenu pour les adhérents aux tontines est évalué à 132 000 FCFA par an. La section qui suit présente les résultats sur le consentement à payer des populations riveraines.

Toutes ces activités citées ci-dessus génèrent des revenus pour les ménages. Ces revenus sont dépensés pour la satisfaction de leurs besoins. Les populations du bassin de Yitenga tirent principalement leur revenu de plusieurs activités. Ces activités peuvent être regroupées en activité agricole et en activité non agricole. Le revenu moyen agricole annuel s'élève à 302 405, 25 FCFA et celui provenant des activités non agricoles de 318 993, 25 FCFA.

II.2. Etat du barrage et participation des ménages à sa protection

Les paragraphes suivants présentent successivement les facteurs de pression sur le barrage, l'état du barrage et les solutions à envisager pour une meilleure gestion du barrage avant d'exposer les résultats sur le CAP issus des enquêtes menées auprès des ménages.

II.2.1. Facteurs de pression sur le barrage et les berges

On entend par facteurs de pression, l'ensemble des éléments qui influencent l'état du barrage et des berges de façon négative. Plusieurs facteurs responsables ont été identifiés.

II.2.1.1- Population

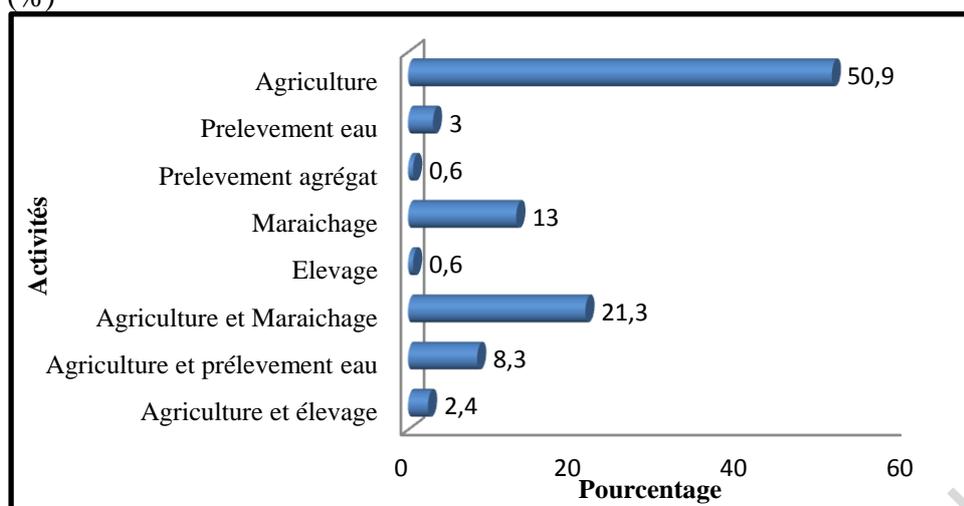
La population de la zone du bassin versant de Yitenga croît à un rythme plus élevé par rapport à la norme nationale. En effet, la population de la ville de Pouytenga est estimée à 93 059 habitants en 2011 soit un taux de croissance annuelle moyen de 8%. A Koupéla, le nombre total d'habitants s'estime à 35 508. Avec une densité de 1600 habitants/km² en ville et de 400 habitants/km², la population de la commune de Pouytenga est très forte. Ces chiffres permettent de classer la ville de Pouytenga comme la deuxième ville à forte densité au Burkina Faso après la ville de Ouagadougou. En effet, l'INSD (2010) montre qu'en 2006, la densité de la population dans le Kadiogo était de 615,8 et 125,8 dans le Kouritenga. Ce peuplement de la zone induit une demande considérable en eau. Or, les villes sont moins dotées en infrastructures hydrauliques. Ainsi, il y a une pression exercée sur le barrage de Yitenga pour répondre au besoin des populations des villes. A cela s'ajoute les activités menées par les riverains pour répondre à divers besoins de consommation et de production, et du taux d'analphabétisme d'environ 77%. De plus, cette population rejette des déchets solides et liquides le long des berges. La forte croissance démographique accentue le problème foncier et est à l'origine de l'exploitation abusive des berges.

II.2.1.2- Activités pratiquées dans les berges.

La présence du barrage favorise le développement de plusieurs activités. L'objectif est de générer des revenus pour l'amélioration du bien-être des populations. On remarque en général que l'agriculture domine toutes les activités pratiquées sur les berges du barrage.

Elle représente 50,8% de l'ensemble des activités. Cette agriculture est une agriculture de contre saison et est dominée par la culture du riz. Il est à noter que cette spéculation consomme plus d'eau que les autres spéculations. La pratique de l'agriculture de contre saison occasionne le rejet des produits chimiques toxiques dans le barrage.

Graphique 3.5 : Importance des activités pratiquées le long des berges du barrage de Yitenga (%)



Source : données d'enquête

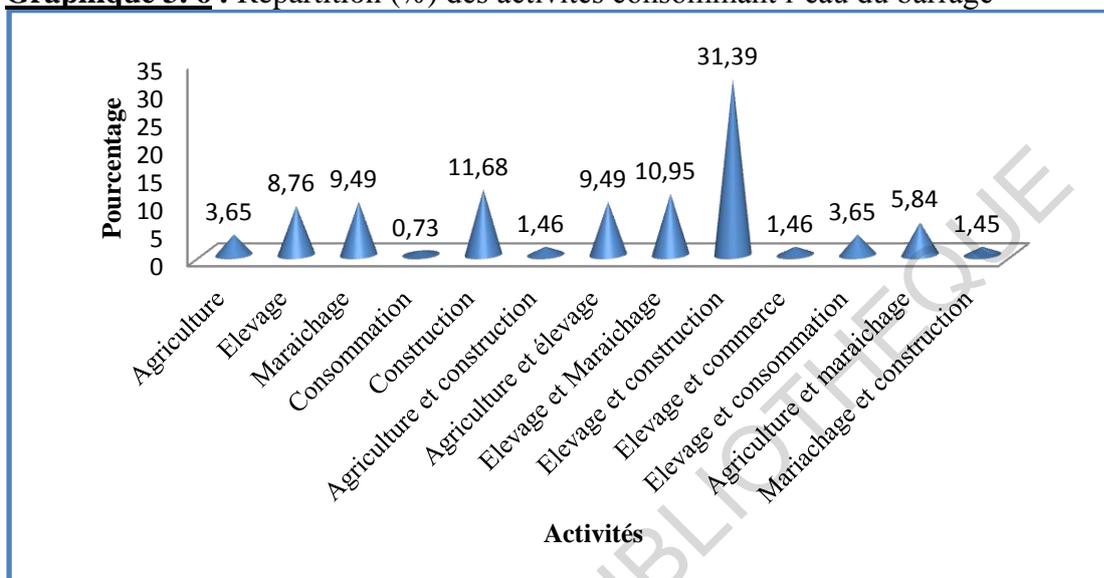
En effet, la pratique de l'agriculture autour du barrage est une des causes importantes de l'état actuel du barrage. Les résultats obtenus montrent que 20,8% des ménages attribuent l'état du barrage à l'agriculture qui génère des déchets polluant l'eau. Aussi, la pratique du maraichage et de l'agriculture pluviale autour du barrage entraîne une dégradation de la ressource. Les activités agricoles sont menées à proximité du barrage. La grande partie des parcelles, soit 61,25% est située en amont, c'est-à-dire dans le lit du bassin versant. Or, les eaux de ruissellement empruntent ce couloir pour se déverser dans le barrage de Yitenga en saison hivernale ou en cas de rupture d'autres barrages. Ceci n'est pas sans conséquence car les eaux de ruissellements drainent une importante masse de déchets de la ville commerciale de Pouytenga ainsi que les résidus des récoltes dans le barrage. En effet, le transport des déchets en amont vers le barrage est accentué par l'absence de digue de protection de ce côté. La distance moyenne séparant les parcelles d'avec le barrage est de 2,5 km. Le développement des activités autour du barrage génère des déchets qui sont très souvent reversés dans le barrage consciemment ou inconsciemment.

II.2.1.3- Intensité dans l'usage de l'eau

Le barrage de Yitenga est une ressource communautaire et sert à développer plusieurs activités dans la zone. En effet, 82,40% des ménages interrogés ont accès à l'eau du barrage contre seulement 17,6% qui estiment ne pas avoir accès. Parmi ceux qui ont accès au barrage, presque l'ensemble de ceux-ci (97,6%) utilisent librement la ressource. Par contre, 2,4% ont déclaré que l'accès au barrage est payant. En réalité, les 2,4% sont des maraichers et paient très souvent des redevances pour pouvoir drainer l'eau du barrage à la plaine. La quasi-totalité

des ménages des villages riverains utilise l'eau du barrage. A cela s'ajoute l'approvisionnement en eau potable des villes de Koupéla et Pouytenga par l'ONEA eu égard à la faiblesse des systèmes modernes d'approvisionnement en eau potable (Pompe, Forage, branchements ONEA). Le graphique 3.6 donne une répartition de la consommation de l'eau par activité.

Graphique 3.6 : Répartition (%) des activités consommant l'eau du barrage



Source : données d'enquête

II.2.1.4- Respect des règles établies autour du barrage

Les règles établies (notamment la distance de 100 mètres à respecter) par la direction provinciale de l'agriculture ne sont pas respectées par l'ensemble des utilisateurs. Au total, 77% des exploitants respectent les règles établies autour du barrage. Par contre 23% des exploitants des berges ne respectent pas les règles établies. Ce non respect se justifie par plusieurs raisons. Les raisons les plus fréquentes sont la méconnaissance des règles établies, l'insuffisance de terres cultivables et la fertilité des sols au niveau des berges. Plusieurs de ceux qui ne respectent pas les règles, ignorent l'existence de ces dernières. La moitié des exploitants des berges avancent l'argument de leur méconnaissance des règles établies.

Les autres raisons justifiant le non respect des règles sont l'insuffisance des parcelles (36%) et la fertilité des sols (14%). La saturation foncière et la rigidité des sols favorisent une exploitation anarchique des berges, mettant ainsi en mal l'objectif de la protection de la ressource en eau.

II.2.1.5- Faible niveau d'adoption des CES

L'une des causes de l'état actuel du barrage de Yitenga notamment sa pollution et son ensablement est le faible niveau d'adoption des techniques CES.

Il ressort des enquêtes que 23,6% des ménages attribuent la cause de l'état du barrage à l'absence des techniques de conservation des eaux et des sols (CES). Pour ces derniers et au regard de la topo-séquence du milieu, l'absence des CES (cordons pierreux, haies vives, diguettes,...) favorise le transport des résidus de récolte et du sable dans le barrage sous l'effet du vent et des eaux de ruissèlement.

II.2.1.6- Facteurs naturels

La mauvaise pluviométrie contribue à expliquer l'état actuel du barrage. Une mauvaise pluviométrie est défavorable à un niveau élevé de l'eau dans le barrage et accentue les usages de l'eau étant donné que les autres points d'eau (puits) tarissent très rapidement. Cependant, il convient de rappeler que ce facteur n'est pas contrôlable par l'homme. Il est plutôt tributaire des conditions naturelles. Les changements climatiques (réchauffement climatique) favorisent l'évaporation de l'eau et entraînent également sa diminution. Ces changements induisent une érosion éolienne très forte sous l'effet incontrôlé des vents exacerbés par la faiblesse du couvert végétal. Ces différents facteurs ont exercé des pressions de toute sorte sur le barrage et ont dégradé l'état du barrage. Le point suivant aborde l'état du barrage de Yitenga.

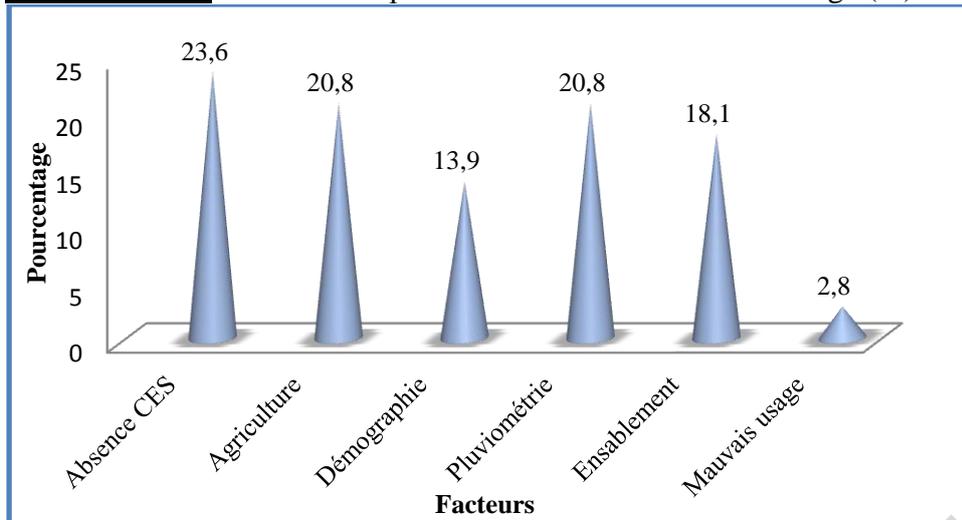
II.2.2. Etat du barrage et des berges

II.2.2.1- Perception des ménages sur l'état du barrage

La description de l'état écologique ou physique du barrage résulte des pressions précédemment décrites. Créé depuis 1987, le barrage de Yitenga a connu plusieurs types de pressions. En moins de 25 ans d'existence, cette ressource communautaire est de plus en plus dégradée. Ainsi, 92% des ménages interrogés soutiennent que le barrage est dans un mauvais état. Cependant, 8% des ménages interrogés le considèrent en bon état. Cette dégradation rapide du barrage est liée à la multiplicité des usages de la ressource.

Créé initialement pour répondre à des besoins économiques notamment dans le domaine agricole, le barrage est soumis à de pressions diverses. En se basant sur les perceptions des usagers eux-mêmes, les facteurs expliquant l'état actuel du barrage sont représentés sur le graphique 3.7.

Graphique 3.7 : Facteurs responsables de l'état actuel du barrage (%)



Source : données d'enquête

Face à l'état du barrage et aux causes de son état actuel, l'identification des sources de provenance des déchets et des autres sources de menaces de l'eau est indispensable. Les déchets viennent essentiellement des terres cultivées à cause de l'absence des techniques CES, et de la commune de Pouytenga. En effet, l'absence des CES favorise un déversement des résidus de récolte et des terres dans le barrage. En ce qui concerne, l'évaporation de l'eau, elle est tributaire au réchauffement climatique. Le manque de couvert végétal, intensifie l'évaporation de l'eau sous l'effet du rayonnement solaire.

II.2.2.2- Etat des eaux et des sols

Selon la perception des enquêtés, les eaux et les sols sont de mauvais état dans la zone. Cependant, les eaux sont relativement de meilleure qualité que les sols. Cela est dû à la présence de plus en plus importante des forages, des pompes dans les villages et dans les secteurs. Ces infrastructures sont très souvent mises en place sur initiatives des projets intervenant dans la zone. Quant aux sols, leur mauvais état s'explique par le faible niveau de la pratique des techniques de conservation des eaux et des sols. Les données montrent que l'état des sols est mauvais à cause de l'usage abusif, de l'absence des techniques de régénération des sols et de la mise en place des techniques peu adaptées telles l'enherbement. La topo-séquence du milieu requiert des techniques plus adaptées pour résister au phénomène de l'érosion et au transport des déchets dans les points d'eau.

II.2.2.3- Ensablement et conséquences sur les activités

Un des états visibles du barrage est évidemment l'ensablement. L'ensablement réduit la capacité de rétention de l'eau du barrage et menace sérieusement le barrage et les ressources aquatiques. C'est pourquoi les ménages interrogés attribuent l'état du barrage à ce facteur. En

effet, La faiblesse des techniques de protection engendre bon nombre de conséquence sur la ressource physique (barrage) mais aussi sur les activités menées autour.

II.2.2.3.1- Baisse du niveau de l'eau

Le niveau de l'eau du barrage a baissé considérablement ces dernières années. Ce constat est confirmé par les populations elles mêmes. Sur l'ensemble des personnes interrogées, 96 % remarquent un changement dans la disponibilité de l'eau dans le barrage de Yitenga. Seulement 4% constate une situation stationnaire. En ce qui concerne l'eau pour les activités socioéconomiques, 76,57% constatent que le manque d'eau dans le barrage devient de plus en plus fréquent d'une année à une autre depuis les cinq dernières années. Pour la première fois depuis sa création, le barrage a tarit en mai 2011 privant les populations d'eau.

II.2.2.3.2- Baisse du rendement agricole et de pêche

La réduction de la capacité du barrage, l'ensablement et l'évaporation ne sont pas sans conséquences sur les activités des usagers. La plupart des ménages (83%) reconnaît que l'état actuel du barrage a une influence négative sur les activités économiques. Au niveau des activités liées directement au barrage, on constate que le rendement des produits maraichers a baissé. Au total, 70,59% des interrogés reconnaissent que leur rendement en production maraichère a baissé en moyenne de plus de 25%. Il y a également la disparition de certaines espèces de poisson dans le barrage causé par les effets de la pollution et de la mauvaise gestion de la ressource. Moins de 50% (28,39%), ont reconnu que des espèces ont disparu depuis l'avènement des phénomènes de pollution. Le tableau 3.8 présente les perceptions des ménages sur les conséquences des pressions exercées sur le barrage.

Tableau 3. 8: Perception des ménages sur les conséquences découlant de la dégradation du barrage (%)

	maraichage	pêche morte	pénurie d'eau	Espèces disparues
Oui	70,59	54,81	76,57	28,39
Non	8,82	12,55	23,43	36,44
Ne sais pas	20,59	32,64	0	35,17

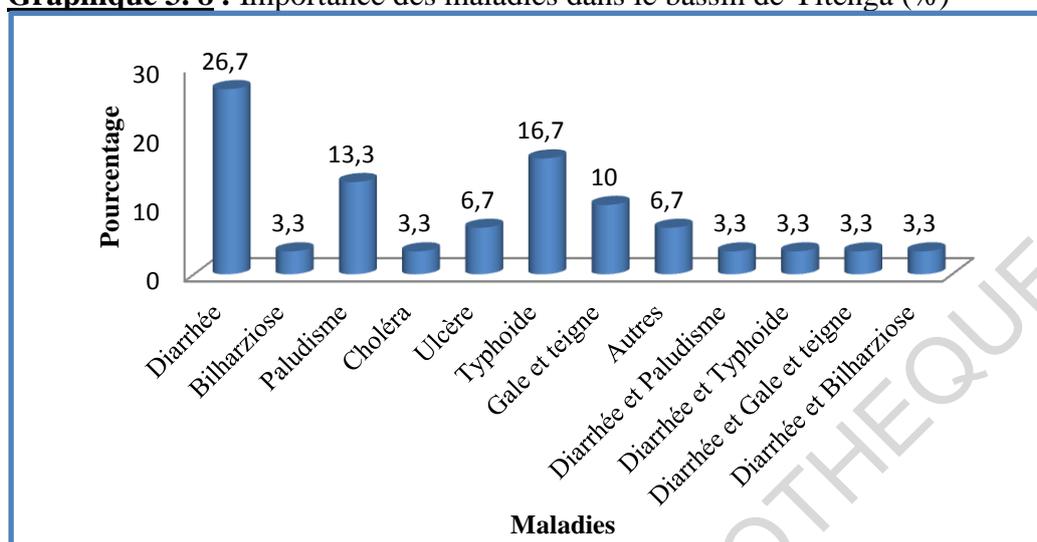
Source : données d'enquête (2011)

II.2.2.3.3- Développement des maladies liées à l'eau

Au niveau sanitaire, les différents contacts avec l'eau du barrage engendre des maladies hydriques affectant la santé des ménages et du même coup leur productivité. Les résultats montrent que certains ménages sont victimes de maladies liées directement à l'eau du barrage. En effet, 12,7% des ménages sont atteints de maladies hydriques contre 87,3% qui n'ont pas été atteints des mêmes maladies ces deux dernières années.

Les ménages qui sont atteints expliquent la prévalence de ses infections par la qualité de l'eau du barrage. Ils estiment que l'eau du barrage est de plus en plus polluée (81,2%) et constitue la cause principale des maladies hydriques. Les maladies hydriques les plus fréquentes sont présentées dans le graphique 3.8.

Graphique 3. 8 : Importance des maladies dans le bassin de Yitenga (%)



Source : données d'enquête

En général, les coûts des soins médicaux varient entre 500 FCFA et 42 500 FCFA par an avec une dépense moyenne de 9 634, 29 FCFA par an et par ménage. Le temps de traitement est évalué à 17 jours en moyenne. Le risque de contracter des maladies liées à l'eau et la rareté de l'eau amènent d'autres ménages à recourir à d'autres sources d'eau.

II.2.23.4- Conflits d'usage

Le manque d'implication et l'absence de coordination des activités autour du barrage engendrent souvent des conflits d'intérêts. Ainsi, 40,3% des ménages ont déclaré qu'il existe des conflits autour de l'utilisation de la ressource. En effet, le nombre moyen de conflits d'usage est d'environ neuf par an (8,94). Cette situation est prévisible car les intérêts des uns et des autres ne convergent pas. Pendant que certains font recours au barrage pour développer leur production de contre saison, d'autres l'utilisent pour alimenter le troupeau sans ignorer l'eau de boisson retirée quotidiennement par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement.

II.2.3. Mécanisme de gestion et d'entretien du barrage

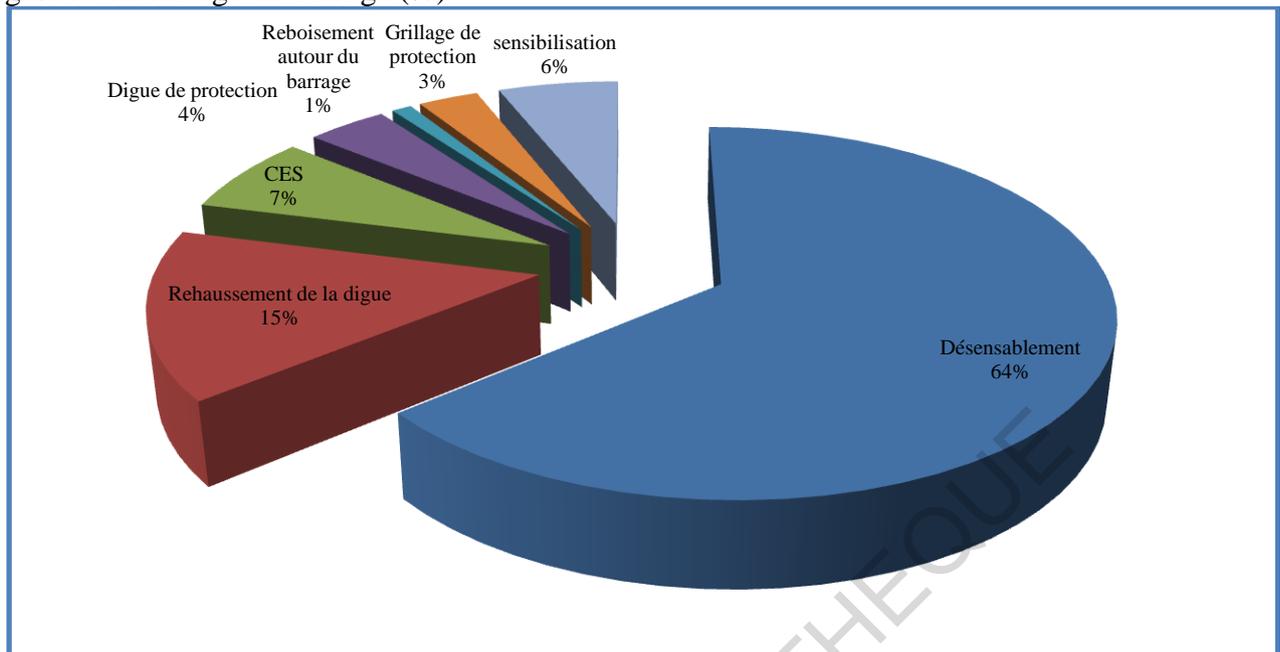
La gestion et l'entretien du barrage nécessitent que des mécanismes efficaces soient mis en place. Dans le bassin versant de Yitenga, un comité dénommé comité local de l'eau (CLE) a vu le jour pour informer, sensibiliser et promouvoir des bonnes pratiques pour maintenir en

bon état le barrage. Toutefois, il ressort des enquêtes, que le CLE connaît de sérieux dysfonctionnements et ses actions sur le terrain sont inefficaces. En effet, très peu de ménages sont informés de l'existence de ce comité (37,5%).

Parmi les ménages reconnaissant l'existence d'un comité de gestion, 80% ont reconnu le comité local de l'eau comme le seul comité qui a la charge de la gestion et du maintien du barrage de Yitenga. Par contre, 20% estiment qu'un comité existe mais ils ignorent le nom.

Cette faible connaissance du comité local de l'eau témoigne de l'inefficacité dans l'application des règles établies et de la gestion de la ressource commune. Ceci est corroboré par les ménages interrogés. En effet, 99,1% des ménages n'appartiennent pas au CLE contre seulement 0,9%. Il ressort des résultats obtenus que 82,1% des ménages qui n'appartiennent pas au CLE, n'ont pas été informés de sa mise en place. L'état actuel du barrage préoccupe les ménages et les autorités communales du bassin versant de Yitenga. Au niveau individuel, des solutions d'amélioration de la qualité du barrage se dégagent. Pour les ménages, le désenflamment permettra d'accroître les capacités de rétention du barrage. La deuxième décision soutenue par les ménages est celle du rehaussement de la digue. La digue devrait être relevée en hauteur soit de 0,5 mètres pour empêcher des pertes d'eau en cas de bonne pluviométrie ou en cas de présence abondante d'eau dans le barrage. Le graphique 3.9 présente les mesures préconisées.

Graphique 3.9 : Perception des ménages sur l'importance des mesures de protection et de gestion du barrage de Yitenga (%)



Source : données d'enquête

Face à la problématique de pénurie de l'eau, des comportements doivent être adoptés afin d'assurer une utilisation optimale de la ressource. Ces comportements se déclinent en mesures.

Ces mesures sont de nature à permettre une utilisation rationnelle de la ressource dans un contexte où les ressources en eau deviennent de plus en plus insuffisantes au regard de l'accroissement des besoins. Ces mesures sont endogènes car elles sont dégagées par les usagers eux-mêmes. On remarque que 36,86% des ménages proposent la réglementation de l'usage de l'eau, c'est-à-dire qu'il ait un nombre de litres à puiser par jour au barrage ; au delà de cette norme tout prélèvement supplémentaire doit faire l'objet d'une imposition. Cette mesure apparemment intéressante peut être difficile à appliquer du moment où il faut pouvoir identifier les usagers et quantifier les quantités d'eau prélevées par jour. Cette solution s'apparente à une taxe imposée sur les surplus de consommation. Pendant que certains ménages préconisent la réglementation dans l'usage, d'autres proposent un mécanisme de surveillance. En d'autres termes, il s'agit d'une brigade de l'eau que suggèrent 27,54% des ménages. Rendre l'eau payante, est une solution au problème de l'usage irrationnel de l'eau. Cette proposition repose sur un fondement économique selon lequel, quand un bien est gratuit, son exploitation est irrationnelle et peut conduire *in fine* à une disparition de la ressource alors qu'un bien dont l'accès est payant même à coût social conduit à une

valorisation de cette ressource. Selon les résultats de l'enquête, le prix proposé varie entre 100 à 12 000 FCFA l'an, ce qui conduit à un prix moyen de 2831,58 FCFA.

Enfin, la proposition des cultures utilisant peu d'eau est venue de 17,80% des ménages, car les cultures de contre saison sont consommatrices d'eau. A cet effet, il serait plus intéressant de proposer des cultures à cycle court (2 à 2,5 mois) c'est-à-dire consommant moins d'eau pour éviter des sorties massives d'eau du barrage au détriment des besoins de consommation (eau de boisson). En outre, plus de la moitié des ménages soit 56,69% ont proposé que le comité étatique prenne en charge la surveillance du barrage. L'argument avancé est que l'Etat est plus crédible que les autres formes de surveillance. Deux autres propositions de même poids sont émises pour garantir une surveillance de la ressource. Il s'agit de la brigade de l'eau et du comité villageois. La brigade de l'eau est censée jouer le rôle de la « police verte » pour réglementer l'usage de l'eau et éviter le gaspillage.

II.2.4-Contribution monétaire des ménages

La contribution monétaire des ménages a été évaluée par la méthode de l'évaluation contingente. L'analyse du consentement à payer est menée à deux niveaux. Cette analyse a tenu compte de la dimension temporelle. En effet, il est évident que la disponibilité de l'eau dans le barrage ne peut pas être la même en tout temps. Ainsi, deux périodes importantes ont été retenues pour l'analyse du CAP. Il s'agit de la période froide (décembre 2011) et de la période chaude (mai 2012).

II.2.4.1. CAP moyen et CAP médian

La mise en œuvre de la méthode basée sur la question ouverte a permis de capter la contribution des usagers du barrage. L'enquête effectuée à la période froide (décembre 2011) a permis de constater que sur un effectif de 240 ménages, 87,1% sont disposés à payer contre seulement 12,9% de l'échantillon. A la période chaude (Mai 2012), les mêmes ménages ont été interrogés et on aboutit au résultat que sur un total de 219 ménages, 94,5% sont disposés à contribuer financièrement contre 5,5% des ménages enquêtés. Les valeurs maximales de ces contributions sont estimées à 110 000 FCFA et à 75 000 FCFA respectivement pour la période froide et la période chaude. En période chaude, les ménages préfèrent affecter leur ressource pour acquérir de l'eau potable d'autres sources car l'eau du barrage devient de plus en plus insalubre. Ainsi le CAP moyen de la période froide est de 9 313,75 FCFA et celui de la période chaude est de 7 627,39 FCFA. Le tableau 3.9 présente le détail des résultats.

Tableau 3. 9: Statistiques descriptives sur le CAP en FCFA

	Ensemble	Période froide	Période chaude
Moyenne	8509	9313,75	7627,39
Médiane ²²	4000	6000	3000
Mode	3000	0	3000
Std. Deviation	11698	12973	10075
Minimum	0	0	0
Maximum	110000	110000	75000

Source: données d'enquêtes.

Les résultats du tableau montrent que le CAP moyen obtenu à la période froide (9 313,75 FCFA) est supérieur à celui de la période chaude (7 627, 39 FCFA). Ce résultat semble étonnant car en période chaude, la demande en eau est plus importante qu'en période froide surtout avec la dégradation prononcée du barrage. Dans ces conditions, le CAP moyen de la période chaude devrait être plus élevé. Dans ce cas précis, on constate que les résultats trouvés sont contraires aux attentes. Ces résultats s'expliquent par le fait qu'en période froide (juin jusqu'en janvier), les ménages sur la base des revenus espérés consentent de payer plus pour la protection du barrage en anticipation de la période chaude. En période de récolte (période froide), les ménages peuvent facilement écoulés une partie de leur production pour pouvoir faire face aux dépenses de protection. Par contre en période chaude, bien que la demande en eau soit plus élevée, les ménages se trouvent dans une période qualifiée de soudure. Ils n'ont pas les capacités financières pour faire face aux dépenses de protection des ressources en eau comme en période d'abondance. Aussi, les questions alimentaires viennent alourdir les charges des ménages et les rendent moins réactifs et ce en dépit de leur volonté manifeste à contribuer.

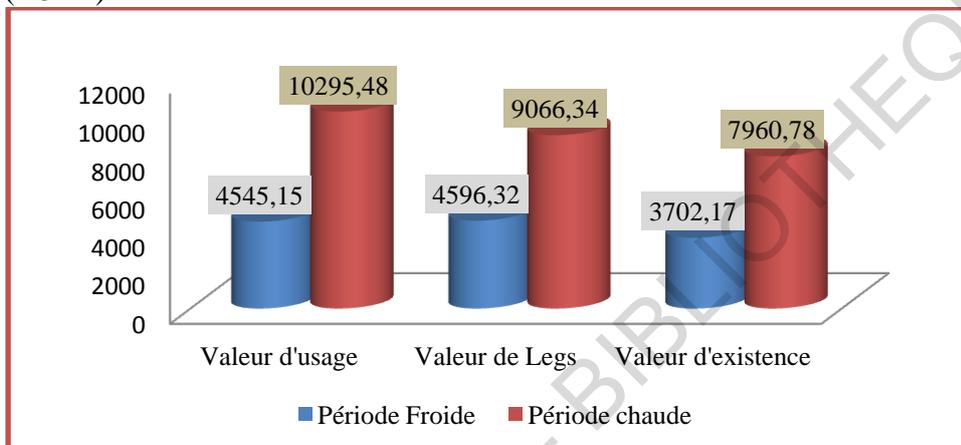
Le CAP du ménage est calculé en prenant en compte trois dimensions de la valeur. Il s'agit de sommer trois valeurs : la valeur d'usage, la valeur d'existence et la valeur de legs.

²² La valeur médiane du CAP est inférieure à la valeur moyenne sur les deux périodes. Dans cette recherche, le CAP moyen est considéré pour l'analyse. En effet, le CAP moyen est préféré au CAP médian car il prend mieux compte de la variation des préférences des différents individus, dont l'agrégation doit permettre de déterminer les préférences de l'ensemble de la société (Pearce et al, 2006). Le consentement à payer médian est moins sujet aux valeurs extrêmes qu'un consentement à payer moyen (c'est une des caractéristiques de la médiane par rapport aux moyennes, en statistique descriptive). Le consentement à payer moyen prend en compte les valeurs extrêmes trouvées, sachant que dans une évaluation contingente, on trouve des CAP nuls (la personne ne veut rien payer, elle estime qu'elle doit être dédommée de l'existence d'un risque pour santé). Pour toutes ces raisons le CAP moyen est choisi. Le panel utilisé un panel non cylindré car l'effectif total de la période froide est de 219. Il était impossible de remplacer systématiquement les valeurs manquantes par celles de la première période car rien de garantie que les préférences auraient été les mêmes. Cependant, avec ce panel non cylindré, il y a eu une marge d'erreur de 5%.

L'analyse du graphique 3.10 permet de faire ressortir que la valeur moyenne de legs est légèrement supérieure à celle de la valeur d'usage pour la période froide.

Quant aux résultats de la deuxième période, on remarque que la valeur moyenne d'usage est plus élevée que les deux autres valeurs. Cette différence de valeurs entre les deux périodes s'explique par le niveau de la disponibilité de l'eau. Pendant la période chaude, la demande d'eau est beaucoup plus élevée pour les usages différents. Or en période froide, l'eau étant abondante, les interrogés pensent beaucoup plus aux générations futures. Le graphique 3.10 donne les différentes valeurs du CAP décrites.

Graphique 3. 10 : Valeurs d'usage, de legs et d'existence à la moyenne de l'échantillon (FCFA)²³



Source : données d'enquêtes

En période froide, la valeur d'usage représente 35,39% de la valeur moyenne totale. Elle est légèrement inférieure à celle de legs qui s'estime à 35,79%. La valeur d'existence a le plus faible poids. En période chaude, la valeur d'usage a le poids le plus élevé soit 37,68% de la valeur moyenne totale. La valeur d'existence représente 29,14%. En comparant les valeurs moyennes des deux périodes, on constate que la valeur d'usage moyenne, la valeur de legs moyenne et celle d'existence ont augmenté de la période froide à la période chaude.

La contribution à l'amélioration de la qualité du barrage n'est pas que monétaire. Cette contribution est accompagnée d'une forme non monétaire. En effet, 84,57% des ménages sont prêts à contribuer sous une autre forme hormis la forme monétaire aux activités visant à protéger et gérer le barrage contre 15,43% des ménages interrogés. Ces chiffres sont très proches de ceux obtenus dans la contribution monétaire. Différentes formes de contributions non monétaires utiles à l'amélioration de l'état de la ressource ont été analysées. Il ressort que 61% des ménages sont disposés à participer aux activités qui améliorent l'état du barrage en

²³ Le détail des calculs des différentes valeurs sont en annexe 6

apportant de la main d'œuvre. Toute activité ne peut se réaliser sans une main d'œuvre et encore moins dans le domaine des ressources en eau. La contribution en nature est également importante pour réussir des activités de désensablement et d'aménagement.

Les ménages disposés à cette forme de contribution représentent 33% de l'échantillon. Cette contribution comprend les apports en graviers, en cailloux, en eau, en sable... Les dons et les autres formes de contributions (encouragement, soutien moral...) représentent respectivement 5% et 1% des ménages.

II.2.4.2- Valeur économique totale du barrage de Yitenga

La valeur totale du barrage de Yitenga est obtenue en faisant la somme du consentement à payer total des ménages riverains et du consentement total des macro-agentes. Les macro-agentes²⁴ sont des agents dont la contribution individuelle est très élevée.

Soit VT_1 la valeur totale des contributions des ménages (agents individuels) et VT_2 la valeur totale des contributions des agents macro-agentes. La valeur totale du barrage notée VTB est égale à la somme des deux grandeurs. La contribution totale des ménages est calculée à la moyenne d'ensemble de l'échantillon en tenant compte des deux périodes. La valeur moyenne du CAP en prenant en compte les deux périodes est de 8 509 FCFA. Pour un nombre total de ménage évalué à 3679 on a :

$VT_1 = 3679 \times 8509 = 31\,304\,611$ FCFA. Il ressort donc que la contribution totale des ménages de la zone est de 31 304 611 FCFA. A cette contribution s'ajoute celle des macro-agentes représentée dans le tableau 3.10.

Tableau 3. 10 : Contribution des macro-agentes en FCFA

Agents	CAP
Marie Pouytenga	5 000 000
Marie Koupéla	10 000 000
ONEA	7 110 000
Groupement des pêcheurs	25 000
Groupements des Maraîchéculteurs	1 200 000
Ministère de l'environnement	2 000 000
Ministère de l'Agriculture	--
Total	25 335 000

Source : données d'enquêtes

²⁴ Les mairies, l'ONEA, les groupements de pêcheurs, de Maraîchéculteurs et les services techniques de l'Etat (direction régionale de l'environnement et l'agriculture).

La contribution totale des macro-agents (VT2) est de 25 335 000 FCFA. Finalement la valeur totale du barrage de Yitenga est donnée par la formule suivante : $VTB = VT_1 + VT_2$.

Ainsi, on obtient une valeur globale de cinquante six millions six cents trente neuf mille six cents onze francs CFA (56 639 611 FCFA).

II.2.5- Externalités

L'externalité²⁵ ou effet externe désigne une situation économique dans laquelle l'acte de consommation ou de production d'un agent influe positivement ou négativement sur l'utilité d'un autre agent, sans que cette influence ne passe par un marché. Cette interaction entre agents se passe sans compensation financière. Une externalité apparaît à la frontière de la sphère marchande et de la sphère non marchande chaque fois que s'opèrent des passages d'une sphère à l'autre qui ne sont pas automatiquement compensés financièrement.

Dans le domaine environnemental, les interactions entre les hommes et la nature produisent les deux types d'externalités évoqués ci-dessus. Dans la zone du bassin versant de Yitenga, la présence du barrage a favorisé la migration de races d'oiseaux d'autres lieux vers les alentours du barrage et l'apparition de plantes. Les plantes qui poussent autour du point d'eau peuvent servir dans la médecine traditionnelle ou pharmacopée traditionnelle et dans le maintien de certains types d'espèces. L'usage des plantes pour des soins de santé est fréquent dans les zones rurales.

En effet, les ménages riverains utilisent les plantes pour se soigner en cas de maladies. En effet, 24% des ménages riverains font recours aux plantes contre 76% dans le bassin versant de Yitenga.

II.3. Pratique et adoption des techniques de conservation des eaux et sols

Les techniques de conservation des eaux et des sols (CES) participent fortement à la protection des eaux à l'échelle individuelle. Il s'agit dans cette partie, de caractériser les techniques et mettre l'accent sur leur niveau d'adoption.

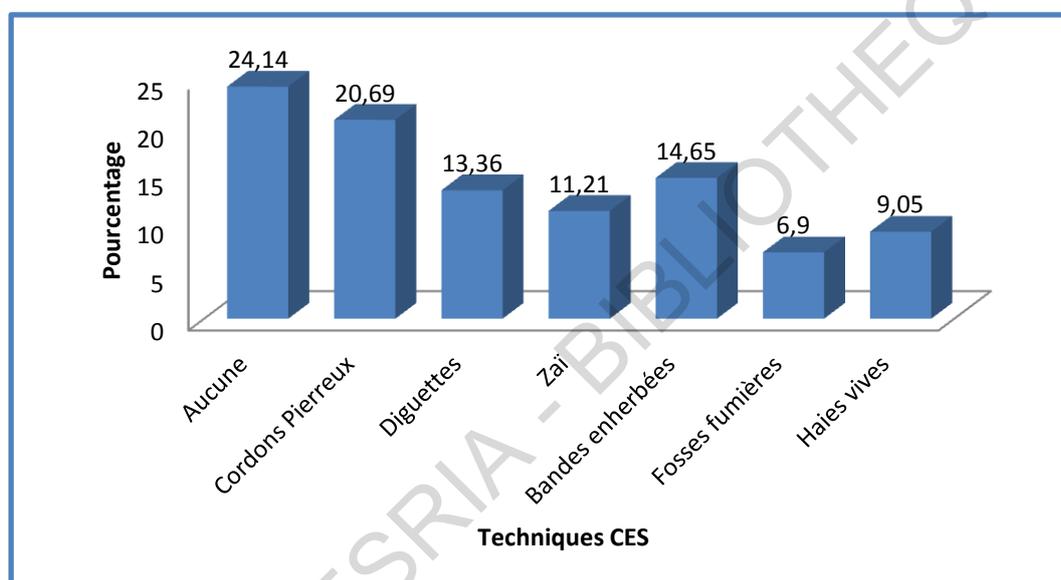
²⁵ La définition de l'externalité est donnée par Arthur Cecil Pigou, en 1920, comme suit: « L'essence du phénomène est qu'une personne A, en même temps qu'elle fournit à une autre personne B un service déterminé pour lequel elle reçoit un paiement, procure par là même des avantages ou des inconvénients d'une nature telle qu'un paiement ne puisse être imposé à ceux qui en bénéficient ni une compensation prélevée au profit de ceux qui en souffrent ».

II.3.1 Niveau d'adoption des techniques CES

Dans la zone d'étude, les cordons pierreux sont la technique la plus adoptée (20,69% de l'échantillon). Cela peut s'expliquer par le fait que l'apport du ménage dans la réalisation de cette technique se résume à la main-d'œuvre.

Les ONG fournissent généralement les matériaux nécessaires (pierre) et apporte des soutiens financiers ou en nature pour la réalisation des cordons pierreux. On note qu'il existe d'autres formes de lutte anti-érosive dans les villages d'étude, à savoir les bandes enherbées et les diguettes.

Graphique 3. 11 : Taux (%) d'adoption des techniques CES



Source : données d'enquête (2011)

Les ménages qui ont adopté la technique des bandes enherbées et celle des diguettes représentent respectivement 14,65% et 13,36% de l'échantillon. Elles constituent les techniques les plus répandues dans la zone après les cordons de pierreux.

Ceci est également dû au fait que tout comme la technique des cordons pierreux, l'apport des ménages se limite à la main-d'œuvre et qu'ils bénéficient du soutien des ONG. Les techniques du zai existent dans 11,21% des ménages enquêtés. Cette pratique, très ancienne, est surtout répandue dans le plateau central au Burkina Faso. Les haies vives et les fosses-fumières sont très peu développées dans la zone. Seulement 9,05% et 6,90% des ménages ont respectivement adoptées ces deux techniques.

Le faible développement de ces techniques peut s'expliquer par le fait qu'elles ont des coûts élevés pour la fosse fumière (3 sacs de ciment en moyenne par fosse) et pour les haies vives par des considérations coutumières (interdit de planter des arbres si l'on n'est pas propriétaire foncier).

II.3.2. Caractéristiques socioéconomiques des ménages et adoption de CES

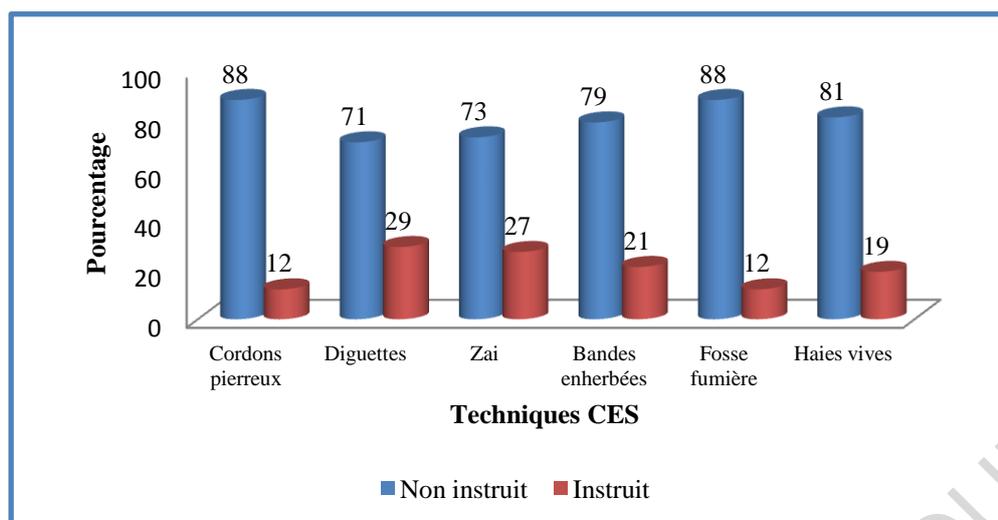
II.3.2.1. Age du chef de ménage

La répartition des taux d'adoption des différentes techniques de CES par classe d'âge montre que 33% du taux d'adoption des cordons pierreux est détenu par les ménages ayant 60 ans et plus et 31% par ceux qui ont entre 30 et 40 ans. Quant aux autres classes, la proportion est inférieure à 15%. Pour la technique des diguettes, c'est la première classe d'âge de 40 à 50 ans qui est la plus représentée avec 39%, les autres classes d'âge représentant chacune moins de 19% du taux d'adoption des diguettes. En ce qui concerne le zaï, on note que plus le ménage est âgé, plus la proportion dans le taux d'adoption est élevée. Au niveau des bandes enherbées, à l'exception des ménages ayant entre 20 et 30 ans, la proportion des ménages dans l'adoption de cette technique est presque la même pour les différentes classes. En effet, les moins de 30 ans représentent environ 3% tandis que pour les autres classes, la proportion est comprise entre 21 et 29%. On note cependant que les ménages ayant entre 50 et 60 ans sont ceux qui ont le plus adopté les bandes enherbées. Les fosses fumières sont généralement l'apanage des ménages de plus de 60 ans. En effet, 44% du taux d'adoption des fosses fumières sont l'œuvre de ces ménages 19% pour les classes d'âge de 30 à 40 ans et 50 à 60 ans. Quant aux classes d'âge de 40 à 50 ans et de moins de 30 ans, elles représentent respectivement 13 et 6%. Pour les haies vives, on note une égale répartition (29%) entre les classes de 30 à 40 ans et de 40 à 50 ans. Parmi les autres classes, la proportion des ménages (24%) ayant adopté les haies vives est plus importante pour ceux qui ont plus de 60 ans.

II.3.2.2. Niveau d'éducation du chef de ménage

L'analyse des taux d'adoption des différents types de CES par les ménages selon leur niveau d'instruction se caractérise par une nette dominance des ménages non instruits avec un taux de plus de 70% et cela quelque soit la technique de CES. Le graphique 3.12 illustre parfaitement cette différence.

Graphique 3. 12 : Taux d'adoption (%) des techniques de CES selon l'éducation



Source : données d'enquête (2011)

Le fort taux des ménages non instruits mais adoptant les techniques CES, se justifie par la prédominance des ménages non instruits dans l'échantillon.

II.3.2.3- Activité principale du chef de ménage

L'adoption des techniques de CES est surtout l'œuvre des ménages agricoles. En effet, le zaï est pratiqué uniquement (100%) par les ménages ayant comme activité principale l'agriculture. Dans une proportion quasi-équivalente (plus de 90%), ces derniers ont adopté les techniques de cordons pierreux, bandes enherbées et haies vives. Quant aux diguettes et aux fosses fumières, les proportions sont de 87% et de 81% respectivement pour ces ménages.

II.3.2.4. Taille du ménage

Concernant la répartition des taux d'adoption des CES selon la taille du ménage, plus de 50% des techniques sont utilisées par les ménages ayant 5 et 10 membres et ceci quelque soit le type de CES, avec une proportion de plus de 60% dans le cas des haies vives. Les ménages dont la taille est comprise entre 10 et 15 membres, ont également adopté les CES mais dans des proportions moindre (environs 20%). En effet, les ménages de grande taille préfèrent pratiquer une agriculture extensive qu'une agriculture intensive.

II.3.2.5- Main d'œuvre du ménage (actifs)

A l'exception des fosses fumières, les ménages ayant moins de 5 actifs ont le plus adopté les différentes techniques de CES avec un taux de plus de 60%. Dans le cas des fosses fumières ce sont les ménages ayant entre 5 et 10 actifs qui les ont le plus adopté.

II.3.2.6. Accès au marché et au crédit

On remarque que les ménages ayant accès au marché sont plus représentés dans les taux d'adoption des différentes techniques CES à l'exception du zaï où 69% des ménages ayant adopté cette technique n'ont pas accès au marché. Pour les autres techniques, plus de 70% des ménages ayant accès au marché les ont adoptés. L'examen des taux d'adoption selon l'accès au crédit, montre que plus de 80% des techniques CES sont adoptées par les ménages n'ayant pas accès au crédit alors que ceux qui en ont, ne représentent que moins de 20%. On note cependant que les ménages qui ont accès au crédit ont plus adopté (19%) les diguettes et les fosses fumières par rapport aux autres techniques. Ce comportement se justifie par le mauvais état du barrage. Le tableau 3.11 donne la disposition maximale à payer des ménages avec ou sans crédit.

Tableau 3. 11 : Disposition à payer en FCFA pour la mise en place des techniques CES sans et avec crédit

	Sans crédit			Avec crédit		
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
Cordon pierreux	1 000	200 000	47 181,53	1 000	400 000	58 868,35
Diguettes	1 000	100 000	20 571,46	1 000	150 000	27 632,41
Zaï	1 500	100 000	26 916,67			
Demi-lune	1 500	100 000	27 900,00	1 500	100 000	31 750,00
Bandes enherbées	1 000	50 000	15 500,00	1 000	150 000	23 170,76
Jachère	10 000	100 000	45 000,00	11 000	100 000	45 333,33
Agroforesterie	1 250	400 000	84 091,67	1 250	400 000	81 818,75
Bouli	10 000	25 000	17 500,00			
Fosse fumière	1 000	100 000	28 190,48	1 000	160 000	32 026,92
Fumure organique	500	200 000	29 701,22	1 000	150 000	24 993,90
Paillage	500	60 000	24 041,67	3 000	60 000	21 900,00
Pastoralisme transhumant	20 000	100 000	60 000,00	50 000	500 000	223 333,33
Latrines	1 500	300 000	85 032,26	1 500	400 000	100 979,17
Haies vives	2 000	263 500	47 812,50	2 000	263 500	86 111,11
Autres (amandement)	1 250	13 500	6 750,00	25 000	25 000	25 000,00

Source : données de l'enquête

La situation actuelle des sols et des eaux favorise un engagement plus prononcé des ménages ruraux pour la mise en œuvre des techniques. Quelle que soit la technique²⁶, les résultats montrent que la disposition, minimale évolue de 500 FCFA à 500 000 FCFA. Les dispositions moyennes varient quant à elles de 6 750 FCFA à 86 111, 11 FCFA.

²⁶ Dans le premier scénario où il n'y a pas de structure de crédit qui accompagne la mise en œuvre des CES

Les valeurs moyennes calculées dans ce cas sont deux fois supérieures aux valeurs moyennes avant la dégradation des sols et des eaux (notamment le barrage). Ceci montre le niveau de prise de conscience des ménages vis-à- de l'état de leur environnement.

L'apport du crédit dans le développement des activités agricoles est important dans la mesure où les ménages peuvent réaliser des investissements productifs. Dans la mise en œuvre des techniques antérieures, les ménages ont très peu bénéficié d'assistance et encore moins de l'assistance financière. Le second scénario consiste à mesurer la disposition des ménages à mettre en place les techniques CES si on leur octroyait un crédit à cet effet. Toutefois, les ménages n'ont pas la même vision par rapport à certaines prises de décisions. En effet, 55,7% des ménages sont disposés à contracter un crédit pour financer la mise en œuvre des techniques contre 44,3% qui sont contre le principe. Ces derniers estiment qu'il n'est pas opportun d'emprunter pour financer de telles activités car elles comportent certains risques. Comparativement à la situation sans crédit, on remarque que les valeurs sont encore plus élevées. Les dispositions minimales à payer varient de 1000 FCFA à 50 000 FCFA, tandis que les valeurs maximales sont entre 25 000 FCFA et 500 000 FCFA. Ces chiffres montrent qu'en présence de crédit, une part importante des ressources sont allouées aux techniques CES. Des mécanismes d'octroi de crédit doivent être encouragés pour accompagner les ménages dans l'intensification de la mise en place des techniques adaptées dans la zone du bassin versant de Yitenga.

II.3.2.7- Revenu du ménage

L'examen des tranches de revenus pour chaque type de CES fait apparaître une nette dominance des ménages ayant un revenu annuel de plus de 200 000 FCFA. En effet, plus de 60% des ménages se situant dans cette tranche de revenu ont adopté les techniques CES. Pour les tranches de revenu, la répartition diffère selon le type de technique CES. Dans le cas des tranches de revenu de 100 000 et 150 000 FCFA, la répartition est assez homogène pour les diguettes (16%) et les haies vives (10%). En revanche, plus de 19% des ménages ayant adopté les cordons pierreux, les bandes enherbées, les fosses fumières et les haies vives ont les plus faibles revenus (inférieur à 100 000 FCFA).

L'analyse de l'adoption des différentes techniques de CES selon le revenu non agricole se caractérise par une domination des ménages ayant un faible revenu agricole à l'exception du zai et des fosses fumières où les ménages qui ont le revenu non agricole le plus élevé, les pratiquent.

Dans le cas du zaï, on note que le plus ce revenu augmente et plus le ménage l'adopte. Pour les fosses fumières par contre, plus de la moitié des ménages qui l'ont adopté ont les revenus non agricoles les plus élevés (plus de 200 000 FCFA).

En revanche, l'adoption des diguettes a été dans plus 71% des cas l'apanage des ménages ayant les plus faibles revenus agricoles (moins de 10 000 FCFA). Dans le cas des cordons pierreux et des bandes enherbées, on note une dominance des ménages à faible revenu non agricole avec plus de 30% contre une répartition homogène moyenne d'environ 18% pour les autres tranches de revenu non agricole inférieur à 200 000 FCFA.

II.3.2.8- Nombre de bovins

Concernant la répartition des taux d'adoption des CES selon le nombre de bovins possédés par le ménage, plus de 70% des cas d'adoption des CES est le fait des ménages ayant moins de 5 bovins. Pour les ménages ayant plus de 5 bovins, la proportion est de 13%. En effet, les ménages ayant plus de bovins peuvent facilement pratiquer la traction animale comparativement à ceux qui n'en disposent pas.

II.3.3- Caractéristiques liées à la parcelle

II.3.3.1- Superficie

L'analyse de la répartition des techniques de CES selon la superficie révèle que les ménage à grande superficie sont ceux qui adoptent le plus les techniques de CES. En effet, plus de 60% des ménages ayant adopté au moins une des CES (sauf pour les bandes enherbées et les fosses fumières) ont une superficie de plus de 2 hectares. Ces deux techniques se caractérisent par une domination des ménages de plus de 2 ha (44%) dans le cas des bandes enherbées et ceux ayant des superficies de plus de 2 ha et de 1 à 1,5 ha pour les fosses fumières. De façon générale, les ménages de moins 1 ha adoptent très peu les techniques de CES.

II.3.3.2- Pente de la parcelle

Le milieu physique de la zone est peu riche et nécessite un peu d'investissement en matière de conservation des sols. Ceci devient un impératif car tous les ménages interrogés (100%) trouvent que le phénomène de l'érosion est réel. Face à ce phénomène menaçant et à l'appauvrissement des sols, des techniques de protection sont adoptées

On remarque que les ménages dont les parcelles se situent sur des pentes non inclinées sont plus aptes (plus de 55%) quant à l'adoption des techniques des cordons pierreux, des diguettes et des haies vives. A contrario, dans le cas des trois autres techniques CES, on note une

répartition presque homogène avec une dominance des ménages dont les parcelles ne sont pas sur des pentes inclinées pour le zaï (58%) et les bandes enherbées (56%).

Par contre, pour les fosses fumières, ce sont les ménages ayant leurs parcelles situées sur le flanc des collines qui les adoptent le plus (56%).

II.3.3.3- Quantité d'intrants utilisés sur les parcelles

La répartition des différentes quantités d'intrants utilisées par les ménages montre que plus de la moitié des ménages utilisant moins de 50 kg d'intrants, ont adopté les cordons pierreux (52%), le zaï (73%), les bandes enherbées (56%) et les fosses fumières (69%). Quant aux diguettes et aux haies vives il s'agit plutôt de ceux utilisant plus de 200 kg d'intrants (40%).

II.3.3.4- Régime foncier

L'examen du statut foncier montre que plus de 70% des techniques de CES sont adoptées par les ménages propriétaire foncier, alors que pour les non propriétaires terriens le taux d'adoption oscille autour de 17%.

II.3.3.5- Nombre année exploitation de la parcelle

L'examen du nombre d'années d'exploitation des parcelles par tranches fait apparaître une nette domination (plus de 60%) des ménages présents sur leurs parcelles depuis plus de 20 ans dans l'adoption des différentes techniques de CES.

II.3.3.6- Usage de la parcelle pendant dix ans au moins

On note que les ménages pouvant disposer de leurs parcelles dans les 10 années à venir sont plus disposés à adopter les différentes techniques de CES. En effet, à l'instar du régime foncier, plus de 70% des ménages adoptant les techniques de CES sont assurés de posséder encore leurs parcelles au moins 10 ans encore.

II.3.4- Caractéristiques liées aux techniques de CES

II.3.4.1- Assistance dans la mise en œuvre des CES

Il ressort des statistiques que 46,15% des ménages ont bénéficié d'une assistance lors de la mise en œuvre des techniques contre 53,85% des ménages. Beaucoup de ménages ont bénéficié de l'assistance financière et technique dans la phase de mise en œuvre notamment dans la construction des latrines et des fosses fumières auprès de certains projets tels le 2iE/CRDI, Petit Barrage, Plan Burkina. Concernant la mise en œuvre des CES, plus de 63% des cas d'adoption des cordons pierreux, des bandes enherbées et des fosses fumières ont été l'œuvre des ménages n'ayant pas bénéficié d'une assistance.

A l'inverse, plus de la moitié des ménages n'ayant bénéficié d'aucune assistance ont adopté les diguettes, le zaï et les haies vives.

II.3.4.2- Coût moyen d'une technique

Concernant le coût moyen d'une technique de CES repartie par tranche, on note une répartition hétérogène des ménages selon les différents types de techniques. L'adoption des cordons pierreux, des fosses fumières et des haies vives se caractérise par une domination (plus de 40%) des coûts moyens compris entre 25 000 et 50 000 FCFA. Quant aux diguettes, plus de 65% des cas d'adoption concernent un coût moyen de plus de 100 000 FCFA. De même pour le zaï et les bandes enherbées, les tendances s'observent pour un revenu moyen supérieur à 100 000 FCFA avec des taux d'adoption respectifs de 42 et 41%. Actuellement dans la zone le coût moyen de mise en œuvre des techniques est représenté dans le tableau 3.12.

Tableau 3. 12: Coût financier moyen en FCFA de la mise en œuvre des techniques CES

Techniques CES	Moyenne
Cordon pierreux	29 351,89
Diguettes	1 032,26
Zaï	----
Demi-lune	----
Bandes enherbées	3 053,57
Jachère	6 666,67
Agroforesterie	7 404,57
Bouli	----
Fosse fumière	11 522,73
Fumure organique	10 015,04
Paillage	1 250,00
Pastoralisme transhumant	3 900,00
Latrines ²⁷	81 634,33
Haies vives	2 406,25
Autres (amendement)	30 000,00

Source : données d'enquête

De façon générale, les techniques comme les cordons pierreux, l'agroforesterie, les latrines et le pastoralisme transhumant sont les plus coûteuses en main d'œuvre. Les coûts moyens en main d'œuvre de ces techniques sont respectivement de 44 153,85 FCFA, 34 270,83 FCFA, 18 784,62 FCFA et 15 850 FCFA.

²⁷ Les latrines sont considérées comme des techniques CES car de ces latrines sont extraites des fertilisants pour le sol. Elles permettent aussi de conserver le cadre de vie sain en protégeant les points d'eau des excréta humains.

Le paillage et les diguettes sont moins coûteux pour les ménages agricoles. Ces coûts faibles ne traduisent pas un manque de besoins en main d'œuvre. En dehors de ces aspects financiers, la mise en œuvre des techniques CES requiert un temps de travail pour le ménage.

II.3.4.3- Quantité de main d'œuvre nécessaire pour la mise en œuvre de la technique

Tout comme le coût moyen, on note une répartition hétérogène des ménages selon les différents types de techniques. En effet, la répartition des différents taux d'adoption des CES selon la quantité de travail par tranche montre que 35% et 45% des ménages adoptent respectivement les cordons pierreux et les diguettes si la quantité de travail exigée est comprise entre 10 et 15 hommes. Par contre pour le zaï (65%) et les fosses fumières (31%), les ménages sont disposés à les adopter si la quantité de travail nécessite entre 5 et 10 hommes. Quant aux haies vives et les bandes enherbées, près de 30% des ménages les adoptent si elles exigent moins de 5 hommes en main d'œuvre. L'adoption et la diffusion des techniques CES dans la zone sont d'une grande importance notamment en matière de production agricole et de protection des eaux et des sols.

II.3.4.4- Distance entre le ménage (lieu de résidence) et le barrage (lieu d'exploitation)

L'analyse des taux d'adoption pour chaque type de techniques de CES fait ressortir une répartition assez homogène pour les différentes tranches de distances supérieures à 0,5 km à l'exception des fosses fumières où 81% des ménages ayant adopté cette technique sont situés à plus de 3 km du barrage. En revanche, environ plus de 40% des ménages situés à moins de 0,5 km du barrage sont les plus disposés quant à l'adoption des cordons pierreux, des diguettes et des haies vives.

Le paragraphe suivant fait une analyse statistique des comportements de production et de consommation des ménages de la zone.

II.4- Analyse statistique de la production et de la consommation

Les données relatives au comportement de production et de consommation proviennent de la première phase de l'enquête de terrain. La base brute était constituée de 240 ménages. Pour la mise en œuvre du modèle producteur-consommateur, seuls les ménages qui sont à la fois producteurs (agriculteurs) et consommateurs ont été retenus. Ainsi 232 ménages répondant à ce critère (producteurs-consommateurs) ont pu être interrogés. Les données recueillies pour cette analyse peuvent se regrouper en quatre catégories; à savoir les caractéristiques des ménages, les caractéristiques de la production, celles de la consommation et certaines caractéristiques liées aux barrages. Outre ces quatre catégories de variables, d'autres variables

susceptibles d'influencer la consommation et la production ont été ajoutées. Il s'agit entre autres des distances qui séparent les ménages des principaux marchés de la zone (village, Pouytenga et Koupéla), des transferts monétaires perçus par les ménages, etc.

II.4.1- caractéristiques de la production et de la consommation dans la zone d'étude

II.4.1.1- caractéristiques de Production

La production des ménages a été répartie en quatre types à savoir la production vivrière, la production des cultures de rente, l'offre de la main d'œuvre et celle des intrants. La production vivrière et celle de rente sont obtenues par agrégation des différentes productions selon la classification de l'INSD. Le tableau 3.13 donne les différentes cultures composant ces deux types de production.

Tableau 3. 13: Classification de la production agricole

Production vivrière	Production de rente
Riz, Mais, Mil, Sorgho, Haricot	Arachide, Soja, Coton, Sésame
Piment, Gombo, Aubergine, Tomate, Chou, Oignon	

Source : données d'enquête

En ce qui concerne la main d'œuvre produite, il s'agit de la quantité totale de la main d'œuvre (en homme.jour) du ménage louée à d'autres ménages ou autres personnes dans le village ou hors du village. Quant à la production d'intrants, elle représente la quantité totale en kg d'intrants vendus par le ménage. Il s'agit surtout du fumier fabriqué dans les fosses fumières ou obtenu à partir de l'embouche. Le tableau 3.14 donne les valeurs moyennes des différents types de production.

Tableau 3. 14: Statistiques descriptives de la production

Production	Nombre d'observation	Minimum (kg)	Maximum (kg)	Moyenne (kg)	Ecart type
Vivrière	232	80	27 885	1 981	2 759
Rente	232	15	2 700	255	292
Main d'œuvre	232	0	10	0,06	0,665
Intrants	232	0	2 300	120	262

Source : données d'enquête

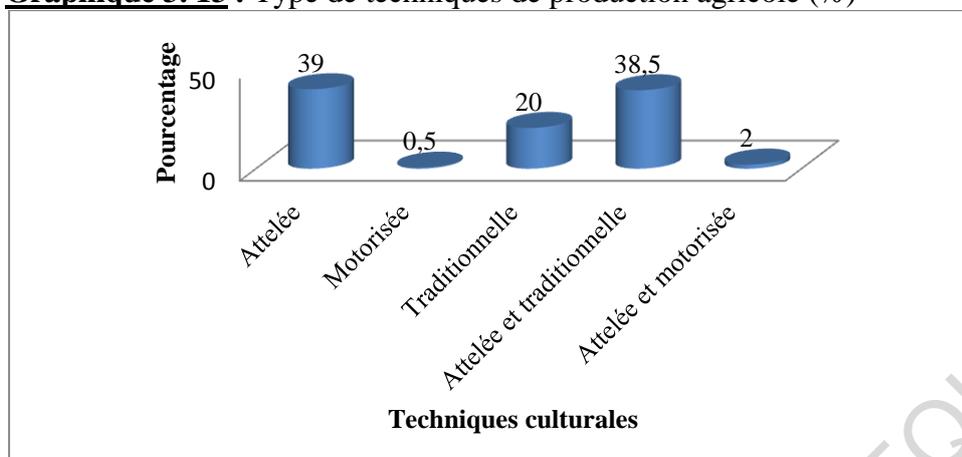
En moyenne la production vivrière par ménage est de 1981 kg par an. Cette production peut atteindre près de 27 885 kg dans certains ménages et moins de 80 kg dans d'autres, avec une moyenne de 255 kg. Dans le cas des cultures de rente, on constate que la production varie

entre 15 kg et 2 700 kg. Il faut souligner que la production de rente est très marginale dans la zone. Le coton en particulier n'est presque pas cultivé. La plus répandue est l'arachide comparativement aux autres (coton, sésame et soja).

L'activité agricole est une des activités prépondérantes dans le bassin versant de Yitenga. Cette production est assurée par les ménages qui combinent plusieurs facteurs de production. Parmi ces facteurs, on a les parcelles constituant un facteur fixe. Les sols au niveau des parcelles n'ont pas la même nature. Il ressort que la plupart des sols sont de type sableux. En effet, 60,4% des ménages cultivent sur des sols sableux. Cette prépondérance est due à la présence du bassin. Généralement, l'eau de ruissellement draine du sable et le déverse sur son passage. Ce type de sol est secondé par le type argileux. Les sols latéritiques et rocailloux difficilement utilisables sont occupés par 8,7% et 3,9% des ménages respectivement.

Les pentes des champs jouent sur le choix des techniques de production et des mesures à prendre pour accroître la productivité. Plus de 40% des champs ont une pente faible, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas inclinés. L'avantage de ce type de champ est qu'il favorise la rétention des éléments nutritifs des sols et ne nécessitent pas de grands efforts pour sa réhabilitation. Ils sont moins sensibles au phénomène de l'érosion. Par contre, sur les champs à pente moyenne et forte, l'effort de protection et de fertilisation devient plus grand. Ces différents types de sols ont besoin d'être entretenus et enrichis par l'apport de certaines substances chimiques telles les engrais. Deux types d'engrais sont principalement utilisés sur les parcelles. Il s'agit du NPK et de l'Urée. Ce sont deux inputs qui jouent pratiquement le même rôle. Cependant, le choix de l'un ou de l'autre dépend fondamentalement des prix. Le NPK est plus utilisé dans les parcelles que l'Urée. Son utilisation est plus intensifiée dans la production de riz que dans la production des autres spéculations. Cette forte préférence pour le NPK découle de son accès facile comparativement à l'Urée et de son action sur l'amélioration des sols. De façon générale, ces deux intrants sont beaucoup utilisés dans la production des cultures maraichères telles le riz irrigué, la tomate, le chou et l'oignon. Ces spéculations demandent beaucoup plus en éléments nutritifs et leur productivité dépend fortement de ces derniers. Au niveau des produits céréaliers, l'usage des engrais est modéré. A l'usage des engrais, on ajoute les types de techniques de production.

Graphique 3. 13 : Type de techniques de production agricole (%)



Source : données d'enquête

On remarque aisément que la culture attelée est plus développée. En effet, 39% des ménages utilisent la technique de culture attelée dans leur parcelle. Cette forte adoption de la technique est due à la présence des asins dans les ménages. Ces animaux sont utilisés pour mettre en valeur les champs à travers les activités de labour. C'est une technique qui réduit l'activité humaine et permet de gagner du temps. Les ménages combinant culture attelée et culture traditionnelle sont nombreux. Les résultats obtenus montrent que 38,5% adoptent cette technique combinatoire. Il existe cependant des ménages qui sont encore dans les pratiques traditionnelles. Les techniques les moins utilisées sont la technique attelée combinée à celle motorisée (2%) et la technique motorisée pratiquée par 0,5% des ménages. Le faible niveau d'utilisation des techniques modernes de production (motorisée) vient de la pauvreté des ménages. Ils ont difficilement accès à ces techniques qui nécessitent d'énormes moyens financiers.

II.4.1.2- Consommation

Tout comme la production, quatre types de consommation ont été retenus en se basant sur la classification de l'INSD : les produits vivriers, les produits de rente, les produits manufacturés et la main d'œuvre. Les produits manufacturés regroupent tous les produits consommés outre ceux de rente et vivriers. Quant à la main d'œuvre consommée, il s'agit de la quantité de main d'œuvre à laquelle le ménage a recours moyennant une contrepartie financière. Dans le

modèle, ce ne sont pas les quantités consommées qui ont été utilisées mais plutôt les parts budgétaires de chaque type de consommation.

Elles ont été obtenues par agrégation de la consommation totale pour chaque type de catégorie de produits à partir des indices des prix et les coefficients de pondération utilisés par l'INSD.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} Q_{ij} P_{ij}}{\sum_{j=1}^n \alpha_j}, \text{ avec } j = 1, 2, \dots, n; \sum_{i=1}^4 w_i = 1$$

Dépenses totales de consommation

n le nombre de sous produits constituant le produit i , α_{ij} le coefficient de pondération pour le sous produit j constituant le produit i , Q_{ij} la quantité consommée du produit j constituant le bien i , P_{ij} le prix du produit j constituant le bien i et w_i la part des dépenses budgétaires du ménage i .

La consommation des ménages est dominée par les cultures vivrières. En effet, la part budgétaire consacrée à ces produits s'élève à près de 0,833 contre 0,073 en moyenne pour les produits de rente et 0,071 pour les produits manufacturés.

Dans certains ménages, la consommation peut représenter plus de 0,997 contre 0,6 pour les produits manufacturés. La demande en main d'œuvre reste marginale, la part du budget qui lui est consacrée est seulement de 0,023 (voir tableau 3.15).

Tableau 3. 15: Statistiques descriptives de la consommation selon les parts de dépenses budgétaires

Part budgétaire	Nombre d'observation	coefficients			
		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Vivriers	232	0,330	0,997	0,833	0,145
Rentes	232	0,000	0,456	0,073	0,106
Manufactures	232	0,002	0,600	0,071	0,094
Main d'œuvre	232	0,000	0,618	0,023	0,064

Source : données d'enquête

II.4.2- Comportements de production et de consommation

Les biens produits sont classés en trois groupes. Les produits céréaliers, les produits maraichers et les produits de rente. Parmi les cultures céréalières, le riz est le seul produit pour lequel, la part vendue est supérieure à la part consommée. En général, le riz est écoulé

sur le marché en grande partie. Cette vente permet aux ménages d'engranger des revenus pour satisfaire des besoins matériels. L'autoconsommation du mil, du maïs et du sorgho est plus élevée que la partie vendue. Ces spéculations sont destinées à satisfaire les besoins de consommation. Très peu de ménages vendent leur production.

Cependant, La plupart des productions maraichères sont écoulées sur le marché dans le but d'avoir des revenus. Les cultures de rente ne sont pas développées dans la zone hormis l'arachide. Le comportement des ménages dans la zone est celui des ménages ruraux en général qui prennent leurs décisions de consommation et de production de manière simultanée.

II.4.3- Prix des différentes spéculations

En théorie, il y a plusieurs types de prix. Dans ce cas précis, on retient le prix au consommateur et le prix au producteur. Ce dernier représente le coût du kg du bien auquel le producteur accepte offrir le bien. En milieu rural, il y a généralement un hiatus entre le prix au producteur et le prix au consommateur. En période de récolte, les prix sont bas et hauts en période de soudure. L'explication découle de la loi de l'offre et de la demande. Lorsque la demande devient plus importante que l'offre, il en résulte une hausse des prix. Le tableau 3.16 présente les prix moyens des spéculations autre que les productions de rente à la vente (au producteur) et à l'achat (en période de soudure).

Tableau 3. 16: Prix moyens en FCFA de quelques spéculations agricoles

Spéculations	Prix à la récolte	Prix à la consommation	Variation ²⁸ (%)
Riz	240,46	418,48	74,03
Mais	217,5	221,41	1,80
Mil	135,18	186,28	37,80
Sorgho	94,31	175,31	85,89
Tomate	203,14	454,49	123,73
Chou	336,67	361,59	7,40
Oignon	324,55	609,37	87,76
Gombo	268,85	413,82	53,92
Piment	613,33	650,00	5,98
Haricot	306,77	335,77	9,45

Source : données d'enquête

L'analyse du tableau ci-dessus montre que le prix du riz a presque doublé entre la période de la récolte et celle de la soudure. Le riz est consommé lorsque les greniers sont vides avant la

²⁸ L'écart observé entre les prix à la récolte et ceux à la consommation vient non seulement des coûts de transactions et de la disponibilité de l'offre à un moment donné de l'année.

récolte prochaine. Pour répondre aux besoins de consommation, les ménages ont recours au riz. Les spéculations telles le mil et le sorgho sont beaucoup plus consommées que le riz.

Les prix moyens au producteur sont respectivement de 135,18 FCFA et 94,31 FCFA le kg tandis que les prix moyens de ces mêmes biens acquis par les ménages trois à quatre mois s'estiment respectivement à 186,28 FCFA et 175,31 FCFA le kg. Les produits maraichers sont dans la plupart des cas surévalués sur le marché. Au producteur, le prix moyen est relativement faible comparativement au prix sur le marché. Les produits de rente ne font pas objet d'achat mais plutôt de vente. Les prix moyens au kg de l'arachide, du sésame et du soja sont respectivement 210,89 FCFA, 497,06 FCFA et de 500 FCFA.

Ce chapitre a eu pour objectif de présenter les techniques d'échantillonnage et la stratégie de collecte des données et les résultats statistiques. Le choix de l'échantillon s'est effectué en deux étapes. La méthode du choix raisonné combinée à celle des quotas a permis d'identifier les villages et les secteurs à enquêter. Pour les ménages, le choix s'est fait de façon aléatoire. Ensuite, les précautions à prendre pour obtenir des résultats fiables ont été abordés. Les résultats statistiques obtenus montrent que les ménages sont disposés à payer pour la protection du barrage. En outre, l'engagement des ménages à entreprendre des mesures de protection telles les CES a été discuté. Le chapitre suivant porte sur l'analyse et la discussion des résultats économétriques de la thèse. Les résultats économétriques sont exposés, analysés et discutés à la lumière de la théorie économique.

Chapitre 4 : Analyse et discussions des résultats économétriques

Ce chapitre procède à l'évaluation du processus entier de ce travail de recherche et montre la pertinence ou la validité des résultats au regard des questions de recherche et des hypothèses posées et les discute à la lumière de la théorie et des résultats d'autres travaux de recherche. Il s'articule autour de trois sections. Il commence par une première section qui présente les résultats économétriques sur la décision de participation des ménages riverains à la protection du barrage notamment l'analyse du consentement à payer pour une amélioration de la qualité du barrage de Yitenga. Les deuxième et troisième sections exposent les résultats sur l'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols pour une meilleure participation à la protection du barrage et fait une évaluation du bénéfice total de la protection du barrage par la dérivation du modèle du ménage agricole.

I. Participation des ménages à la protection du barrage de Yitenga

L'analyse de la décision à participer à un projet de protection d'une ressource environnementale comme le barrage de Yitenga passe par la compréhension des facteurs explicatifs de cette décision.

Avant de présenter les résultats économétriques en rapport avec les facteurs explicatifs du CAP, les tableaux 4.1 et 4.2 présentent respectivement les résultats du test de liaison entre la disposition à payer et les variables explicatives et le dictionnaire des variables retenues pour l'estimation du modèle à deux étapes de Heckman.

I.1- Test statistique des relations entre les variables : Test de Khi-deux

L'objectif de ce test est d'analyser les relations entre le CAP et les variables retenues afin de dégager le degré d'indépendance. Les résultats des tests au moyen du Khi² théorique pris au seuil de 5% donnent les résultats consignés dans le tableau 4.1.

Tableau 4. 1: Test de liaison des variables explications et la disposition à payer

Variabes	Degré liberté	Chi2 calculé	Chi2 théorique 5%	Décision
Age chef ménage	3	5,381	7,815	Indépendance
Taille ménage	3	1,786	7,815	Indépendance
Main d'œuvre	3	14,767	7,815	Dépendance
Sexe chef ménage	1	16,241	3,841	Dépendance
Niveau éducation	3	14,502	7,815	Dépendance
Ethnie	1	4,395	3,841	Dépendance
Situation matrimoniale	1	3,589	3,841	Indépendance
Profession	2	3,35	5,991	Indépendance
Transferts monétaires	1	12,115	3,841	Dépendance
Foncier	1	12,352	3,841	Dépendance
Crédit	1	4,225	3,841	Dépendance
Nombre bovins	3	1,551	7,815	Indépendance
Distance	3	20,412	7,815	Dépendance
CES	1	29,997	3,841	Dépendance
Dépenses totales	3	8,096	7,815	Dépendance
Religion	1	5,394	3,841	Dépendance
Etat route	1	4,871	3,841	Dépendance
Etat barrage	1	2,083	3,841	Indépendance
Respect règles	1	2,119	3,841	Indépendance
Accès barrage	1	4,54	3,841	Dépendance
Usage eau barrage	1	12,18	3,841	Dépendance
Type usage	4	11,564	9,488	Dépendance
Activités autour barrage	5	21,484	11,070	Dépendance
Membre CLE	1	15,71	3,841	Dépendance
Maladie liée barrage	1	5,475	3,841	Dépendance

Source : résultats d'enquête

L'analyse du tableau 4.1 montre que le niveau du CAP dépend de plusieurs variables. Au niveau des caractéristiques sociodémographiques, le niveau du CAP dépend du sexe du chef de ménage, du niveau d'éducation, de la taille du ménage, de la religion et de l'ethnie du chef de ménage. Egalement le CAP peut être expliqué par certaines caractéristiques économiques du ménage. Il s'agit notamment de l'existence de transferts monétaires, de l'accès au crédit et des dépenses du ménage. Pour ce qui concerne les variables liées au barrage, le niveau du CAP dépend de la distance qui sépare le ménage du barrage, de l'état de la route qui mène au barrage, de l'accès au barrage, de l'usage et du type de l'eau du barrage, des activités menées autour du barrage, le fait d'être membre du CLE et les maladies liées au barrage. Outre ces principales variables, d'autres éléments peuvent expliquer le niveau du CAP. Il s'agit du statut foncier et la pratique des CES sur les parcelles. Le tableau 4.2 donne le dictionnaire des variables ayant servi à l'estimation du modèle d'Heckman ainsi que la description de chacune d'elles.

Tableau 4. 2: Dictionnaire des variables pour l'estimation du modèle de Heckman à deux étapes

Variables	Description des variables
Dap	Disposition totale à payer du ménage (1 si oui et 0 sinon)
Cap	Consentement à payer (en FCFA)
Age	Age du chef de ménage en années (ans)
Age²	Age au carré du chef de ménage
Sexecm	Sexe du chef de ménage (1 masculin et 0 si féminin)
Educ1	Niveau d'éducation : non instruit (1 si oui et 0 sinon)
Educ2	Niveau d'éducation (1 si oui et 0 sinon, variable de référence)
Educ3	Niveau d'éducation primaire (1 si oui et 0 sinon)
Educ4	Niveau d'éducation secondaire et plus (1 si oui et 0 sinon)
Ethnie	Ethnie du chef de ménage (1 mossi et 0 autre)
Sitmat	Situation matrimoniale du chef de ménage (1 si marié et 0 sinon)
Taille	Taille du ménage (Variable continue)
Log	Statut du logement du ménage (1 si maison en dur et 0 si maison en banco)
Profess1	Profession1 de chef de ménage (1 si agriculteur et 0 sinon)
Profess2	Profession 2 du chef de ménage (1 si AGR et 0 sinon)
Profess3	Profession3 du chef de ménage (1 si autre activité et 0 sinon)
Religion	Religion du chef de ménage (1 si chrétien et 0 si musulman)
Distmena	Distance séparant le ménage avec le barrage de Yitenga (en Km)
Etatroute	Etat de la route du ménage au barrage (1 si bon et 0 si mauvais)
Resprectr	Respect des règles établies autour du barrage (1 si respect et 0 sinon)
Distance	Distance séparant la parcelle et la barrage (en Km)
Usageaub	Usage de l'eau du barrage de Yitenga (1 si oui et 0 sinon)
Qeau	Quantité d'eau retirée du barrage par an (en litre)
Usage	Usage de barrea (1 si usage i et 0 sinon) i=agriculture, maraichage, construction, autre
Membrecl	Membre du comité local de l'eau (1 si oui et 0 sinon)
Pces	Adoption des techniques CES (1 si oui et 0 sinon)
Santé	Membre du ménage victime de maladie liée à l'eau (1 si oui et 0 sinon)
Efvil	Effet village (1 si village i et 0 sinon) i=Yitenga, Zaongo, Gorgho, Soulgou, Pissalogo, Poessé
Efsect	Effet du secteur de la ville de Pouytenga (1 si secteur j et 0 sinon), j=secteur 1, secteur2
Actbar	Activité menée autour du barrage
Coutma	Coût des soins en cas de maladies en FCFA
tusage	Type d'usage
Depannue	Dépense annuelle du ménage (variable continue en FCFA)

Source : Construit par l'auteur

I.2. Estimation et qualité du modèle

Les données en panel possèdent deux dimensions : une pour les individus (ou une quelconque unité d'observation) et une pour le temps. Elles sont généralement indiquées par l'indice i et t respectivement. Il est souvent intéressant d'identifier l'effet associé à chaque individu, i.e. un effet qui ne varie pas dans le temps, mais qui varie d'un individu à l'autre. Cet effet peut être fixe ou aléatoire.

En plus de la question des effets individuels, la question de la corrélation et de l'hétéroscédasticité dans le cadre des données de panels est fréquente, ainsi que la question du biais de sélection qui doit également être considérée pour les données de panel.

1.2.1- Nature des effets (fixes ou aléatoires)

Les modèles à effets fixes ou aléatoires permettent de prendre en compte l'hétérogénéité des données mais les hypothèses sur la nature des effets spécifiques diffèrent d'un modèle à un autre. Dans le cas des modèles à effets fixes, on suppose que les effets spécifiques peuvent être corrélés avec les variables du modèle. Par contre pour les modèles à effets aléatoires, on suppose que les effets spécifiques sont orthogonaux aux variables explicatives du modèle. Pour savoir laquelle de ces deux hypothèses est appropriée aux données, on utilise le test de Hausman. En d'autres termes, ce test permet de choisir entre le modèle à effets fixes et le modèle à effets aléatoires.

Il consiste à tester l'hypothèse nulle $H_0 : u_i = 0$ contre l'hypothèse alternative $H_1 : u_i \neq 0$.

Il s'agit d'un test de spécification qui permet de déterminer si les coefficients des deux estimations (fixe et aléatoire) sont statistiquement différents. L'idée de ce test est que, sous l'hypothèse nulle d'indépendance entre les erreurs et les variables explicatives, les deux estimateurs sont non biaisés, donc les coefficients estimés devraient peu différer. Le test d'Hausman compare la matrice de variance-covariance des deux estimateurs :

$$H = \left(\hat{\mathbf{B}}_{FE} - \hat{\mathbf{b}}_{RE} \right) \left[\text{Asy var} \left(\hat{\mathbf{B}}_{FE} \right) - \text{Asy var} \left(\hat{\mathbf{b}}_{RE} \right) \right]^{-1} \left(\hat{\mathbf{B}}_{FE} - \hat{\mathbf{b}}_{RE} \right) \square \chi^2(M)$$

Le résultat suit une loi χ^2 avec $K-1$ (M) degré de liberté. Si on ne peut rejeter l'hypothèse nulle, c'est-à-dire si la probabilité est supérieure au niveau de confiance, on utilisera les effets aléatoires qui sont efficaces s'il n'y a pas de corrélation entre les erreurs et les variables explicatives. L'hypothèse nulle de ce test est qu'il y a seulement une intercepte commune, aucun effet individuel. Le résultat est une statistique F avec $(N-1, NT-N-K-1)$ degré de liberté. Si on rejette l'hypothèse nulle, alors on doit conclure à la présence d'effets fixes.

Tableau 4. 3: Estimations des effets fixes et effets aléatoires

Variables	-----Coefficients-----			
	(B) Fixed	(b) Random	(B-b) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
Age	-5875.959	-75.59825	-5800.36	3537.868
age2	48.93636	.1793006	48.75706	34.25142
Tailleme	-199.4857	-52.70876	-146.7769	453.0694
tmen2	-5.299573	7.581232	-12.88081	13.10583
prof1	-2191.367	-2474.375	283.0085	6288.133
Distmena	1904.811	509.3594	1395.452	470.761
Distance	-807.6342	-149.7024	-657.9318	437.4109
Etatbarr	2377.757	1860.087	517.6693	3165.899
Usageaub	1133.972	3692.637	-2558.665	1931.818
Accebarr	-11442.71	-305.1784	-11137.53	7432.617
Pces	5321.73	-1633.222	6954.951	7497.921
acb1	6012.777	3872.943	2139.834	1461.395
acb2	4945.87	3787.219	1158.651	1705.677
Nbovin	189.7218	154.2349	35.48695	133.9902
Maladieb	-5715.816	-2799.524	-2916.292	2774.865
Coutma	.0844889	.049856	.0346329	.1886166
Eaub	1.993981	1.069809	.9241715	1.755104
Qeauc	-.6267504	1.245257	-1.872007	1.275955
Ptransf	-2341.998	-468.5132	-1873.485	1240.312
Mtrans	.0083979	.0187716	-.0103737	.0067693
Credit	2357.798	2235.975	121.8232	10149.57
Dept	.0010157	.0006771	.0003387	.0007379

Source : résultats d'estimation

Les hypothèses du test de Hausmann sont formulées comme suit :

$$\begin{cases} H_0 : \text{absence d'effet individuel (effet aléatoire)} \\ H_1 : \text{présence d'effet individuel (effet fixe)} \end{cases}$$

Il ressort de l'estimation que le chi2 (17) est de 28, 04 avec une probabilité de 0,045. La probabilité du test est inférieure à 5%, ce qui signifie la présence d'effets fixes. Il y a des effets individuels d'une période à l'autre. Le modèle à effets fixes est donc préférable au modèle à effets aléatoires.

1.2.2. Test d'hétéroscédasticité

1.2.2.1- Principe

Si, par hypothèse, on assume que le terme d'erreur de notre modèle est homoscédastique, on peut dire que l'on a des coefficients efficaces. L'homoscédasticité qualifie une variance constante des résidus de données composant l'échantillon. À l'inverse, on dit qu'il y a hétéroscédasticité lorsque la variance des résidus du modèle n'est pas constante.

L'hétéroscédasticité ne biaise pas les coefficients issus des MCO des coefficients, mais révèle leur inefficacité. En effet, puisque les écarts-types trouvés sont surestimés ou sous-estimés, on ne peut se référer à une table afin de comparer la valeur obtenue aux valeurs critiques de la statistique concernée puisque la valeur obtenue n'est pas la bonne.

L'hétéroscédasticité est une situation fréquemment rencontrée dans les données primaires notamment celles de panel, il est donc important de savoir la détecter et la corriger. Pour détecter l'hétéroscédasticité, on peut recourir à plusieurs tests dont celui de White et celui de Breusch-Pagan. De façon générale, le principe consiste à estimer le modèle à effet fixe ou aléatoire, puis récupérer les résidus de la régression. Ensuite régresser à l'aide des MCO, le carré des résidus en fonction des variables du modèle. On compare ensuite le carré des résidus du modèle. Si on ne peut rejeter l'hypothèse nulle d'homoscédasticité, alors on a $\sigma_{2t} = \sigma^2$, pour tout i , t ce qui implique nécessairement que $\sigma_{2t} = \sigma^2$ pour tout t et $\sigma^2 = \sigma^2$ pour tout i . Par contre, si on conclut à la présence d'hétéroscédasticité, on utilise alors les Moindres Carrés Généralisés CG (GLS en anglais) pour corriger l'hétéroscédasticité.

1.2.2.2.- Résultat du test

Le résultat du test est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4. 4: Résultat du test d'hétéroscédasticité, Breusch Pagan

		Valeurs
chi2(1)	=	157,82
Prob > chi2	=	0,000

Source : résultat d'estimation

La probabilité du test étant égale à 0%, on peut rejeter l'hypothèse d'homoscédasticité, c'est-à-dire la variance des résidus n'est pas constante entre les périodes. On est donc en présence de l'hétéroscédasticité. Dans ce cas les moindres carrés ordinaires (MCO) ne sont plus appropriées. Pour corriger le biais, il faut recourir à la méthode des moindres carrés généralisés (MCG). La correction avec le logiciel STATA se fait en ajoutant la commande *robust*.

1.2.2.3-Analyse des biais de sélection

L'analyse des résultats du tableau 4.7 permet de se conforter de l'utilisation du modèle de Heckman. En effet, le premier constat notable qu'il convient d'évoquer concerne les inverses des ratios de Mills (mills1 et mills2) qui tiennent compte respectivement du biais de sélection lié au choix des ménages de payer ou non pour la protection du barrage entre les deux périodes.

Si l'on considère les résultats de l'estimation du modèle du CAP, on constate que les coefficients associés aux inverses des ratios de Mills des deux modèles probit (mills1 et mills2) sont tous deux significatifs respectivement au seuil de 5% et 10%. Ce résultat démontre l'existence de biais de sélection lié au choix des ménages de payer ou non pour l'entretien du barrage. La décision des ménages de payer ou non est endogènement déterminée et le fait de payer ou non n'est pas aléatoire (Calia P. et al, 2001 ; Dachary-Bernard, 2004). Ce biais est corrigé par l'utilisation des modèles de sélection, c'est d'ailleurs ce qui a conduit à la significativité des ratios de Mills du modèle CAP.

1.2.2.4- Test de la colinéarité entre les équations de sélection et le modèle d'intérêt

L'une des critiques habituellement adressées à la méthode en deux étapes d'Heckman porte sur le problème de colinéarité pouvant exister entre les équations de sélection et le modèle d'intérêt (Perez Truglia, 2008; Stenger et al, 2007). Si ce problème est avéré, il est clair que les paramètres estimés sont biaisés. C'est pourquoi, des auteurs comme Strazzera et al (2003) et ; Fonta et Omoke (2008) proposent de recourir aux tests de colinéarité afin de s'enquérir du degré des perturbations. Concrètement, ils régressent l'inverse du ratio de Mills significatif sur les déterminants de la variable dépendante. Dans notre cas, ce test consiste à régresser mills1 et mills2 sur l'ensemble des variables explicatives exogènes du modèle du CAP (deuxième étape de Heckman) puis à comparer les coefficients de détermination R^2 obtenu. Le tableau 4.5 donne les résultats obtenus.

Tableau 4. 5: Résultats du test de détection d'un problème de colinéarité entre les équations de sélection et le modèle d'intérêt.

	Période froide	Période chaude
R ² mills1	48,11%	
R ² mills2		44,44%

Source : Résultats d'estimation

D'après Fonta et Omoke (2008), un $R^2 > 50\%$ provoque des imprécisions (problème de colinéarité) dans les estimations des coefficients de la deuxième étape d'Heckman (étape de l'estimation du CAP). A la lecture du tableau 4.5, il apparait que le coefficient de détermination (R^2) associé au modèle de régression du mills1 (modèle 1) est inférieur à 50%. Ce résultat montre une absence de problème de colinéarité entre le modèle de sélection lié à la période froide et le modèle du CAP de la deuxième étape.

C'est le même constat avec le modèle 2 (mills2), le coefficient de détermination est inférieur à 50% ($R^2=44,44\%$), donc absence de colinéarité. En conclusion, il y a absence de colinéarité entre les équations de sélection.

1.2.2.5- Test de l'hypothèse d'homogénéité vs endogénéité

Avant de procéder à l'estimation de la deuxième étape de Heckman, il faut comparer les résultats des modèles de sélection (Garcia et al, 2009), afin d'évaluer l'étendue des biais existant dans la décision de payer ou non. A la lecture des résultats obtenus avec les modèles de sélection, on relève l'existence de quelques différences significatives en termes de significativité et/ou de valeur des coefficients estimés. Ainsi, on constate que les variables ayant un effet significatif dans l'un des modèles de sélection ne le sont pas dans l'autre. Egalement, certaines variables sociodémographiques exclues du premier modèle de sélection, se sont révélées pertinentes dans le deuxième modèle de sélection. Il en est de même pour le modèle de sélection qui a intégré certaines variables exclues du premier (variables liées à l'actif environnemental). Il y a donc non stabilité des coefficients d'un panel à l'autre, traduisant la non homogénéité du modèle. Ces différents résultats confirment et justifient largement le recours à la méthode Heckman à deux étapes.

1.3- Résultats de l'estimation

1.3.1- Modèle probit

1.3.1.1- Qualité et adéquation du modèle

Le modèle empirique (probit) qui a servi à l'estimation s'écrit comme suit :

$$DAP_{it} = \beta_0 + \beta_1 age_{it} + \beta_2 educ_{it} + \beta_3 ethnie_{it} + \beta_4 taille_{it} + \beta_5 prof_{it} + \beta_6 religion_{it} + \beta_7 dist_{it} + \beta_8 etat_{it} + \beta_9 posit1_{it} + \beta_{10} posit2_{it} + \beta_{11} posit3_{it} + \beta_{12} usageaub_{it} + \beta_{13} usage2_{it} + \beta_{14} membc_{it} + \beta_{15} pces_{it} + \beta_{16} maladie_{it} + \beta_{17} acb1_{it} + \beta_{18} acb2_{it} + \beta_{19} accebar_{it} + \beta_{20} nbovin_{it} + \beta_{21} ptransf_{it} + \beta_{22} qeau_{it} + \beta_{23} foncier_{it} + \beta_{24} credit_{it} + \beta_{25} dept_{it} + \xi_{it}$$

où i représente l'individu interrogé et t la période. Dans cette estimation, deux périodes sont considérées (période froide et période chaude). On remarque qu'en termes de pseudo-R², les deux modèles sont acceptables. L'analyse des valeurs de la probabilité du khi2 pour chacun des modèles renforce cette affirmation. En effet, les khi2 obtenus sont tous significatifs au seuil de 1%. On peut donc conclure que les modèles sont bien spécifiés. En ce qui concerne le modèle probit relatif à la première période, dans l'ensemble, 212 (206+6) cas sur 240 ont été correctement prédits soit 88,33% de valeurs correctement prédites.

Plus spécifiquement, pour les ménages qui sont prêts à payer pour l'entretien du barrage, 206 cas sur 231 ont été correctement prédits, soit un taux de 89,18%. En ce qui concerne ceux qui ne sont pas prêts à payer, 6 cas sur 9 ont été correctement prédits, soit 66,67%. De même pour la deuxième période, on note que le taux de prédiction est de 96,80%, c'est à dire que sur 219 cas, 212 ont été correctement prédits. En d'autres termes pour les ménages qui sont prêts à payer pour l'entretien du barrage, 206 cas sur 212 ont été correctement prédits, soit un taux de 97,17%. En ce qui concerne ceux qui ne sont pas prêts à payer, 6 cas sur 7 ont été correctement prédits, soit 85,71%. Le tableau 4.6 donne les résultats des estimations

Tableau 4. 6: Résultats de la régression probit pour les deux périodes

Période froide					Période chaude				
Probit regression	Nombre d'obs	240			Probit regression	Nombre d'obs	219		
	LR chi2(22)	49,24				LR chi2(21)	46,12		
	Prob > chi2	0,0007				Prob > chi2	0,0012		
Log likelihood = -67,73	Pseudo R2	0,2666	Log likelihood = -23,46		Pseudo R2	0,4957			
	Coefficients	Ecart type	Z	P>z	Coefficients	Ecart type	Z	P>z	
<i>Age</i>	-0,026***	0,010	-2,63	0,009	-0,024	0,020	-1,23	0,218	
<i>Educ</i>	0,280	0,330	0,85	0,396	-0,896	0,561	-1,6	0,11	
<i>ethnie</i>					1,308*	0,777	1,68	0,092	
<i>tailleme</i>	0,014	0,025	0,54	0,59	-0,084*	0,051	-1,66	0,097	
<i>prof1</i>	0,314	0,404	0,78	0,438	-0,953	0,810	-1,18	0,239	
<i>religion</i>					-1,834**	0,780	-2,35	0,019	
<i>distmena</i>					0,322**	0,162	1,99	0,047	
<i>etaroute</i>	0,095	0,358	0,27	0,79					
<i>posit1</i>	0,891	0,589	1,51	0,13	1,913*	1,123	1,7	0,088	
<i>posit2</i>	1,022*	0,582	1,76	0,079	1,193	1,351	0,88	0,377	
<i>posit3</i>	-0,241	0,624	-0,39	0,699	0,257	1,290	0,2	0,842	
<i>usageaub</i>	-0,411	0,399	-1,03	0,303					
<i>tusag2</i>					0,958	0,696	1,38	0,168	
<i>membrecl</i>	-1,208*	0,666	-1,81	0,07					
<i>pces</i>	0,697**	0,327	2,13	0,033	0,233	0,690	0,34	0,736	
<i>maladieb</i>	0,905	0,558	1,62	0,104	-1,893*	1,030	-1,84	0,066	
<i>acb1</i>	0,321	0,369	0,87	0,384	0,575	0,769	0,75	0,455	
<i>acb3</i>	0,639	0,618	1,04	0,301	2,782**	1,346	2,07	0,039	
<i>accebarr</i>	2,190**	0,892	2,46	0,014	0,645	0,703	0,92	0,358	
<i>nbovin</i>	0,138**	0,061	2,28	0,023	0,330	0,223	1,48	0,139	
<i>ptrans</i>	-1,695*	0,872	-1,94	0,052	-1,261	0,888	-1,42	0,156	
<i>Qeau</i>	0,000	0,001	0,92	0,36	0,006*	0,003	1,84	0,065	
<i>fancier</i>	0,830	0,814	1,02	0,308	1,205**	0,595	2,03	0,043	
<i>credit</i>	0,140	0,785	0,18	0,858					
<i>Dept</i>	0,000	0,000	-1,23	0,219	7E-07	8E-07	0,94	0,348	
<i>_cons</i>	-0,182	0,905	-0,2	0,841	-0,273	1,694	-0,16	0,872	

*Significatif au seuil de 10%, ** significatif au seuil de 5%, *** significatif au seuil de 1%

Source : résultats d'estimations

Les résultats d'estimation des modèles Probit concernant les différentes périodes, montrent que plusieurs variables expliquent la décision des ménages à contribuer à la protection du barrage. Cependant elles diffèrent d'une période à l'autre. En effet, les variables significatives de la première période ne sont pas forcément les mêmes que celle de la deuxième période.

1.3.1.2- Caractéristiques socioéconomiques

En ce qui concerne la première période, seul l'âge du chef de ménage a une influence sur la disposition à contribuer pour l'entretien du barrage. En effet, cette variable est significative au seuil de 1% avec un effet négatif. En d'autres termes, plus le chef de ménage est âgé, moins il est disposé à payer pour l'entretien du barrage. Par contre au cours de la deuxième période, plusieurs de ces caractéristiques se sont révélées pertinentes. Il s'agit de l'ethnie, de la taille du ménage et de la religion. Cependant, seule l'ethnie a un effet positif. Les chefs de ménage mossi sont plus disposés à payer pour l'entretien du barrage que les autres ethnies. Cela peut en partie s'expliquer par le fait que la plupart des mossi de la zone sont des propriétaires fonciers. Les autres ethnies sachant qu'elles peuvent à tout moment être expropriées, ne seront pas disposées à payer. En effet, l'introduction de la variable foncier dans le modèle confirme ces résultats. Cette variable est significative au seuil de 5% et a un effet positif, ce qui signifie que le fait d'être propriétaire foncier accroît la probabilité de contribuer à l'entretien du barrage. Contrairement à l'ethnie, la variable taille du ménage influence négativement la probabilité du ménage de contribuer à l'entretien du barrage, plus le ménage est de grande taille, moins il va contribuer à payer. De même, la religion (catholique) a un impact négatif.

Pour ce qui est des variables économiques, celles qui influencent la disposition à payer des ménages sont le nombre de bovins et les transferts monétaires dans le cas de la première période. Les ménages ayant le plus de bovins sont les plus disposés à payer pour entretenir le barrage. A contrario, l'existence de transferts monétaires réduit la probabilité des ménages à payer pour l'entretien.

1.3.1.3. Variables liées au barrage

Plusieurs caractéristiques liées au barrage ont une influence sur la probabilité des ménages à payer pour l'entretien du barrage. L'influence de ces variables varie selon la période de l'enquête. Ainsi, pour le modèle relatif à la première période, les variables significatives sont l'appartenance au CLE (membrecl) et l'accès au barrage (accbarr).

Le fait d'être membre du CLE a un effet négatif sur la disposition à payer (volonté à payer), par contre le fait d'avoir accès au barrage accroît significativement la probabilité de payer pour l'entretien du barrage. Pour la deuxième période, se sont les activités menées autour du barrage et la quantité d'eau prélevée qui agissent significativement sur la probabilité de payer. Plus la quantité prélevée est élevée, plus les ménages sont prêts à payer pour l'entretien du barrage. Il en est de même pour certaines activités pratiquées autour du barrage.

Les résultats obtenus montrent une variabilité des variables significatives de DAP des ménages pour l'entretien du barrage. Ces résultats confirment le test d'hétérogénéité de non stabilités des coefficients.

1.3.2. Résultats du modèle CAP

Le tableau 4.7 fournit les résultats des estimations du modèle CAP par la méthode de Heckman. Le modèle empirique utilisé se présente sous la forme suivante :

$$CAP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 age_{it} + \alpha_2 age_{it}^2 + \alpha_3 sexecm_{it} + \alpha_4 educ_{it} + \alpha_5 ethn_{it} + \alpha_6 taillemen_{it} + \alpha_7 taillemen_{it}^2 + \alpha_8 prof1_{it} + \alpha_9 prof2_{it} + \alpha_{10} distmena_{it} + \alpha_{11} etatrout_{it} + \alpha_{12} etatbar_{it} + \alpha_{13} respr_{it} + \alpha_{14} membcel + \alpha_{15} posit4 + \alpha_{16} posit2_{it} + \alpha_{17} posit3_{it} + \alpha_{18} usageaub_{it} + \alpha_{19} pces_{it} + \alpha_{20} actbar1_{it} + \alpha_{21} actbar2_{it} + \alpha_{22} actbar3_{it} + \alpha_{23} actbar4_{it} + \alpha_{24} actbar5_{it} + \alpha_{25} nbovin_{it} + \alpha_{26} maladieb_{it} + \alpha_{27} usagebar_{it} + \alpha_{28} qeau_{it} + \alpha_{29} ptransf_{it} + \alpha_{30} mtrans_{it} + \alpha_{31} credit_{it} + \alpha_{32} dept_{it} + \alpha_{33} \lambda_{it} + \xi_{it}$$

Ce modèle est globalement significatif et bien spécifié au vu de la statistique de Wald (Prob > Chi 2). Il est estimé sous le logiciel STATA, qui performe en option les problèmes statistiques rencontrés : hétéroscédasticité, multicollinéarité et même l'autocorrélation des termes d'erreurs et l'endogénéité des variables. Ainsi les coefficients estimés sont significatifs et sans biais pouvant être utilisés pour la prédiction des CAP des ménages pour la protection du barrage. A l'exception de quelques variables (tableau 30), presque toutes les autres variables du modèle ont des coefficients significatifs. Les coefficients des ratios de Mills (mills1 et mills2) sont également significatifs, preuve qu'il y a eu correction du biais de sélection dû à de nombreuses données manquantes.

De façon générale, les régressions fournissent des résultats relativement satisfaisants si l'on en juge par la valeur de la statistique de Wald (1126,66) du maximum de vraisemblance (-4546,452) significative au seuil de 1%.

Tableau 4. 7: Résultats d'estimation du modèle CAP

Variables	Coefficient	Ecart type	z- statistique	P>z	Effets marginaux	
					Elasticités	
Age	46,94664	96,65745	0,49	0,6270	46,95	0,309
age2	-0,664832	0,9087154	-0,73	0,4640	-0,66	-0,234
sexecm	4381,099***	589,0819	7,44	0,0000	4381,1	0,568
Educ	1116,404**	448,7301	2,49	0,0130	1116,4	0,035
ethnie	2476,376***	487,8084	5,08	0,0000	2476,38	0,273
tailleme	-34,2874	85,6629	-0,4	0,6890	-34,29	-0,045
tmen2	6,879723***	2,315463	2,97	0,0030	6,88	0,125
prof1	-1731,047**	769,5475	-2,25	0,0240	-1731,05	-0,174
prof2	396,5567	722,5087	0,55	0,5830	396,56	0,01
distmena	120,0251	86,34372	1,39	0,1650	120,03	0,054
etaroute	983,4756*	521,3561	1,89	0,0590	983,48	0,036
etatbarr	1117,775*	629,4699	1,78	0,0760	1117,78	0,011
Respr	35,20439	433,3211	0,08	0,9350	35,2	0,004
membrecl	3453,972***	1046,353	3,3	0,0010	3453,97	0,018
posit4	953,0377	1027,967	0,93	0,3540	953,04	0,018
posit2	-64,47492	552,6484	-0,12	0,9070	-64,47	-0,002
posit3	-3904,748***	722,2151	-5,41	0,0000	-3904,75	-0,069
usageaub	3407,699***	447,7369	7,61	0,0000	3407,7	0,277
pces	-1720,306***	486,8813	-3,53	0,0000	-1720,31	-0,111
actbar1	2183,618***	474,3708	4,6	0,0000	2183,62	0,127
actbar2	2783,83***	848,0013	3,28	0,0010	2783,83	0,013
actbar3	2340,645***	554,7753	4,22	0,0000	2340,65	0,048
actbar4	4993,529***	1089,559	4,58	0,0000	4993,53	0,034
actbar5	4248,455***	1133,295	3,75	0,0000	4248,46	0,018
nbovin	189,433***	42,34022	4,47	0,0000	189,43	0,081
maladieb	-1663,857**	670,1989	-2,48	0,0130	-1663,86	-0,023
qeauc	0,7467164	0,7589373	0,98	0,3250	0,75	0,025
ptrans	-504,8018	395,5845	-1,28	0,2020	-504,8	-0,029
mtrans	0,0158938***	0,003275	4,85	0,0000	0,02	0,069
credit	1119,799**	486,9506	2,3	0,0210	1119,8	0,106
Dept	0,0006822**	0,0003087	2,21	0,0270	0	0,05
mills1	-1916,968**	848,1917	-2,26	0,0240	-1916,97	-0,065
mills2	-1085,281*	656,4907	-1,65	0,0980	-1085,28	-0,018
_cons	-4034,792	2483,385	-1,62	0,1040		
Log likelihood		-4546,452		Wald chi2(34)		1126,66
				Prob > chi2		0,0000

*Significatif au seuil de 10%, ** significatif au seuil de 5%, *** significatif au seuil de 1%

Source : résultats d'estimation

1.3.2.1-Caractéristiques du ménage

Parmi les caractéristiques du ménage, les estimations montrent que seules les variables telles que le sexe du chef de ménage (sexe), son niveau d'éducation, son ethnie et sa profession sont susceptibles d'agir sur le consentement à payer (CAP) pour la protection du barrage. Le coefficient du sexe présente un signe positif significatif au seuil de 1%. En moyenne, le fait d'être un homme accroît le CAP de 4381,10 FCFA. Le cas d'espèce traduirait simplement le fait que les hommes ont plus de responsabilité que les femmes. Chefs de ménage, et parfois polygames, ils sont garants de la subsistance du ménage et demanderaient plus à l'agriculture que les femmes. Ils seraient donc plus enclins à rechercher l'information, à l'obtenir et à adopter les technologies susceptibles d'accroître leurs revenus.

Le niveau d'éducation, tout comme le sexe du chef du ménage, a un effet positif significatif sur le CAP au seuil de 1%. Les chefs de ménage instruits ont en moyenne un CAP de 1116,40 FCFA de plus que ceux qui ne sont pas instruits. Le coefficient de la variable ethnie donne également un signe positif significatif au seuil de 5%. Les chefs de ménage mossi ont donc une propension à payer que les autres chefs de ménage. Le fait d'être mossi accroît donc le CAP de 2476,38 FCFA en moyenne.

Des résultats similaires ont été trouvés par Yovo (2010). Les signes des coefficients de ces variables (sexe et éducation) trouvés par l'auteur sont conformes aux prévisions. Concernant l'éducation, les résultats auxquels il a abouti ont montré que son effet sur la probabilité du consentement à payer des maraîchers n'est pas négligeable. Le passage d'un groupe de moins instruit à un groupe plus instruit accroît la probabilité de la disposition à payer de 7%. Cet effet positif est conforme aux attentes car l'éducation, un indicateur du capital humain, devrait permettre aux ménages de mieux percevoir la supériorité des avantages de la protection du barrage. Certaines études menées par d'autres auteurs tels que Edjabou (2007) ont mentionné des effets contraires où les femmes semblent être plus concernées par les questions environnementales. L'introduction de la variable profession sous forme dichotomisée montre une influence des ménages dont l'activité principale est l'agriculture sur le CAP. En effet, le coefficient de la variable prof1 (1 si agriculteur et 0 sinon) est négatif et significatif). Contrairement aux ménages, les chefs de ménage dont l'activité principale est l'agriculture ont un CAP moins élevé. Cela peut se justifier par le fait que ces ménages ont un faible usage du barrage lié à leur activité. En effet, les parcelles cultivées par ceux-ci sont généralement des parcelles de brousse situées loin du barrage et donc n'ayant aucun lien avec le barrage.

Le fait d'exercer l'agriculture comme activité principale diminue en moyenne le CAP de 1731,047 FCFA. Par contre le fait de pratiquer des AGR présente un signe positif, mais n'a pas une influence significative sur le CAP.

Le coefficient de l'âge du chef de ménage présente un signe positif (46,95), signifiant que plus l'individu est âgé, plus son CAP est élevé. Cependant, cette variable n'exerce aucune influence significative sur le montant du CAP du ménage. Tout comme l'âge, la taille du ménage n'a pas d'influence sur le montant du CAP mais avec un effet négatif (-34,29). Toutefois, l'introduction de cette variable sous forme quadratique met en évidence un effet significatif et positif (6,88) au seuil de 1% sur le CAP. Cependant, certaines études [Thiombiano (2002), Yelkouni (2005)] ont montré que l'âge est un facteur intrinsèque au ménage qui influence positivement le CAP mais à condition de l'introduire sous formes de tranche. Toutefois, beaucoup de travaux ne disent pas clairement à quelles limites supérieures peuvent être fixées à ce niveau d'âge. Si pour Polson et Spencer (1992), cet âge peut se situer entre 20 et 50 ans, Akinola (1987), Voh (1982), par exemple, tout en reconnaissant que les paysans plus vieux sont moins enclins à payer pour la protection de l'environnement, n'ont pas pu spécifier un niveau d'âge seuil. Cela peut être dû au fait qu'en Afrique au sud du Sahara, dans les ménages à vocation agricole, les enfants entrent très jeunes dans l'activité agricole et sont amenés à prendre des décisions très tôt dans la vie.

1.3.2.2. Caractéristiques liées au barrage

Les résultats économétriques montrent que plusieurs caractéristiques liées au barrage sont déterminantes dans la disposition des ménages à payer pour l'entretien du barrage. Il s'agit entre autre de l'état du barrage et de la route, l'appartenance au comité local de l'eau (CLE), la position de la parcelle par rapport au barrage, l'usage du barrage et les activités pratiquées autour du barrage.

L'état de la route pour accéder au barrage ainsi que l'état du barrage ont un effet positif et significatif sur le CAP au seuil de 10%. Ainsi, les ménages qui ont facilement accès au barrage (bon état de la route) sont plus disposés à payer que les ménages ayant des difficultés pour accéder au barrage. Plus l'état de la route pour accéder au barrage est bon, plus la propension à payer des ménages est grande. Le fait d'avoir facilement accès au barrage (route en bon état), accroît le CAP de 983,48 en moyenne. De même, les ménages pour lesquels le barrage présente un bon état sont plus disposés à payer pour l'entretien du barrage.

Le coefficient estimé de cette variable est positif et significatif à 10%. Le bon état du barrage accroît le CAP des ménages de 1117,78 FCFA en moyenne.

L'introduction de la variable appartenance au CLE montre, que les ménages qui sont membres du CLE ont un CAP plus élevé que ceux qui ne le sont pas. En effet, le signe de cette variable est positif et significatif au seuil 1%. Etre membre du CLE augmente le CAP de 3453,97 FCFA en moyenne.

La position des parcelles des ménages par rapport au barrage peut influencer le CAP des ménages. Cette variable à quatre modalités a été dichotomisée pour capturer l'effet de la position du barrage. La variable position en amont (posit1) a été introduite comme variable de référence. Les résultats obtenus montrent que seule la position sur la rive droite (posit3) a un effet négatif significatif au seuil de 1% sur le CAP. Le fait d'avoir sa parcelle située sur la rive droite réduit de 3904,75 FCFA le CAP.

L'analyse des résultats obtenus quant à la variable usage du barrage par les ménages montrent que cette dernière est un des principaux déterminants du CAP. En effet, les coefficients associés à cette variable ainsi qu'aux différents types d'activités menées autour du barrage par les ménages riverains sont positifs et significatifs à moins de 1%. Le fait de faire usage du barrage, a pour effet d'augmenter le CAP des ménages de 3407,70 FCFA. Par contre, la variable quantité d'eau (qeau) n'est pas significative car la quantité d'eau prélevée n'incite pas les ménages à payer. Ils estiment qu'ils paient déjà des taxes et redevances annuelles (5000 FCFA) notamment les maraichers et les pêcheurs. L'introduction du type d'activités menées montrent toutes les activités pratiquées autour du barrage influencent significativement le CAP. La pratique de l'agriculture et du maraichage autour du barrage augmente le CAP respectivement 2183,62 et 4993,53 FCFA en moyenne. De même, la pratique de la pêche a pour effet d'augmenter le CAP de 2783,83 FCFA. Le fait de faire des prélèvements (eau et agrégat) dans le barrage augmente également le CAP de 32340,65 FCFA. Afin, il ressort que les autres activités pratiquées autour du barrage augmentent le CAP de 54248,46 FCFA en moyenne.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence le rôle de certaines caractéristiques (socioéconomiques) des ménages et de certaines caractéristiques liées au barrage sur le comportement des ménages à payer pour l'entretien du barrage. Les enquêtes de terrain ont montré que certains ménages face à la dégradation du barrage, ont mis en œuvre des techniques de protection notamment les techniques de conservation des eaux et des sols.

Ces ménages sont-ils disposés encore à contribuer monétairement pour l'entretien du barrage, étant donné qu'ils ont déjà entrepris des actions ? Pour vérifier cela, nous avons introduit une variable indicatrice (pratique de CES) pour capturer l'effet des actions de CES sur le CAP.

Les résultats obtenus montrent que le coefficient associé à la variable CES est négatif et significatif au seuil de 1%. Toutes choses égales par ailleurs, le fait de pratiquer les techniques de CES réduit la propension des ménages à contribuer pour l'entretien du barrage. La pratique des CES a pour effet de diminuer le CAP des ménages de 1720,31 FCFA en moyenne. Ces différents résultats concordent avec plusieurs études (Polson et Spencer, 1992) qui ont montré de façon générale que certaines variables ont une influence sur le montant du CAP.

1.3.2.3- Variables économiques

L'introduction des variables économiques en lien avec le barrage, montre que certaines sont déterminantes dans le montant du CAP. Il s'agit des effets du barrage sur la santé (maladies liées au barrage), des dépenses du ménage, du nombre de bovins, des quantités d'eau prélevées pour le bétail et pour les usages personnels, de la perception ou non de transferts monétaires et de l'accès au crédit. Ces différentes variables, à l'exception des variables maladies et perception de transferts (effet négatif) ont toutes un effet positif, sur le CAP. Le nombre de bovins possédés par les ménages influence positivement et significativement au seuil de 1% le CAP des ménages. Un accroissement du nombre de bovin possédés par le ménage de 1% augmente le CAP de 0,08% en moyenne. De même, la variable dépense totale a un effet positif (+0,0007) et significatif au seuil de 5% sur le CAP. Une hausse des dépenses totales du ménage de 1% augmente en moyenne le CAP de 0,05%.

L'accès au crédit est aussi déterminant dans le CAP. Le coefficient associé à cette variable est positif et significatif au seuil de 5%. Le fait d'avoir accès au crédit a pour effet d'augmenter le CAP de 1119,80 FCFA en moyenne. Par contre les variables relatives aux maladies liées au barrage et à la perception de transfert ont des effets négatifs sur le CAP. En effet, les coefficients associés à ces deux variables sont significatifs au seuil de 1% mais présentent des signes négatifs. Ainsi, les ménages dont au moins un membre est tombée malade à cause du barrage sont moins disposés à payer pour l'entretien du barrage ; le fait d'avoir eu un membre de son ménage malade à cause du barrage diminue le CAP de 1663,857 FCFA en moyenne. Le fait de percevoir des transferts monétaire affecte négativement (-504,802) mais de façon non significative.

Cependant, en introduisant dans le modèle le montant des transferts perçus, on constate qu'ils ont un effet positif (+0,016) et significatif au seuil de 1% sur le CAP. Une hausse du montant des transferts de 1% aura pour effet d'augmenter le CAP de 0,07%. Ce résultat est conforme aux attentes car les transferts sont considérés en ce moment comme des revenus pour les ménages. Les quantités d'eau du barrage utilisée pour le bétail ainsi que pour son usage personnel ont des effets positifs sur le CAP (0,352 et 0,747) mais non significatifs.

En définitive, l'analyse du CAP a permis d'obtenir un CAP moyen de 8509 FCFA sur l'ensemble des deux périodes d'enquête. La contribution des macro-agents additionnée à celle des ménages riverains s'élève à 56 639 611 FCFA. Cette valeur représente le consentement à payer total des populations de la zone. L'estimation du modèle économétrique a fourni des résultats pertinents. En effet, les variables sociodémographiques telles le sexe, le niveau d'éducation et la profession ont une influence significative sur le CAP à l'exception de l'âge qui a une influence positive mais non significative. Parmi les variables caractérisant le lien avec le barrage de Yitenga, il ressort clairement que le fait d'appartenir au comité local de l'eau (CLE) et l'état des routes influencent positivement et significativement le CAP. Cependant, la pratique des CES a une contribution significative et négative. Enfin, les variables économiques telles le nombre de bovins dans le ménage, la dépense annuelle et l'accès au crédit influencent positivement et significativement le CAP à l'exception de la perception des transferts monétaires. Un des résultats qui débouche sur la section qui suit est le lien entre CAP et techniques CES. La section suivante développe les techniques de conservation des eaux et des sols ainsi que les facteurs clés de leur adoption.

II. Adoption des techniques de conservation des eaux et des sols

Le modèle repose essentiellement sur les variables des caractéristiques des ménages, des caractéristiques des parcelles et de celles des techniques de CES. Le mode de référence choisi est la non adoption des techniques de CES. Les paramètres estimés donnent donc l'impact de la variable explicative sur la probabilité de choisir une des techniques de CES en question relativement au mode de référence. Cependant, la valeur du coefficient ne peut être directement interprétée, c'est pourquoi les effets marginaux (pour une valeur moyenne des variables explicatives) ont été calculés. Comme l'interprétation des paramètres des variables du Logit multinomial n'est pas directe en raison des contraintes d'identification, on se limitera à une présentation des variables qui semblent avoir une influence sur le choix des techniques de CES.

En outre, il est important de signaler que le carré de certaines variables (âge, taille du ménage, superficie de la parcelle) a été ajouté dans la régression pour capturer d'éventuels effets spécifiques liés à ces variables. Le tableau 4.8 présente les variables du modèle.

Tableau 4. 8: Dictionnaire des variables du modèle logit multinomial non ordonné

Variables	Description des variables
Aucune (tech=0),	Cordons pierreux (Tech=1), , Diguettes (Tech=2) , , zai (Tech=3), bandes enherbées (Techn=4), , fosse fumière (tech=5), , Haies vives (tech=6), (<i>variables dépendantes</i>)
Age	Age du chef de ménage
Age²	Age au carré du chef de ménage
Sexecm	Sexe du chef de ménage (1 masculin et 0 si féminin)
Educ	Niveau d'éducation : (1 si oui et 0 sinon)
Taille	Taille du ménage (Variable continue)
Taille2	Taille du ménage au carrée (effet quadratique)
Adult	Nombre d'actifs dans le ménage (variable continue)
Pente	Variable binaire (1 si pente inclinée 0 sinon)
Act	Activité principale du ménage (1 si agriculture et 0 sinon)
Nonagri	Revenu non agricole en FCFA
Sup	Superficie totale dont dispose le ménage (en ha)
Sup2	Superficie totale élevée au carré (ha)
Presence	Elle représente le nombre d'années d'exploitation de la parcelle par l'exploitant actuel
Coût	Coût moyen de la mise en œuvre de chaque technique en FCFA
Temp	Temps nécessaire pour mettre en œuvre la technique j (en jours)
Accmar	Accès au marché
Acdi	Accès au crédit (1 si oui et 0 sinon)
Tbobin	Nombre de têtes de bœuf dans le ménage
Distmena	Distance séparant le ménage avec le barrage de Yitenga (en Km)
Tenur	Variable binaire (1 si le ménage peut encore cultiver 10 ans sur sa parcelle et 0 sinon)
Assist	Variable binaire (1 si le ménage a bénéficié d'une assistance technique et 0 sinon)
Ref	Variable binaire (1 si le ménage est propriétaire et 0 sinon)
Qintrans	Quantité d'intrants utilisée sur la parcelle (en kg)
Accebar	L'accès au barrage de Yitenga (1 si oui et 0 sinon)
Usageaub	Usage de l'eau du barrage de Yitenga (1 si oui et 0 sinon)

Source : construit par l'auteur

Le modèle à estimer est le suivant:

$$CES_i = \begin{cases} \theta_1 age_i + \theta_2 age_i^2 + \theta_3 educ_i + \theta_4 taille_i + \theta_5 taille_i^2 + \theta_6 adult_i + \theta_7 pente_i + \theta_8 act_i + \theta_9 nonagri_i + \theta_{10} sup_i \\ + \theta_{11} sup_i^2 + \theta_{12} presence_i + \theta_{13} coût_i + \theta_{14} temp_i + \theta_{15} accmar_i + \theta_{16} acdi_i + \theta_{17} tbovin_i + \theta_{18} distance_i \\ + \theta_{19} tenur_i + \theta_{20} assist_i + \theta_{21} ref_i + \theta_{22} qintran_i + \theta_{23} accebar_i + \theta_{24} usageaub + \theta_{25} actbar2_i \\ + \theta_{26} actbar3_i + \theta_{27} actbar4_i + \theta_{28} actbar5_i + \eta_i \end{cases}$$

Avec $CES = \{cordonspierreux, diguettes, zai, bandes enherbées, fosses fumières, haies vives\}$ qui est une variable dépendante multimodale.

II.1. Qualité de l'ajustement du modèle

L'ajustement du modèle aux données est satisfaisant avec un pseudo- R^2 de 0,45 et un test du khi-2 qui rejette l'hypothèse de nullité de tous les paramètres (p-value de 0,000). Le double log vraisemblance (-2LL) est de 249 et le LR de 405,5 tous significatifs à un niveau de 0%. La signification statistique des coefficients de régression est estimée à partir de la statistique de Wald par la méthode de vraisemblance maximale. La statistique de Wald a permis de tester l'hypothèse nulle que la variable explicative considérée ne contribue pas individuellement à expliquer les variations de la variable dépendante contre l'hypothèse alternative que sa contribution est significativement différente de zéro. L'analyse des statistiques de Wald (valeur entre parenthèse) montre que toutes les variables du modèle à l'exception du niveau 'éducation, du revenu, de la taille de bovins et de la quantité de la main d'œuvre nécessaire pour la mise œuvre de la technique, influent d'une manière ou d'une autre sur l'adoption des techniques de CES. Ces déterminants varient cependant en fonction du type de technique (tableau 4.9).

En somme, ces résultats suggèrent que le modèle économétrique préconisé répond de manière très acceptable aux données utilisées dans cette recherche.

II.2. Analyse des déterminants de l'adoption des CES

Le problème avec le modèle Logit multinomial est que les coefficients des variables indépendantes ne sont pas directement interprétables. Leur effet s'applique au Logit multinomial et non aux probabilités (Lamari et al, 2001). La seule information directe facilement utilisable est le signe des coefficients estimés (tableau 31). Un signe moins (-) indique que la variable associée influence négativement la probabilité de s'engager dans un programme de conservation de la ressource. Un signe plus (+) indique que la variable exogène influence positivement la probabilité de s'engager.

En revanche, l'effet marginal des paramètres offre une interprétation plus aisée. C'est un coefficient qui mesure l'impact sur la probabilité suite à une augmentation d'une unité de la variable continue associée (Lamari et al, 2001).

II.2.1. Caractéristiques du ménage

Les résultats économétriques montrent que parmi les caractéristiques du ménage retenues dans le modèle, les variables influençant sur l'adoption des techniques sont l'âge du chef de ménage, la taille du ménage, la main d'œuvre disponible, le revenu non agricole, l'accès au crédit et au marché et l'activité principale du chef de ménage. Elles sont déterminantes dans la mise en œuvre d'au moins une des techniques CES.

II.2.1.1. Age du chef de ménage

L'âge du chef influence très peu l'adoption des techniques de CES. En effet, à l'exception des fosses fumières et des haies vives, l'âge du chef du ménage n'a aucun effet sur la mise en œuvre des techniques de CES. Pour ces deux techniques, l'analyse économétrique montre que l'âge a un effet négatif sur leur adoption (-0,273 et -0,221). Le signe moins obtenu révèle que plus le chef de ménage est âgé (plus de 60 ans), moins il est disposé à investir dans les fosses fumières ou les haies vives. Une augmentation de l'âge du chef de ménage réduit la probabilité d'adoption de la fosse fumière de $2,19.10^{-4}$ et celle des haies vives de 0,020. Il s'agit là d'un résultat moins attendu car en général, les chefs de ménages ayant moins de 60 ans sont enclins à mettre en œuvre les techniques CES. Ce résultat s'explique par le fait qu'avant 60 ans, les chefs de ménage ont plus de force physique pour pratiquer une agriculture extensive. L'effet quadratique de l'âge est positif et significatif pour les deux techniques. Ce qui veut dire que, les chefs de ménages de plus de 60 ans mettent en place les deux techniques. En effet, les vieux n'ont plus assez de force physique pour les activités agricoles. Ils cherchent à intensifier leur agriculture en adoptant des techniques appropriées. Les résultats obtenus confirment ceux de Compaoré (1997) et de la FAO (2003).

II.2.1. 2. Main d'œuvre disponible dans le ménage

Tout comme l'âge du chef de ménage la main d'œuvre du ménage n'influence que deux techniques, à savoir l'investissement dans les bandes enherbées et les haies vives mais de façon positive (+0,206 et + 0,264). L'effet positif peut se justifier par le fait que la contribution des ménages dans la réalisation des bandes enherbées et des haies vives se limite généralement à la main d'œuvre familiale.

Les ménages qui ont un grand nombre d'hommes valides ont plus de chances de ne pas dépenser directement de l'argent pour l'adoption de ces techniques CES. Un homme actif supplémentaire dans un ménage accroît sa probabilité d'adopter les bandes enherbées et les haies vives respectivement de 0,042 et $2,54.10^{-4}$ fois en moyenne. Des études menées par Kaboré et al. (2003), Koutou et al (2007) ont abouti à des résultats presque identiques.

II.2.1.3. Revenu non agricole du ménage

Le revenu non agricole des ménages apparaît comme une des variables déterminantes dans l'adoption des techniques de CES. Les coefficients estimés montrent que le revenu non agricole agit significativement et de façon négative sur l'adoption des cordons pierreux, des diguettes et des bandes enherbées qui sont les techniques qui permettent de lutter efficacement contre la dégradation (érosion) des sols. En effet, les valeurs des effets marginaux pour le ménage moyen calculés sont de $-2,72.10^{-7}$, $-4,13.10^{-7}$ et $-1,75.10^{-7}$, respectivement pour le cordon pierreux, la diguette et les bandes enherbées. Un faible revenu non agricole accroît donc la probabilité d'adopter une de ces trois techniques. Plus précisément, une baisse du revenu non agricole de un franc, a pour effet d'accroître cette probabilité de $2,72.10^{-7}$ point pour le cordon pierreux, $4,13.10^{-7}$ point pour les diguettes et $1,75.10^{-7}$ point pour les bandes enherbées. Ces premiers résultats sont cohérents avec la littérature existante (Hosier et Dowd, 1987 ; Leach, 1992). Les résultats obtenus sont donc normaux car on s'attendait effectivement à ce que les ménages ayant d'autres sources de revenu autre que l'agriculture soient moins disposés à adopter les techniques de CES. Pour les ménages dont le revenu non agricole est faible ou inexistant, la seule source de revenu est l'agriculture. Pour accroître leur revenu, ils sont plus disposés à mettre en œuvre les techniques de CES dans ces conditions.

II.2.1.4. Accès au crédit

Il s'agit généralement des prêts reçus par les ménages pour la production. Les résultats obtenus montrent qu'à l'exception des haies vives, l'accès au crédit influence significativement l'adoption des techniques de CES. Cette variable influence de façon positive l'investissement dans les techniques de CES (cordon pierreux, diguettes, zaï, bandes enherbées et fosses fumières). Ces résultats sont conformes avec la théorie économique (Lapar et al, 1999 ; Neupane et al, 2002 ; Sidibé, 2004). En effet, compte tenu du coût élevé des techniques CES et du faible revenu des ménages, l'accès au crédit peut favoriser davantage l'adoption de celles-ci.

Les ménages ayant accès au crédit ont une probabilité d'adoption du cordon pierreux de 0,066 fois plus élevée que ceux qui n'en ont pas accès. Quant aux diguettes, au zaï, aux bandes enherbées et aux fosses fumières, l'accès au crédit permet d'augmenter les probabilités d'adoption de ces techniques respectivement de 0,044, 0,564, 0,011 et 0,001 point en moyenne par rapport à ceux qui n'en ont pas accès.

II.2.1.5. Accès au marché

L'accès au marché influence très peu les investissements en CES. En effet, à l'exception des fosses fumières et des haies vives, il n'influence pas l'adoption des CES. Pour ces deux techniques, l'effet est positif (+2,206 et +2,451). Les résultats obtenus sont normaux. En effet, en ce qui concerne les fosses fumières, leur mise en œuvre nécessite l'achat d'agrégats tels le ciment. La facilité d'accès peut donc inciter les ménages à les adopter. Quant aux haies vives, se sont des techniques qui permettent d'obtenir du bois de chauffe qui peut être commercialisé. Les ménages qui ont donc accès au marché peuvent facilement écouler le bois issu des haies vives et on s'attend effectivement à ce qu'ils soient incités à adopter les haies vives qui représentent outre leur effet de conservation, une source de revenu pour le ménage (Aklilu et al., 2006 ; Koutou et al., 2007) . L'accès au marché accroît la probabilité des ménages à adopter les fosses fumières et les haies vives respectivement de 0,002 et 0,228 point en moyenne.

II.2.1.6. Activité principale du chef de ménage

L'activité principale du chef de ménage se présente comme l'un des déterminants majeurs de l'adoption des techniques de CES. En effet, les résultats obtenus montrent qu'à l'exception des diguettes, cette caractéristique du ménage influence significativement et de façon positive l'adoption des cordons pierreux (+2,881), du zaï (+3,966), des bandes enherbées (+3,785), des fosses fumières (+3,289) et des haies vives (+3,179). Ces résultats sont conformes à ceux de Yelkouni (2005). Les ménages agricoles tirant l'essentiel de leurs revenus de l'agriculture, il est donc normal qu'ils prennent davantage des mesures de lutte contre la dégradation des sols (CES) que les ménages non agricoles. Les ménages agricoles ont une probabilité d'adoption des cordons pierreux de 0,137 fois plus élevée que les ménages non agricoles. Quant au zaï, aux bandes enherbées, aux fosses fumières et à la haie vive, le fait d'être agriculteur accroît la probabilité de leur adoption respectivement de 0,117 ; 0,267 ; 0,001 et 0,049 point en moyenne.

II.2.2. Caractéristiques de la parcelle

Parmi les différentes variables liées à la parcelle, on note que celles qui ont une influence significative sur l'adoption des CES sont la superficie de la parcelle, la pente de la parcelle, le nombre d'année de présence sur la parcelle, l'usage de la parcelle pendant encore au moins dix (10) ans, le titre foncier et la quantité d'intrants utilisée.

II.2.2.1- Superficie de la parcelle

L'analyse des résultats montrent que la superficie a seulement un effet significatif et négatif (-1,378) sur l'adoption des bandes enherbées. Le résultat obtenu est conforme au résultat attendu. Généralement, les bandes enherbées sont très coûteuses et intensives en main d'œuvre. Par conséquent, plus la parcelle est grande plus le coût d'aménagement est élevé et décourage ainsi les ménages. De plus, on se dit que plus un ménage a un grand champ, plus il devra mettre des gros moyens pour son entretien et donc très peu disposé à entreprendre des CES. Les ménages qui ont une grande superficie de terrain auront tendance à pratiquer moins les bandes enherbées que ceux qui possèdent de petites superficies. L'augmentation d'un ha de la superficie totale des champs du ménage diminue sa probabilité de mettre en œuvre les bandes enherbées de 0,242 point en moyenne.

II.2.2.2. Pente de la parcelle

La pente du champ influence négativement la probabilité d'adoption des différentes techniques de CES rencontrées dans la zone à l'exception du zaï, des fosses fumières et des haies vives. Le fait que la pente n'influence pas les fosses fumières est dû au fait qu'elles sont généralement construites au sein ou proche des concessions pour faciliter leur entretien. Pour le zaï et les haies vives, cela peut s'expliquer par le fait que ce sont des techniques qui peuvent être pratiquées quelque soit la position topographique de la parcelle. Quant à l'influence négative sur les autres CES, il s'agit d'un effet attendu car le transport de matériaux de construction (pierres, sable, branches, arbustes) sur les pentes est très difficile ce qui peut décourager les paysans et donc moins les amener à entreprendre l'ouvrage. Une augmentation d'une unité de l'inclinaison de la pente de la parcelle diminue les probabilités du ménage à l'adoption du cordon pierreux, de la diguette et de la bande enherbée respectivement de 0,073 ; 0,162 et 0,028 point en moyenne. Des résultats similaires ont été obtenus par Hosier et al. (1987) au Zimbabwe, Adesina et al. (2000) au Cameroun et Samboré (2001).

II.2.2.3. Nombre d'années d'exploitation de la parcelle (présence)

Les résultats obtenus montrent que plus le nombre d'années d'exploitation de la parcelle augmente et plus cela influence négativement la mise en œuvre des cordons pierreux (-0,006) des diguettes (-0,094), des bandes enherbées (-0,024) et des haies vives (-0,02). Parmi ces variables, il n'y a que la variable diguette qui est significative à 5%. Ce résultat est tout à fait conforme à certaines études déjà menées (Koutou et al, 2007). En effet, si les paysans exploitent la parcelle depuis longtemps, cela peut signifier que soit elle est fertile ou qu'ils ont déjà adopté des mesures pour restaurer la fertilité des sols. Cependant, il est important de noter que dans certains cas, le coût de la restauration des sols qui ont connu une exploitation abusive est exorbitant et décourage les paysans. A contrario, pour les terres qui viennent d'être mises en valeur il est primordial pour le paysan d'entreprendre des mesures de conservation. En effet, compte tenu de la dégradation avancée et de la rareté des terres, ces nouveaux champs sont sur des terres marginales. De plus ces terres sont souvent très éloignées et cela rend difficile la mobilisation des cailloux et les autres facteurs rentrant dans la mise en œuvre des CES. Une année d'exploitation supplémentaire de la parcelle réduit la probabilité d'adoption des diguettes de 0,009 point en moyenne.

II.2.2.4. Sécurité foncière (tenure)

La sécurité foncière a un impact positif sur l'investissement de certaines techniques de CES. Il s'agit principalement des cordons pierreux (+1,741), des diguettes (+3,710), du zaï (+2,738) et des bandes enherbées (+2,669). Ces résultats confirment le rôle primordial joué par le foncier sur l'adoption de certaines techniques (Sawadogo et Stamm, 2000). L'assurance de disposer de sa parcelle pendant encore 10 ans peut donc inciter le ménage à investir dans certaines techniques dont le délai de récupération des investissements est supérieur à cinq ans. Il est donc normal que les ménages qui peuvent disposer de leur champ pendant les dix années à venir investissent dans les techniques CES intensivement. Les ménages dont le droit d'usage des champs dépasse dix ans ont une probabilité d'investir dans la technique de cordon pierreux de 0,030 fois plus forte que celle des ménages qui ne sont pas assurés de posséder leur parcelle au moins une dizaine d'années. De même, pour les diguettes, le zaï et les bandes enherbées, le fait d'être assuré de jouir de sa parcelle pendant encore au moins une dizaine d'années accroît la probabilité du ménage d'adopter ces techniques respectivement de 0,117 ; 0,089 et 0,2015 point en moyenne.

II.2.2.5. Quantité d'intrants utilisée

Parmi les caractéristiques liées à la parcelle, l'usage d'intrants se présente comme un des principaux déterminants de l'adoption des techniques de CES. En effet, à l'exception des fosses fumières, toutes les autres techniques de CES sont significativement influencées positivement par la quantité d'intrants utilisés par les ménages. Ces résultats sont normaux car la combinaison CES et intrants accroît la productivité des sols. Une étude menée par Koutou et al. (2007) au Yatenga montre que la quantité de matière organique est corrélée négativement à l'adoption de la technologie du zaï forestier et de façon significative à 10%. Ces résultats confirment également ceux de Kaboré et al. (2003). L'analyse économétrique montre que les ménages utilisant les intrants sont plus réceptifs quant à l'adoption des cordons pierreux, des diguettes, des bandes enherbées et des haies vives. Une augmentation de la quantité d'intrants d'un kg accroît la probabilité du ménage d'adopter le cordon pierreux de $3,57.10^{-4}$ point. Quant à la diguette, au zaï, à la bande enherbée et à la haie vive, les probabilités d'adoption sont respectivement $4,04.10^{-4}$; $9,03.10^{-5}$ et $3,95. 10^{-4}$ point en moyenne. En ce qui concerne les fosses fumières, la non influence de l'usage des intrants est normale. En effet, les fosses fumières sont construites pour produire de l'engrais donc les ménages n'ont plus besoins d'intrants avec cette technique.

II.2.3. Caractéristiques liées aux techniques

Au niveau des techniques de CES, on note que certaines de leurs caractéristiques peuvent être déterminantes dans leur adoption. Il s'agit en particulier de l'assistance technique dans la mise en œuvre des CES et le coût de la technique.

II.2.3.1. Assistance pour la mise en œuvre de la technique

Les résultats économétriques montrent que l'assistance des ménages dans la mise en œuvre des techniques de CES n'influence que l'adoption des haies vives. En effet, les ménages qui bénéficient d'une assistance dans la mise en œuvre des CES ont une probabilité d'adoption des haies vives de 1,583 fois en moyenne plus forte que celle des ménages sans assistance. Ce résultat peut se justifier par l'octroi de subvention par le PNGT2 pour la réalisation des haies vives. Le résultat obtenu est donc normal et confirme les résultats de Yanogo (2006) et de Adesina (2000). Le fait de bénéficier d'une assistance accroît la probabilité d'adoption des haies vives de 0,171 point en moyenne.

II.2.3.2- Coût moyen financier d'une technique

Le coût financier moyen d'une technique de CES influence négativement l'adoption des cordons pierreux et des haies vives. Le résultat montre que plus la technique est chère moins les ménages l'adoptent. Ce résultat est conforme à nos prédictions car compte tenu du coût élevé des cordons pierreux et des haies vives; et de la faiblesse du revenu des ménages, il est difficile pour eux de les mettre en place sans aide extérieure. En effet, les investissements de la technique du cordon pierreux et des haies vives sont très lourds. Ils peuvent décourager le paysan à les adopter. Des études similaires menées par Aklilu et al. (2006) en Ethiopie, Kaboré et al. (2003), Lapar et al (1999) aux Philippines et Neupane et al (2002) au Nepal, ont montré que le coût des techniques de CES était une des contraintes à l'adoption de ces techniques. Une augmentation du cout moyen des techniques de 1 F CFA diminue la probabilité d'adopter le cordon pierreux de $9,75.10^{-7}$ point et celle des haies vives de $1,25.10^{-6}$ point en moyenne. Au Burkina Faso, notamment au plateau ces mêmes résultats ont été trouvés. En effet, Kini (2007), montre que la variable coût a également un coefficient de signe négatif de même que son effet marginal. Autrement dit, le coût d'adoption des CES a un effet négatif sur la probabilité que les ménages adoptent une seule technologie sur son exploitation. Ainsi, lorsque ce coût s'accroît de 1%, toutes choses égales par ailleurs, la probabilité que les ménages continuent à adopter une technique de conservation des eaux et des sols baisse de 0,0345 point.

II.2.4. Caractéristiques liées au barrage

Les résultats obtenus montrent que certaines variables liées au barrage peuvent avoir une influence sur la mise en œuvre des techniques de CES par les ménages. Il s'agit de la distance séparant le ménage du barrage, de l'accès au barrage, de l'usage de l'eau du barrage et des activités menées autour du barrage.

II.2.4.1. Distance

La distance séparant le ménage du barrage influe significativement l'investissement dans certaines techniques telles que les cordons pierreux, les diguettes, le zaï, et les fosses fumières. En ce qui concerne les cordons pierreux, les diguettes et le zaï, l'effet est négatif. Par contre pour les fosses fumières l'influence est positive. Ce résultat n'est pas surprenant pour les fosses fumières, car les ménages proches du barrage ont la possibilité de disposer de terres plus fertiles et donc moins incités à adopter cette technique.

Un accroissement de la distance qui sépare le barrage du ménage de 1km aura pour effet d'accroître sa probabilité d'adopter les fosses fumières de 0,403 point en moyenne. Des résultats similaires ont été obtenus par Gbangou (2005) et Yelkouni (2004).

A contrario, l'éloignement des ménages du barrage réduit leur probabilité d'investir dans les cordons pierreux, les diguettes et le zaï. En effet, l'analyse des résultats montrent que la distance séparant les ménages du barrage a un effet négatif sur l'adoption des cordons pierreux, les diguettes et le zaï. Une plus grande distance à parcourir par le ménage pour accéder au barrage réduit la probabilité d'adoption des cordons pierreux, des diguettes et du zaï respectivement de 0,217, 0,358 et 0,512 point. En effet, les ménages très éloignés du barrage n'ont pas la possibilité de faire des cultures de contre saison et trouvent que la mise en place des diguettes et des cordons pierreux ne leur sera d'aucun avantage.

II.2.4.2. Accès au barrage

En ce qui concerne l'accès au barrage, il influence uniquement et négativement la mise en œuvre des diguettes. Le fait d'avoir accès au barrage réduit la probabilité d'adoption des diguettes de 0,115 point en moyenne. Ce résultat est justifié et relève d'un comportement rationnel surtout les ménages qui exploitent les berges. Les ménages qui ont plus accès au barrage, sont moins enclins à pratiquer les techniques CES. Les résultats de l'estimation permettent de réaliser que le signe de cette variable sur la majorité des techniques est négatif.

II.2.4.3. Usage de l'eau du barrage

L'usage du barrage n'influence que la mise en œuvre des bandes enherbées. Le fait d'utiliser l'eau du barrage réduit la probabilité d'adoption des bandes enherbées de 0,314 point en moyenne. En effet, l'usage de l'eau du barrage dans les activités agricoles n'incite pas les ménages à adopter certaines techniques favorisant la rétention de l'eau sur les parcelles.

II.2.4.4- Activités menées autour du barrage

Parmi les activités menées autour du barrage, la pêche et le prélèvement d'agrégat se présentent comme déterminants dans la mise en œuvre de certaines techniques en référence à l'agriculture. Le fait de faire des prélèvements accroît la probabilité d'adoption des diguettes et du zaï respectivement de 0,059 et 0,156 points en moyenne par rapport à la pratique de l'agriculture. En ce qui concerne la pêche, elle accroît la probabilité d'adopter les haies vives de 0,477 point en moyenne.

Les haies vives sont utiles pour la protection du barrage non seulement contre l'ensablement mais aussi contre l'évaporation de l'eau. L'évaporation et l'ensablement sont deux facteurs qui favorisent la destruction des ressources aquatiques.

On peut retenir que certaines caractéristiques du barrage influencent la mise en œuvre des techniques CES. Toutefois, il est important de relever que l'accès au barrage et l'usage influencent l'adoption des CES dans la mesure où ces deux variables peuvent inciter les ménages à les y adopter. Par contre, les types d'usages influencent positivement la mise en place des techniques comme les haies vives et le zaï. Il y a donc un lien entre le CAP et les techniques CES.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Tableau 4. 9: Résultats de l'estimation du modèle logit multinomial non ordonné

variables	cordon pierreux		diguettes		Zai		bandes enherbées		fosse fumière		haies vives	
	Coefficient	P>z	Coefficient	P>z	Coefficient	P>z	Coefficient	P>z	Coefficient	P>z	Coefficient	P>z
age	-0,047	0,5060	2,00E-05	1,0000	-0,156	0,1690	-0,059	0,4590	-0,273**	0,0460	-0,221**	0,0420
age2	4,00E-04	0,5580	-1,00E-04	0,9100	0,001	0,2860	0,001	0,5140	0,002*	0,0570	0,002*	0,0760
educ	-0,346	0,7040	0,351	0,7280	1,061	0,3460	0,135	0,8880	0,092	0,9440	-0,273	0,8130
taille	0,011	0,9510	-0,334	0,1680	0,129	0,6260	-0,151	0,4560	0,302	0,6330	-0,184	0,4850
taille2	-0,001	0,8530	0,011	0,1400	-0,005	0,5320	0,003	0,6170	-0,023	0,4970	0,002	0,7860
adult	-0,052	0,6920	0,034	0,8460	-0,296	0,1560	0,206*	0,0880	0,28	0,1260	0,264*	0,0760
pente	-1,512**	0,0260	-2,966***	0,0010	-1,102	0,2200	-1,275*	0,0830	-0,278	0,7930	-0,772	0,3920
act	2,881***	0,0100	1,982	0,1050	3,966*	0,0600	3,785***	0,0060	3,289*	0,0620	3,179**	0,0410
nonagri	-4,00E-06**	0,0310	-8,00E-06***	0,0090	-5,00E-07	0,8080	-4,00E-06*	0,0820	2,00E-07	0,9380	-3,00E-06	0,3960
sup	-0,439	0,5580	0,506	0,6720	-0,569	0,4780	-1,378*	0,0580	-1,029	0,2310	0,101	0,9280
sup2	0,076	0,4740	-0,19	0,3720	0,134	0,2000	0,17*	0,0890	0,155	0,1400	-0,03	0,8690
presence	-0,006	0,7990	-0,094**	0,0220	0,027	0,2950	-0,024	0,3890	0,012	0,7580	-0,02	0,5920
coût	-1,0E-05**	0,0250	4,00E-06	0,3970	-1,00E-06	0,7700	-5,00E-06	0,2710	-6,00E-06	0,4930	-1,00E-05**	0,0230
temp	-0,001	0,7980	-2,00E-04	0,8890	-0,045	0,4410	-0,03	0,3350	-3,00E-04	0,9400	-0,02	0,6160
accmar	0,721	0,3400	-0,367	0,7150	-1,059	0,3140	1,037	0,2210	2,206*	0,0760	2,451**	0,0350
acdi	22,309***	0,0000	23,631***	0,0000	25,45***	0,0000	22,91***	0,0000	23,723***	0,0000	23,036	,
tbovin	-0,046	0,3230	-0,01	0,9040	-0,037	0,4240	-0,003	0,9480	-0,091	0,4140	-0,114	0,3680
distance	-0,217*	0,0700	-0,358*	0,0710	-0,512**	0,0350	-0,21	0,1620	0,403***	0,0020	-0,032	0,8650
tenur	1,741**	0,0290	3,71***	0,0010	2,738**	0,0450	2,669***	0,0050	0,742	0,5320	1,355	0,1960
assist	0,392	0,5970	0,409	0,6430	-0,086	0,9290	0,394	0,6230	1,803	0,1490	1,583*	0,0970
ref	0,733	0,4700	1,193	0,3410	1,815	0,3730	0,497	0,6500	-1,072	0,4970	2,232	0,1440
qintrans	0,012**	0,0180	0,015***	0,0030	0,009*	0,0950	0,013**	0,0110	-0,007	0,4070	0,013***	0,0090
accebar	-0,32	0,6570	-1,832**	0,0460	-1,463	0,1130	-0,138	0,8590	0,365	0,7190	-0,044	0,9650
usageaub	-0,005	0,9950	0,126	0,8910	-0,337	0,7190	-1,537*	0,0770	-0,611	0,5820	0,42	0,6740
actbar2	-33,334	1,0000	1,434	0,5460	3,573	0,1020	3,302	0,1030	-28,188	1,0000	4,659	0,0410
actbar3	-12,533	1,0000	22,735***	0,0000	23,257***	0,0000	-12,501	1,0000	-7,508	1,0000	24,304	,
actbar4	0,457	0,6770	-0,805	0,5610	-0,784	0,6330	0,356	0,7800	-1,327	0,4810	-1,112	0,5040
actbar5	-0,477	0,6870	-0,932	0,5410	1,125	0,4270	-0,939	0,5330	-32,037	1,0000	-0,862	0,6010

*Significatif au seuil de 10%, ** significatif au seuil de 5%, *** significatif au seuil de 1%

Source : résultats d'estimation

Il ressort de l'étude que les ménages ruraux de la zone accordent un certain intérêt aux techniques CES. En effet, 76,9% des ménages enquêtés sont prêts à adopter au moins une des techniques CES pratiquée dans la zone. L'enquête a révélé que les techniques les plus répandues dans la zone sont les cordons pierreux, la diguette, le zaï, les bandes enherbées, la fosse fumièrè et la haie vive. Parmi ces techniques, la plus prisée par les ménages demeure celle des cordons pierreux. En effet, 20,7% des ménages se disent favorables à cette technique contre respectivement 14,7%, 13,4% et 11,2% pour les bandes enherbées, les diguettes et le zaï. Pour les fosses fumières et les haies vives, les ménages qui sont prêts à les adopter représentent 6,9% et 9,1% respectivement.

Les résultats obtenus montrent que différents facteurs influencent la probabilité d'adoption de ces techniques. Cependant, ces facteurs varient selon la technique. Les principales variables identifiées par le modèle Logit multinomial sont : l'âge du chef de ménage, la main d'œuvre, le revenu non agricole du ménage, l'accès au crédit, l'activité principale du chef de ménage, la superficie de la parcelle, la pente de la parcelle, le régime foncier, le nombre d'années d'exploitation de la parcelle, la sécurité foncière, la quantité d'intrants utilisés, la distance séparant le ménage au barrage et les activités menées autour du barrage. La protection du barrage par la mise en place de techniques peut générer des bénéfices importants pour les usagers à travers l'apport du barrage dans la pratique de leurs activités agro-pastorales. Ainsi, la section suivante évalue le bénéfice de la protection du barrage en utilisant l'approche du ménage agricole.

III-Evaluation du bénéfice économique total de la protection du barrage de Yitenga

L'évaluation du bénéfice de la protection du barrage par le modèle du ménage agricole commence par une compréhension des facteurs influençant la production et la consommation.

Les différents facteurs susceptibles d'influencer la production sont les caractéristiques des ménages, les caractéristiques des parcelles, certaines caractéristiques du barrage et d'autres variables telles les marchés représentés par les distances qui les séparent des ménages. En ce qui concerne la consommation, seules les caractéristiques des ménages, celles du barrage, les distances et les transferts monétaires ont été retenus. Le tableau 4.10 fait la description de ces différentes variables.

Tableau 4. 10: Dictionnaire des variables du modèle production-consommation

Nom	Définition	Modalités
logpvvp	Prix au producteur des cultures vivrières	Logarithme du prix
logpvpr	Prix au producteur des cultures de rente	Logarithme du prix
logpmov	Coût de la main d'œuvre vendue	Logarithme du prix
Logpint	Prix des intrants vendus	Logarithme du prix
logpapv	Prix au consommateur des cultures vivrières	Logarithme du prix
logpapr	Prix au consommateur des cultures de rente	Logarithme du prix
logpman	Prix des produits manufacturés	Logarithme du prix
logpmol	Coût de la main d'œuvre louée	Logarithme du prix
logpaint	Prix des intrants achetés	Logarithme du prix
Educ	Niveau d'éducation du chef de ménage	1 si éduqué et 0 sinon
Sexecm	Sexe du chef de ménage	1 si homme et 0 sinon
Ethnie	Etnie du chef de ménage	1 si mossi et 0 sinon
Sitmat	Situation matrimoniale du chef de ménage	1 si marié et 0 sinon
Age	Age du chef de ménage	En années
tailleme	Taille du ménage	Nombre de personnes
actagric	Nombre d'actifs agricoles	Nombre de personnes actives
qeaucons	Quantité d'eau consommée par jour en litre	En litre
accebarr	Accès au barrage	1 si accès au barrage et 0 sinon
sup	Superficie totale	En hectare
sup2	Superficie totale au carré	En hectare
posparc1	Position de la parcelle en amont	1 si oui et 0 sinon
posparc2	Position de la parcelle en aval	1 si oui et 0 sinon
posparc3	Position de la parcelle sur rive gauche	1 si oui et 0 sinon
posparc4	Position de la parcelle sur rive droite	1 si oui et 0 sinon
pratique	Pratique de CES	1 si oui et 0 sinon
propriet	Foncier	1 si propriétaire et 0 sinon
tempexpl	nombre d'année d'exploitation de la parcelle	En années
dmvillag	Distance en Km par rapport au marché du village	En kilomètre
dkoupela	Distance en Km par rapport au marché de Koupéla	En kilomètre
dpouyete	Distance en Km par rapport au marché de Pouytenga	En kilomètre
distmena	Distance en Km entre ménage et barrage	En kilomètre
Tbetail	Nombre de bovins possédé par le ménage	Nombre de tête
transmon	Montant des transferts monétaires	Montant en FCFA

Source : construction de l'auteur

Le modèle économétrique à estimer est donné par le système ci-après. L'équation (i) représente la production. L'indice t traduit le type de production. Ici, on a le log de la production vivrière, le log de la production de rente et enfin le log de la production d'intrants agricoles. L'indice i représente le ménage i.

L'équation (ii) est celle de la consommation dont la variable dépendante est représentée par w_i qui est la part budgétaire associée à chaque type de consommation du ménage i . A ce niveau, on a la consommation des produits vivriers, de rente et manufacturés.

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{it} = \beta_1 \log p_{pv_{it}} + \beta_2 \log p_{vpr_{it}} + \beta_3 \log p_{int_{it}} + \beta_4 \log p_{av_{it}} + \beta_5 \log p_{ar_{it}} + \beta_6 \log p_{man_{it}} + \beta_7 \log educ_{it} + \beta_8 \log age_{it} + \beta_9 \log ethn_{it} \\ \quad + \beta_{10} \log tmen_{it} + \beta_{11} \log actagric_{it} + \beta_{12} \log acbar_{it} + \beta_{13} \log qeau_{it} + \beta_{14} \log pos2_{it} + \beta_{15} \log pos3_{it} + \beta_{16} \log pos4_{it} + \beta_{17} \log sup_{it} + \beta_{18} \log sup2_{it} + \beta_{19} \log ces_{it} \\ \quad + \beta_{20} \log foncier_{it} + \beta_{21} \log dexpl_{it} + \beta_{22} \log intragri_{it} + \beta_{23} \log betail_{it} + \beta_{24} \log dmarch_{it} + \beta_{25} \log dkoupela_{it} + \beta_{26} \log dpouyete_{it} + \beta_{27} \log magric_{it} \\ \quad + \beta_{28} \log trans_{it} + \beta_{29} \log depintra_{it} + \mu_{it} \quad (i) \\ \\ w_i = \alpha_1 \log p_{av_{it}} + \alpha_2 \log p_{ar_{it}} + \alpha_3 \log p_{man_{it}} + \alpha_4 \log educ_{it} + \alpha_5 \log age_{it} + \alpha_6 \log ethn_{it} + \alpha_7 \log tmen_{it} + \alpha_8 \log actagric_{it} + \alpha_9 \log acbar_{it} + \alpha_{10} \log qeau_{it} \\ \quad + \alpha_{11} \log pos2_{it} + \alpha_{12} \log pos3_{it} + \alpha_{13} \log pos4_{it} + \alpha_{14} \log sup_{it} + \alpha_{15} \log sup2_{it} + \alpha_{16} \log ces_{it} + \alpha_{17} \log foncier_{it} + \alpha_{18} \log dexpl_{it} + \alpha_{19} \log intragri_{it} + \alpha_{20} \log betail_{it} \\ \quad + \alpha_{21} \log dmarch_{it} + \alpha_{22} \log dkoupela_{it} + \alpha_{23} \log dpouyete_{it} + \alpha_{24} \log magric_{it} + \alpha_{25} \log trans_{it} + \alpha_{26} \log depintra_{it} + \psi_{it} \quad (ii) \end{array} \right.$$

III.1 Adéquation et qualité du modèle

Le modèle estimé repose essentiellement sur les variables prix des produits, des caractéristiques des ménages et de leur parcelle. Pour l'interprétation des paramètres des variables du modèle production-consommation obtenus à partir de la méthode 3SLS (triple moindres carrées, nous avons eu recours aux élasticités pour les variables continues et d'autre part et aux effets marginaux pour les variables discrètes. Compte tenu du nombre de variables dépendantes comme indépendantes, la présentation des résultats s'est limitée aux variables qui semblent avoir une influence sur la production et la consommation des ménages.

L'estimation du modèle de production-consommation (modèle à équations simultanées) a été faite suivant deux méthodes à savoir la méthode des triples moindres carrées (3SLS) et ensuite par la méthode de la régression apparemment indépendante (SURE). Ces deux méthodes ont conduit aux mêmes résultats. Le modèle peut être apprécié par le R-carré ou par la statistique de chi-deux. Les résultats (tableau 4.11) montrent que le modèle dans son ensemble est adéquat. Autrement, les probabilités associées à la valeur de chaque chi-deux des différentes équations du modèle sont égales à 0. Mieux, les variables explicatives de chaque équation contribuent significativement à expliquer les différentes variables dépendantes (production-consommation). Le tableau 4.11 ci-dessous donne les informations utiles à l'appréciation de la qualité du modèle.

Tableau 4. 11: Adéquation d'ensemble du modèle production-consommation
Three-stage least-squares regression /3MCO

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P
Logpv	27	0,7999	0,9876	17845,71	0,000
Logpr	27	0,7756	0,9781	10019,86	0,000
Logpin	27	1,5875	0,7907	852,54	0,000
Wagriviv	18	0,1062	0,9849	14660,49	0,000
Wagriren	18	0,088221	0,527	250,29	0,000
Wmanuf	18	0,0724116	0,6185	364,65	0,000

Source: résultats d'estimation

III.2. Déterminants de la production

La production des biens est influencée par de nombreux facteurs. L'estimation du modèle du ménage producteur-consommateur donne la possibilité d'identifier ces facteurs au regard des caractéristiques propres au milieu et aux comportements du ménage agricole. Dans ces conditions, un échantillon de 232 ménages a fait l'objet d'analyse sur cette partie du travail. En effet, sur les 240 ménages enquêtés, seuls 232 répondent à la notion du ménage agricole.

L'analyse des résultats des estimations montre que différents facteurs influencent le niveau de la production des ménages agricoles. Les principales variables identifiées par le modèle 3LS sont : le logarithme du prix des intrants (**logpint**), le logarithme du prix au producteur des cultures de rente (**logpvpr**), le logarithme du prix des biens manufacturés (**logpman**), l'accès au barrage (**acbar**), la position de la parcelle par rapport au barrage (**pos2**, **pos3**, **pos4**), la superficie de la parcelle (**sup**), le titre foncier (**foncier**), la quantité d'intrants agricoles utilisés (**intagri**), la taille du cheptel du ménage (**betail**), la possession de matériel agricole (**magri**), le nombre d'années d'exploitation de la parcelle (**dexp**), la distance du ménage par rapport au marché de Pouytenga, le montant des transferts monétaires perçus par le ménage (**trans**) et les dépenses en intrants agricoles (**depint**) (voir tableau 35). On note cependant que l'influence et l'effet de ces différentes variables varient selon le type de production (production de cultures vivrières, production de cultures de rente ou quantités d'intrants).

En ce qui concerne les caractéristiques socioéconomiques, on note que seuls l'âge du chef de ménage, la taille du cheptel et le montant des transferts perçus par le ménage ont un effet significatif respectivement sur la production de rente (-0,009) et la production vivrière (0,027 et $1,3.10^{-06}$). Une hausse de l'âge du chef de ménage de 1% va entraîner une baisse de la production de rente de 0,08% en moyenne. Par contre un accroissement du montant des transferts de 1% aura pour effet une hausse de la production de rente de 0,01%.

Les transferts monétaires reçus par les ménages augmentent leur capacité production notamment en ce qui concerne l'acquisition des facteurs de production, des pesticides et des fertilisants. Aussi, ce type de ménage peut embaucher de la main d'œuvre agricole en fonction de ces besoins de production.

De même une hausse de la taille du cheptel de 1% aura pour effet d'accroître la production vivrière de 0,02%. Ce résultat est conforme aux attentes en ce sens que le développement de l'élevage fournit du compost pour la culture vivrière.

Au niveau des caractéristiques liées à la parcelle, les variables qui ont un effet significatif sont la superficie de la parcelle, la quantité d'intrants agricoles utilisés, la possession de matériel agricole, le titre foncier, le nombre d'années d'exploitation de la parcelle et les dépenses en intrants agricoles. La quantité d'intrants utilisés se présente comme l'un des principaux déterminants de la production. En effet, cette variable influence positivement la production vivrière, celle de rente et celle des intrants. Une hausse de la quantité d'intrants utilisés de 1% augmente respectivement la production vivrière, de rente et d'intrants agricoles de 0,01%, 0,01% et 0,26%. Ce résultat est confirmé par le montant des dépenses consacrées aux intrants agricoles. Cependant leur influence se limite aux productions vivrières et de rentes. Une hausse des dépenses en intrants de 1% a pour effet un accroissement de la production vivrière et celle de rente respectivement de 0,02% et 0,01%.

En ce qui concerne la superficie, elle influence négativement la production des cultures vivrières. Elle n'a aucun effet significatif sur la production des cultures de rente et celle des intrants. Un accroissement de la superficie de 1% entraîne une baisse de la production des cultures vivrières de 0,09%. Ceci est conforme à la réalité des faits car la superficie par ménage est d'environ 0,5 ha en moyenne. La petitesse des superficies pour un ménage de taille importante ne peut que conduire à des rendements plus bas. Ce résultat puise aussi son explication dans la théorie économique notamment dans la théorie ricardienne des rendements d'échelle décroissants. Le changement dans l'échelle de production a engendré une baisse de la production. En général dans le bassin versant de Yitenga, les ménages ruraux font de l'agriculture extensive qu'intensive. De ce fait, pour que la production augmente considérablement, il faut que les superficies utilisées soient de grandes tailles. Cette justification se solidifie avec le signe de la variable superficie au carré. L'effet quadratique est positif, ce qui signifie que la production vivrière augmente si la superficie à une dimension importante (**24, 92 ha**). Ceci semble difficile à réaliser au regard de la saturation foncière.

Contrairement à la superficie, le titre foncier a un effet positif sur la production vivrière. Le fait d'être propriétaire foncier a pour effet un accroissement de la production de rente de 0,04 kg. La possession de matériel agricole se présente comme un déterminant de la production d'intrants.

Le niveau de production d'intrants s'accroît de 0,25 kg pour les ménages possédant du matériel agricole par rapport aux autres ménages. Enfin, au niveau du nombre d'années d'exploitation, une hausse de 1% de cette variable, augmente la production vivrière de 0,01%.

Quant aux effets du barrage sur la production, on retient que seuls l'accès au barrage et la position des parcelles par rapport au barrage influencent les niveaux de la production des ménages. En effet, le niveau de production d'intrants s'accroît de 0,22 kg lorsque les ménages ont accès au barrage. Ce résultat paraît logique car les ménages travaillant à proximité du barrage et ayant accès à l'eau du barrage, ont besoin de composts pour avoir de meilleurs rendements à l'hectare. Très souvent, le compost obtenu des déchets ménagers sont jugés nutritifs par les ménages que les fertilisants chimiques (NPK et Urée).

Pour ce qui est de la position des parcelles par rapport au barrage, on note que par rapport à l'amont (pos1), les parcelles qui sont situées en aval et sur la rive droite influencent positivement la production d'intrants. Le fait d'avoir sa parcelle située en aval (pos2) du barrage accroît le niveau de la production d'intrants de 0,09 kg. Par contre pour les parcelles situées sur la rive droite (pos3) et la rive gauche (pos4), elles ont pour effet de réduire respectivement la production d'intrants de 0,05 kg et celle de rente de 0,13 kg. En effet, les terres autour du barrage sont beaucoup plus favorables à l'agriculture.

Tableau 4. 12: Résultats de l'estimation du modèle production-consommation

	Logpv			Logpr			Logpin			Wagriviv			wagriren			wmanuf		
	Coef.	Z	P>z	Coef.	Z	P>z	Coef.	Z	P>z	Coef.	z	P>z	Coef.	z	P>z	Coef.	z	P>z
logpvpv	0,821	1,49	0,135	0,063	0,12	0,906	-0,337	-0,31	0,755									
logpvpr	-1,518	-1,23	0,22	1,234	1,02	0,306	4,539*	1,87	0,062									
logpint	0,18**	2,2	0,028	0,117	1,46	0,143	-0,131	-0,82	0,414									
logpav	0,246	0,91	0,363	0,266	1,01	0,311	0,598	1,11	0,266	0,086**	2,41	0,016	-0,015	-0,51	0,611	-0,067***	-2,76	0,006
logpar	2,145	1,23	0,219	-1,159	-0,68	0,496	-7,154**	-2,08	0,037	0,076	1,5	0,134	0,061	1,43	0,153	0,081**	2,32	0,02
logpman	0,031	0,34	0,73	-0,005	-0,06	0,956	0,333*	1,87	0,062	-0,005	-0,46	0,643	-0,02**	-2,04	0,041	0,026***	3,25	0,001
educ	-0,018	-0,12	0,901	-0,217	-1,56	0,118	0,116	0,41	0,681	0,037**	2,01	0,045	-0,03*	-1,95	0,051	-0,006	-0,44	0,656
age	-0,004	-0,91	0,361	-0,009**	-2,02	0,043	-0,002	-0,19	0,848									
ethnie										-0,067***	-3,17	0,002	0,036**	2,05	0,041	0,03**	2,05	0,04
tmen	0,01	0,93	0,354	0,001	0,14	0,891	-0,019	-0,86	0,392	-0,004	-1,61	0,107	0,005**	2,4	0,017	-0,001	-0,52	0,602
actagric										0,008**	2,35	0,019	-0,005***	-1,84	0,065	-0,003	-1,15	0,25
acbar	0,12	0,74	0,461	0,256	1,62	0,106	0,617*	1,94	0,053									
qeau	-0,0003	-1,36	0,174	-0,0001	-0,3	0,768	-0,0006	-1,33	0,182	0,0002***	5,1	0	-0,00001	-0,47	0,641	-0,00014***	-6,9	0
pos2	-0,072	-0,36	0,72	0,175	0,89	0,372	1,545***	3,86	0	0,036	1,37	0,17	0,004	0,17	0,862	-0,039**	-2,18	0,029
pos3	0,153	0,71	0,475	-0,078	-0,38	0,706	-1,007**	-2,37	0,018	-0,142***	-4,5	0	0,128***	4,87	0	0,017	0,8	0,426
pos4	-0,185	-0,88	0,38	-0,526***	-2,57	0,01	0,48	1,15	0,25	0,009	0,34	0,733	0,009	0,46	0,648	-0,018	-1,06	0,291
sup	-0,243***	-3,05	0,002	0,084	1,09	0,277	0,4***	2,56	0,01									
sup2	0,022***	3,06	0,002	-0,004	-0,61	0,545	-0,042***	-3	0,003									
ces	-0,146	-0,78	0,433	0,02	0,11	0,912	0,181	0,49	0,622	-0,027	-1,17	0,241	0,039**	2,1	0,036	-0,012	-0,79	0,427
foncier	0,346*	1,95	0,051	0,152	0,88	0,377	0,397	1,13	0,258	0,04*	1,85	0,065	0,005	0,3	0,764	-0,045***	-3,03	0,002
dexpl	-0,006	-1,31	0,189	-0,002	-0,37	0,713	-0,018**	-2,02	0,044									
intragri	0,001**	2,26	0,024	0,001**	2,28	0,023	0,005***	9,94	0									
betail	0,027**	2,25	0,024	0,011	0,92	0,355	0,0005	0,02	0,984	-0,008***	-4,88	0	-0,001	-0,69	0,488	0,009***	8	0
dmarch	-0,244	-1,46	0,143	-0,095	-0,59	0,558	-0,132	-0,4	0,69	0,018	0,82	0,411	-0,004	-0,21	0,834	-0,014	-0,95	0,343
dkoupela	-0,006	-0,22	0,822	0,023	0,86	0,392	0,083	1,5	0,134	0,003	0,76	0,449	0	0,09	0,925	-0,003	-1,24	0,216
dpouyete	0,012	0,26	0,791	0,041	0,97	0,332	0,263***	3,02	0,003	0,023***	4,06	0	-0,019***	-4,05	0	-0,004	-1,02	0,307
magric	0,137	0,91	0,362	0,037	0,25	0,803	0,771***	2,61	0,009									
trans	1,3.10 ^{-06**}	2,35	0,019	6,2.10 ⁻⁰⁷	1,19	0,236	1,2.10 ⁻⁰⁶	1,15	0,251	-0,02	-1,05	0,296	0,027*	1,66	0,098	-0,008	-0,63	0,526
depintra	6,1.10 ^{-06***}	5,22	0	2,7.10 ^{-06**}	2,32	0,02	2,4.10 ⁻⁰⁶	1,03	0,305									

Significatif au seuil de 10%, ** significatif au seuil de 5%, *** significatif au seuil de 1%

Source : résultats d'estimation

Outre ces variables, d'autres facteurs peuvent influencer le niveau de la production. Il s'agit des distances qui séparent les ménages des marchés et du prix des produits. Pour ce qui est des distances par rapport au marché, on note que seule la distance qui sépare le ménage du marché de Pouytenga a une influence sur la production des intrants. Une hausse de cette distance de 1% aura pour effet une hausse de la production des intrants de 0,37% en moyenne.

L'analyse des prix montre que seuls les prix au producteur des cultures de rentes et des intrants et les prix du marché des cultures de rentes et des biens manufacturés influencent le niveau de production (rente et intrants). Le prix des intrants influence positivement (+0,1422) la production des cultures vivrières de rente. Par contre, les prix des cultures de rente (producteur et marché), ils influencent négativement la production des intrants (-0,7704 et -13,8035). Enfin, le prix des produits manufacturés contrairement à ceux des cultures de rente, il influence positivement (+1,0112) la production des intrants.

III.3. Déterminants de la consommation

Tout d'abord, on observe des niveaux d'élasticité prix de la consommation du ménage très différents selon le type de consommation (produits vivriers, produits de rente et produit manufacturés) comme l'indique le tableau 4.13.

Tableau 4. 13: Elasticité prix-directe et prix croisée de la demande

Prix	Demande		
	Vivrier	Rente	Manufacturé
Vivrier	0,5729	-1,1939	-5,3177
Rente	0,3995	3,7604	5,0034
Manufacturé	-0,0442	-1,9226	2,5021

Source : résultats d'estimation

L'élasticité-prix directe varie de 0,5729 dans le cas des produits vivriers à 3,7604 pour les produits de rente en passant par 2,5021 en ce qui concerne les produits manufacturés. De façon générale, pour les ménages ruraux, les cultures vivrières apparaissent comme des biens de nécessité tandis que les produits manufacturés et les produits de rente, des biens de luxe²⁹. L'analyse des élasticités prix-croisées montre que les produits vivriers et les produits manufacturés sont des biens complémentaires pour les ménages, c'est-à-dire si le prix des produits manufacturés venait à augmenter, les ménages ruraux auront tendance à réduire leur consommation en produits vivriers et inversement.

²⁹ En pratique, il faut calculer l'élasticité-revenu de la demande avant de confirmer la nature du bien (bien inférieur, bien de nécessité ou bien de luxe).

En ce qui concerne les déterminants de la consommation, tout comme la production, la consommation des ménages dépend de plusieurs facteurs variables selon le type de consommation. Les facteurs ayant une influence sur le mode de consommation sont l'éthnie du chef de ménage (**ethnie**), la taille du ménage (**tmen**), le nombre d'actifs agricoles (**actagri**), la quantité d'eau consommée (**qeau**), la position de la parcelle par rapport au barrage (**pos2 et pos3**), la pratique de CES (**ces**), le titre foncier (**foncier**), la distance entre le ménage et Pouytenga (**dpouyete**), la taille du bétail possédé par le ménage (**betail**) et le montant des transferts perçus par le ménage (**trans**).

Tableau 4. 14: Elasticités/effets marginaux³⁰

	Logpv	Logpr	Logpin	Wagriviv	Wagriren	wmanuf	Moyenne échantillon
Moyenne	7,1169	5,1731	2,3158	0,8557	0,0721	0,0722	
logvpv	0,6110	0,0649	-0,7704				5,30
logvpr	-1,3025	1,4573	11,9707				
logpint	<i>0,1422</i>	0,1270	-0,3183				5,63
logpav	0,1981	0,2945	1,4790	0,5729	-1,1939	-5,3177	5,73
logpar	1,3467	-1,0011	-13,8035	0,3995	3,7604	5,0034	4,47
logpman	0,0306	-0,0065	1,0112	-0,0442	-1,9226	2,5021	7,02
<i>educ</i>	-0,0006	-0,0097	0,0117	0,0099	-0,0953	-0,0178	0,23
<i>Age</i>	-0,0284	-0,0843	-0,0358				48,12
<i>ethnie</i>				-0,0635	0,4064	0,3371	0,81
tmen	0,0137	0,0027	-0,0772	-0,0399	0,5886	-0,1056	9,40
actagric				0,0480	-0,3740	-0,1931	5,16
<i>acbar</i>	0,0138	0,0406	0,2187				0,82
qeau	-0,0085	-0,0025	-0,0511	0,0355	-0,0321	-0,3884	199,12
<i>pos2</i>	-0,0014	0,0045	0,0893	0,0056	0,0071	-0,0725	0,13
<i>pos3</i>	0,0027	-0,0019	-0,0544	-0,0208	0,2227	0,0299	0,13
<i>pos4</i>	-0,0032	-0,0127	0,0259	0,0012	0,0164	-0,0311	0,13
Sup	-0,0859	0,0411	0,4359				2,52
sup2	0,0346	-0,0092	-0,2049				11,19
<i>Ces</i>	-0,0159	0,0030	0,0607	-0,0241	0,4251	-0,1316	0,78
<i>foncier</i>	0,0369	0,0223	0,1301	0,0354	0,0566	-0,4687	0,76
<i>dexpl</i>	-0,0199	-0,0075	-0,1846				23,41
intagri	0,0096	0,0130	0,2552				117,79
betail	0,0161	0,0088	0,0009	-0,0379	-0,0531	0,5019	4,20
dmarch	-0,0356	-0,0190	-0,0590	0,0215	-0,0541	-0,2000	1,04
dkoupela	-0,0048	0,0242	0,1935	0,0177	0,0215	-0,2331	5,42
dpouyete	0,0054	0,0262	0,3728	0,0896	-0,8819	-0,1824	3,28
<i>magric</i>	0,0147	0,0054	0,2543				0,76
Trans	0,0073	0,0050	0,0216	-0,0065	0,1020	-0,0323	41265,20
depintra	0,0234	0,0139	0,0277				27096,70

Source : résultats d'estimation

³⁰ Les élasticités ont été calculées pour les variables quantitatives et les effets marginaux pour les variables qualitatives (en italique dans le tableau)

Le modèle de production-consommation estimé par la méthode des 3SLS sur la totalité des ménages agricoles (producteurs-consommateurs) montre que pour la demande de biens vivriers, seul le prix des produits consommés a une influence. Une hausse de ce prix de 1% accroît la demande de biens vivriers 0,68%. Le degré de vraisemblance de ce résultat est de 5% au regard des résultats d'estimation. Lorsque le prix d'achat des produits vivriers augmente, les ménages ont tendance à commencer davantage de ce bien eu égard à leur statut de producteur-consommateur. Par contre, en ce qui concerne la demande en produits de rente, on note qu'elle est influencée par le prix de produits manufacturés. Une hausse du prix des produits manufacturés de 1% entraîne une baisse de la demande en produits de rente de 26,34%. En ce qui concerne la demande en biens manufacturés, les résultats montrent qu'elle est influencée par les prix des produits consommés. Une hausse de 1% respectivement du prix des produits vivriers, a pour effet une baisse de la demande en biens manufacturés de 5,32%. A contrario, une hausse de 1% respectivement du prix des produits de rentes et manufacturés a pour effet une diminution de la demande de biens manufacturés de 6,38% et une augmentation 35,24% de la même demande en moyenne respectivement.

Au niveau des caractéristiques du ménage, la consommation vivrière, celle de rente et celle manufacturière sont toutes sensibles à l'ethnie. Les effets marginaux de cette variable sur ces modes de consommation sont significativement différents de zéro et égaux respectivement à -0,0635, 0,4064 et 0,3371. En d'autres termes, le fait que le chef de ménage soit de l'ethnie mossi entraîne une baisse de la consommation vivrière de 0,0635 kg et une augmentation des consommations de rente et manufacturière respectivement de 0,4064 kg et 0,3371 kg. Par contre la taille du ménage et le nombre d'actifs agricoles n'influence que la demande en produits de rente. Ainsi un accroissement de la taille du ménage d'une personne aura pour conséquence une hausse de la consommation de biens de rente de 0,5886 kg. Inversement, une hausse du nombre d'actifs au sein du ménage va entraîner une baisse de la demande en produits de rente de 0,374 kg. A l'opposé, les proportions de ménages mossis consommant les cultures vivrières sont plus faibles. En effet, l'effet marginal de l'ethnie du chef de ménage sur ce type de consommation est significatif et négatif et égal à -0,091. En d'autres termes, si le chef de ménage est mossi alors sa consommation vivrière va diminuer de 0,091 kg.

L'âge du chef de ménage n'apparaît pas comme une variable déterminante dans le choix du type de consommation. Les coefficients estimés de l'âge pour les différents types de consommation ne sont pas significativement différents de zéro à un niveau de 10%.

La consommation ne dépend donc pas de l'âge. L'existence du barrage dans la zone influence également certains modes de consommation. Certaines variables telles que la quantité d'eau consommée par le ménage et la position des parcelles par rapport au barrage (aval et rive gauche), influencent significativement les modes de consommation.

En effet, la quantité d'eau consommée influence positivement la demande en produits vivriers et négativement celle de biens manufacturés. Un accroissement de la quantité d'eau consommée de 1% entraîne une hausse de la demande en culture vivrière de 0,036% et une baisse de celle des biens manufacturés de 0,39%. La position de la parcelle par rapport au barrage, est une variable importante parmi les déterminants de la consommation. Les chefs de ménage ayant leurs parcelles situées en aval (pos2) ont tendance à baisser la demande biens manufacturés de 0,02 kg. Les ménages situés en aval sont ceux de Yitenga. La demande en produits vivriers pour la consommation alimentaire est plus importante que ceux des produits manufacturés considérés comme des produits de rente. A contrario, le fait que les parcelles soient sur la rive droite (pos3) entraîne une hausse la demande de biens vivriers et de rentes respectivement de 0,2227 kg et 0,4251 kg. Les ménages situés sur la rive droite ont une production vivrière limitée à cause de la saturation foncière pendant que les besoins en consommation augmentent. Cet état de fait explique pourquoi la demande en culture vivrière augmente.

D'autres variables telles que la distance du ménage par rapport au marché de Pouytenga, la pratique de techniques de CES, le titre foncier et les transferts monétaires influencent également la consommation. Les ménages éloignés du marché de Pouytenga consomment plus de produits vivriers et moins de produits de rente par rapport à ceux qui sont proche à cause de leur faible niveau de production en culture vivrière. Si la distance qui sépare le ménage de ce marché s'accroît de 1%, la consommation en produits vivriers va augmenter de 0,09% tandis que celle en produits de rente du ménage va baisser de 0,88%. De manière opposée, les ménages pratiquant les techniques de CES consomment plus de produits de rente alimentaires que ceux qui n'en pratiquent pas. Le fait de pratiquer des CES aura pour conséquence une hausse de la consommation du ménage en produits de rente de 0,4251%. Le titre foncier se présente aussi comme un déterminant des modes de consommation. En effet, le fait d'être propriétaire foncier a pour effet d'augmenter la consommation en produits vivriers de 0,0354 kg et de baisser celle des biens manufacturés de 0,47kg par rapport au non propriétaire terrien. En effet, un ménage propriétaire terrien peut aisément disposer de sa parcelle à tout moment pour développer les cultures de contre-saison (maïs, riz irrigué) d'une

part et faire de l'agriculture en saison hivernale d'autre part. De plus, ce type de ménage peut décider de louer sa terre contre des produits vivriers, toute chose qui contribue à accroître la disponibilité et la consommation des produits vivriers par le ménage propriétaire terrien comparativement à son homologue non propriétaire.

Les transferts monétaires favorisent généralement la consommation des ménages dans la mesure où ils accroissent la capacité d'achat des ménages ou leur pouvoir d'achat en cas de prix stables. Selon Estudillo et al (2013), les envois de fonds sont devenus une source importante de revenus des ménages ruraux surtout dans le milieu rural asiatique. Dans cette étude, il ressort que le montant des transferts perçus par le ménage a un effet positif et significatif sur la demande de produits de rente. Une hausse du montant des transferts perçus de 1% aura pour effet une hausse de la demande en produits de rente de 0,10%. Les produits de rente comme l'arachide sont moins promus dans la zone. Ainsi, l'acquisition de transferts monétaires augmente la consommation des ménages.

Finalement, les dotations des ménages devraient avoir une contribution importante à l'accroissement de la consommation. Cependant, il ressort de cette étude que la taille du bétail du ménage influence négativement la consommation des produits vivriers et positivement celle des biens manufacturés. Un accroissement de la taille du cheptel du ménage de 1% aura pour effet une baisse de la consommation en produits vivriers de 0,034 % et une hausse de celle de bien manufacturés de 0,50%. Ce résultat est conforme aux attentes dans la mesure où les produits de l'élevage domestique sont vendus pour accroître la demande en produits manufacturés qui ne sont pas produits par les ménages eux-mêmes.

A partir de l'estimation des fonctions de production et de consommation, le calcul du surplus du producteur-consommateur devient plus aisé. Les paragraphes suivants exposent les étapes du calcul.

III.4. Valeur économique totale de la protection du barrage de Yitenga

Le calcul du bénéfice ou de la valeur totale de la protection du barrage de Yitenga repose sur une approche qui prend en compte trois aspects : le surplus du producteur-consommateur, la valeur écosystémique et la contribution des macro-agents comme développé dans le chapitre 3.

Le principe de calcul utilisé intègre toutes les composantes de la valeur des biens environnementaux dans le contexte des ménages ruraux. Cette valeur doit être comparée à celle obtenue dans le chapitre précédent.

III.4.1. Surplus des producteurs-consommateurs

Le surplus des producteurs-consommateurs est calculé sur la base de l'intégration des fonctions de production et de consommation qui ont fait l'objet de développement au chapitre 3. Dans cette nouvelle démarche, il s'est agi d'évaluer le bénéfice total retiré par les usagers du barrage en partant du fondement analytique du modèle du ménage agricole. Le choix de ce cadre analytique vient du fait que les ménages de la zone sont des ménages agricoles. Après avoir intégré les fonctions d'offre et de consommation individuelle, on a obtenu le surplus moyen par ménage agricole en fonction des différentes composantes de la production et de la consommation.

Ce surplus est calculé en tenant compte des CAP moyens obtenus sur les deux périodes. En effet, on a considéré les CAP moyens des deux périodes (froide et chaude) comme les bornes de l'intégrale. Ces surplus moyens calculés plus haut, prennent en compte les valeurs d'usage de legs et d'existence. Autrement, l'intégration des fonctions dans cette section n'ignore pas ces aspects de la valeur. Le tableau 4.15 présente les différents surplus.

Tableau 4. 15: Calcul du surplus du producteur-consommateur (FCFA)

Surplus	prodvivi	Prodrent	qintran	wvivrier	wrente	Wman	Surplus	
							Individuel	Population
Producteur	1693,47	1694,53	1688,67				5073,66	18 666 011,47
Consommateur				1687,21	1686,43	1686,43	5060,058	18 615 956,89
Total							10 133,72	37 281 968, 36

Source : données de l'enquête et estimation

L'examen des résultats du tableau 4.15 montre que le surplus moyen du ménage producteur-consommateur est de 10 133,72 FCFA. Ce surplus moyen est supérieur à celui obtenu habituel sur la base de la question ouverte. Ainsi, le surplus total des producteurs-consommateurs est de 37 281 968,36 FCFA. Comparativement au CAP total obtenu antérieurement sans la contribution des macro-agents, ce surplus est bien plus élevé (37 281 968, 36 FCFA > 31 304 611 FCFA).

III.4.2. Valeur écosystémique (VE) : les externalités

La valeur écosystémique est une valeur générée du fait de l'existence du barrage. Elle est très souvent négligée dans le calcul de la valeur des biens environnementaux ou des actifs naturels. Dans cette recherche, une des valeurs quantifiables a été prise en compte. Il s'agit des plantes à usage médicinal. En milieu rural, l'usage des plantes pour les soins de santé est fréquent malgré l'essor de la médecine moderne.

De ce fait, une question a été introduite dans le questionnaire pour capter cette variante de la valeur. Sur les deux périodes, on a observé que 57 ménages faisaient recours aux plantes autour du barrage au premier passage contre 41 ménages au second passage avec respectivement 639,47 FCFA et 950 FCFA comme valeur moyenne de l'usage des plantes. La méthode a consisté à estimer la valeur des plantes en passant par le marché réel des médicaments pharmaceutiques. Autrement, quelle serait le prix du médicament qui permettrait de soigner le mal si il devait être acheté en pharmacie?

Ainsi, la valeur écosystémique est calculée en posant la formule statistique suivante :

$$VE = \left(\frac{n_1 VEM_1 + n_2 VEM_2}{n_1 + n_2} \right) N_{mp} \text{ avec } n_1 \text{ l'effectif des ménages faisant recours aux plantes}$$

autour du barrage en période froide, n_2 l'effectif des ménages faisant recours aux plantes autour du barrage en période chaude, VEM_1 la valeur écosystémique moyenne en période froide, VEM_2 la valeur écosystémique moyenne en période chaude et N_{mp} le nombre total des ménages pouvant utiliser les plantes autour du barrage dans la zone.

$$VE = \left(\frac{57 * 639,47 + 41 * 950}{57 + 41} \right) * 874 = 672\ 443,025 \text{ FCFA}$$

III.4.3. Contribution des macro-agents (CMA)

La contribution des macro-agents est constituée de l'apport financier des mairies et des services publics ou privés dans la zone et qui accordent une importance aux ressources en eau. Cette valeur s'élève à 25 335 000 FCFA.

III.4.4. Bénéfice ou valeur totale

La valeur économique totale du barrage est la somme des trois composantes calculées ci-dessus. La formule suivante permet de l'évaluer:

$$BET = SPC + VE + CMA = 37\,281\,968,36 + 672\,443,025 + 25\,335\,000 = \mathbf{63\,289\,411,39\ FCFA}$$

Le bénéfice économique total de la protection du barrage de Yitenga s'élève à 63 289 411,39 FCFA. Cette valeur semble plus réaliste que la valeur classique obtenue de l'évaluation totale des ressources environnementales. Sur la base de cette valeur, on peut aisément déduire qu'il y a un biais d'appréciation (BA) positif de la valeur. Ce biais est calculé en faisant la différence entre le bénéfice total obtenu avec le modèle du ménage agricole et le CAP total obtenu par la méthode classique, c'est-à-dire :

$$BA = BT - CAP_{total} = 63\,289\,411,39 - 56\,639\,611 = 6\,649\,800,39\ FCFA$$

Il y a donc un biais d'appréciation positif. L'importance du biais d'appréciation vient de la prise en compte de la valeur écosystémique et du surplus du producteur-consommateur. Cette valeur s'interprète comme un coût d'opportunité. Elle représente la somme que les ménages riverains auraient pu économiser si le barrage était en bon état.

III.5. Justification de l'intervention de l'Etat

La protection des ressources en eau permet de pérenniser l'accès à l'eau de boisson d'une part et favorise la pratique des activités agricoles génératrices de revenus pour les exploitants d'autre part. Les avantages liés à une telle protection sont nombreux dans les milieux où la demande en eau est de plus en plus importante. En effet, dans cette recherche, il ressort que les activités menées autour du barrage (riz, produits maraichers, élevage, etc.) génèrent des recettes annuelles de 305 100 000 FCFA et de 2 063 041,67 FCFA pour les activités de pêche.

En outre, la crise de l'eau de 2011 a engendré une dépense de 11 200 000 FCFA en un mois pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Pouytenga. Ceci représente le coût économique de l'approvisionnement de l'eau de boisson. Toutefois, l'approvisionnement en eau n'a pas qu'un coût économique mais aussi un coût social lié au déplacement des populations pour s'approvisionner à des sources plus éloignées et les pertes de temps. Si on ne retient que le coût économique, la disparition du barrage induirait une dépense annuelle de 134 400 000 FCFA par an pour la commune de Pouytenga où les infrastructures de soutien (forages, pompes et puits) sont en nombre réduit. En somme, la disparition du barrage, engendrerait une perte annuelle estimée à 441 563 041,7FCA.

Cette somme est interprétée comme la perte d'argent qu'occasionnerait la disparition du barrage de Yitenga. A cela s'ajouterait la valeur du barrage calculée plus haut. Cette valeur représente un coût d'opportunité. Autrement, les 63 289 411, 39 FCFA n'auraient pas été dépensés si le barrage était en bon état. Ils auraient pu être alloués à d'autres fins telles que dans l'éducation des enfants ou dans d'autres activités lucratives hors agricoles. Au total, l'estimation des pertes totales liées à une éventuelle disparition du barrage de Yitenga est de 504 852 453,1 FCFA. Il revient à se demander, que représente cette somme en termes de coût de désensablement. Selon DGRE (2011), le coût estimatif par mètre cube pour le désensablement des barrages est assimilé au coût d'un mètre cube de déblai qui est de 5 000 FCFA/m³. A ce coût, il faut ajouter les coûts des études préalables et du contrôle des travaux. Ce coût est celui proposé par les entreprises chargées d'effectuer les travaux.

Si on considère le cas du barrage de Yitenga ou les 1 340 000 m³ de capacités perdues suite à l'ensablement, un désensablement complet coûterait au minimum $1\,340\,000 \times 5\,000 = 6\,700\,000\,000$ FCFA. En faisant le rapport entre ce qu'on pourrait avoir annuellement de tous les usages économiques du barrage (504 852 453,1 FCFA) et le coût de désensablement total (6 700 000 000 FCFA), on obtient un taux de 7,54%. En d'autres termes, les gains obtenus annuellement du fait de l'existence du barrage représentent 7,54% du coût total du désensablement. Ceci représente peu en termes monétaires en ce sens ou il faut attendre environ 13 ans après pour que le coût total de désensablement soit épongé. C'est pourquoi, les actions de désensablement sont très rares au Burkina Faso (DGRE, 2011). Les coûts liés aux activités de désensablement sont très élevés.

Toutefois, il paraît impérieux pour l'Etat d'intervenir soit pour le désensablement, soit pour augmenter la capacité du barrage pour tenir compte des besoins en eau et mettre en place un mécanisme de gestion et de protection approprié du barrage de Yitenga dans la mesure où la protection d'une telle infrastructure (publique) entraîne la poursuite des activités agricoles, notamment celles permettant de juguler l'insécurité alimentaire, l'accès à l'eau de boisson et la réduction des conflits liés à l'eau. La disparition du barrage entraînerait aussi un déplacement de la population villageoise jeune vers les villes environnantes. Un tel mouvement engendrerait des maux sociaux tels l'exode rural, le développement du banditisme, le vol et l'accroissement du chômage urbain. Fort de ces éventualités, l'Etat devrait intervenir pour assurer la survie de la ressource et mettre en place un comité de gestion endogène car l'eau a d'autres valeurs autre que les valeurs économiques.

Selon la SCADD (2011), le potentiel des ressources en eau régresse de manière significative, et ne répond plus aux besoins croissants du pays. On estime que le Burkina Faso passera d'une situation de stress hydrique modéré en année normale, moyen à élevé en année très sèche au début des années 2000, à une situation de stress hydrique élevé permanent à l'horizon 2010-2015, la demande en eau atteignant 69,7% du volume utilisable en année normale et 141,9% en année très sèche. Les facteurs à l'origine d'une pollution croissante des ressources en eau (domestiques, agricoles, urbains) apparaissent comme une source d'aggravation du déficit en eau. Or, l'objectif du Gouvernement à travers la SCADD, est d'augmenter la contribution de cultures de contre saison de 50% à l'horizon 2015. Dans cette perspective, un effort soutenu doit être consenti pour la réalisation d'infrastructures hydroagricoles (grande et petite irrigation). Le rythme de création des retenues d'eau pour la petite irrigation devrait être accéléré, afin d'étendre les espaces de production.

Aussi, la question de la protection et de la valorisation des ressources en eau est intégrée dans les grandes préoccupations mondiales actuelles. En effet, la Déclaration Ministérielle de la Conférence de la Haye sur la Sécurité de l'eau au XXI^e siècle (Conseil des Ministres 2000) a reconnu que "valoriser l'eau" était un des sept défis clés pour la communauté internationale, en proclamant que nous "devons gérer l'eau d'une façon qui reflète ses valeurs économiques, sociales, environnementales et culturelles dans toutes ses utilisations (WWAP, 2001). Les services irremplaçables et le rôle dans le maintien de la vie humaine et de la vie sur la planète des ressources en eau sont des motifs qui devraient pousser l'Etat à intervenir

Au terme de ces analyses, il ressort que certains résultats économétriques confirment plusieurs résultats statistiques. Au niveau de la relation entre disposition à payer et certaines variables sociodémographiques, les résultats statistiques montrent bien qu'il y a une relation entre le niveau d'éducation, la main d'œuvre, le sexe du chef de ménage, l'ethnie, le régime foncier, l'accès au crédit, l'adoption des CES et l'accès au barrage. Ces résultats ont été confirmés par les régressions économétriques à l'exception de l'éducation qui n'a pas de lien avec la disposition à payer. En effet, ce résultat se justifie par le fait que dans la zone il y a environ 77, 08% de ménages non instruits. Ainsi, cette variable ne joue pas directement sur la disposition à payer mais l'est par contre dans la participation des ménages au projet de protection du barrage (CAP), c'est-à-dire qu'il y a une participation monétaire importante des instruits et des non instruits. Au niveau des techniques de conservation des eaux et des sols, plusieurs résultats économétriques sont conformes à ceux trouvés pendant l'analyse statistique.

Il revient de constater que les cordons pierreux, les haies vives, les bandes enherbées et le zaï sont pratiqués par 90% à 100% des ménages agricoles ayant pour activité principale l'agriculture. Aussi, les variables telles l'accès au crédit, l'accès au barrage, le régime foncier et la tenure ont un lien statistique et économétrique avec l'adoption des techniques CES. Un des résultats statistiques non confirmé par la méthode économétrique est bien la relation entre taille de ménage et l'adoption des techniques CES. Cette variable n'influence aucune technique CES. Ce résultat n'est pas conforme à celui trouvé par Asrat et al (2004) mais conforme aux résultats de Bekele et Holden (1998). En effet, le nombre d'enfants dans le ménage est beaucoup plus important que le nombre d'actifs, ceci explique la non influence de la taille du ménage. Globalement, les prédictions statistiques ont été en majorité confirmées par les résultats économétriques.

Ce chapitre a présenté les résultats économétriques de la thèse. Il a commencé par exposer et discuter les résultats relatifs aux facteurs influençant le consentement à payer des ménages pour protéger la ressource en eau menacée. L'un des résultats importants est le lien entre la pratique des techniques CES et le CAP. Ce résultat a conduit à l'estimation du modèle multinomial qui a révélé que des facteurs sociodémographiques, socioéconomiques et certaines caractéristiques du barrage influencent l'adoption des techniques CES dont la mise en place favorise la protection des sols et des eaux, notamment le barrage à l'échelle individuelle. Pour évaluer le bénéfice d'une telle protection, des fonctions de production et de consommation ont été estimées et intégrées. Les résultats obtenus sont bien supérieurs à ceux habituellement calculés. Il ressort de cette analyse que la méthode habituelle du calcul de la valeur sous-estime la valeur des biens environnementaux.

Conclusion générale

Cette thèse avait pour objectif principal d'estimer la valeur que les ménages du bassin versant de Yitenga attribuent aux ressources en eau notamment le barrage de Yitenga à travers leur consentement à payer pour disposer d'eau moins polluée et en permanence. Cet objectif général était soutenu par trois objectifs spécifiques.

L'un des objectifs spécifiques était de cerner les facteurs explicatifs de la contribution des usagers de l'eau du barrage. Les résultats obtenus montrent que les variables sociodémographiques telles le sexe, le niveau d'éducation et la profession du chef de ménage ont une influence significative sur le CAP à l'exception de l'âge qui a une influence positive mais non significative sur le CAP. Parmi les variables en relation avec le barrage de Yitenga, il ressort clairement que l'appartenance au comité local de l'eau (CLE), l'état des routes et les activités menées autour du barrage influencent positivement et significativement le CAP. Cependant, la pratique des CES a une contribution significative et négative. Enfin, les variables économiques telles le nombre de bovins dans le ménage, la dépense annuelle et l'accès au crédit influencent positivement et significativement le CAP à l'exception de la perception des transferts monétaires. Les résultats sur le CAP montrent en outre que le niveau moyen du CAP varie selon la période. En effet, le CAP moyen en période froide est estimé à 9313,75 FCFA et celui de la période chaude à 7627,39 FCFA. Le CAP moyen obtenu sur l'ensemble des deux périodes s'élève à 8509 FCFA. Ces résultats viennent alors corroborer l'hypothèse selon laquelle l'usage de l'eau du barrage, les activités menées et le niveau d'éducation du chef de ménage influencent positivement et significativement le consentement à payer. Le mode habituel de calcul de la valeur a permis d'obtenir une valeur totale 56 639 611 FCFA. Cette valeur représente le consentement à payer total des populations de la zone. Elles sont disposées à payer cette somme pour continuer de bénéficier de l'eau du barrage.

L'estimation du modèle précédent a révélé que la mise en œuvre d'une technique CES permettrait de réduire la contribution du ménage de 1720, 31 FCFA en moyenne. Ce résultat signifie que si les techniques CES sont bien adoptées, les ménages n'auraient plus à payer pour améliorer l'état du barrage. Autrement, la mise en place des CES est bénéfique pour la protection du barrage et éviterait des dépenses supplémentaires aux ménages.

Le deuxième objectif spécifique de cette thèse était de déterminer les facteurs importants de l'adoption des techniques CES dans la zone. Pour ce faire, un échantillon de 232 ménages respectant les critères du ménage agricole a été retenu pour l'analyse. Des données en coupe instantanée ont servi à l'analyse. Pour la mise en œuvre sur le plan économétrique, le modèle multinomial non ordonné a été estimé. Les résultats montrent que les techniques les plus répandues dans la zone sont les cordons pierreux, la diguette, le zaï, les bandes enherbées, la fosse fumièrre et la haie vive. Les résultats obtenus attestent que différents facteurs influencent la probabilité d'adoption de ces techniques. Cependant, ces facteurs varient selon la technique. La variable accès au crédit influence significativement et significativement l'adoption des techniques CES (cordons pierreux, diguettes, zaï, bandes enherbées). En outre, les résultats de l'estimation prouvent que le revenu non agricole agit significativement et de façon négative sur l'adoption des cordons pierreux, des diguettes et des bandes enherbées qui sont les techniques qui permettent de lutter efficacement contre la dégradation (érosion) des sols. Ces résultats sont cohérents avec la littérature existante (Hosier et Dowd, 1987 ; Leach, 1992). De même, la variable tenure (la possibilité du ménage a cultivé encore sur la parcelle pendant 10 ans), influence significativement et positivement la mise en œuvre des cordons pierreux, des diguettes, du zaï et des bandes enherbées. Ce résultat est conforme à ceux trouvées par d'autres auteurs (Astrat et al, 2004, Illukpitiya et al, 2004 et Sidibé, 2004). Quant aux variables mettant le lien entre le barrage et les techniques CES, on remarque que l'accès au barrage influence significativement et négativement l'adoption des diguettes. Cependant, la quantité d'intrants utilisée (Urée et NPK) joue positivement et significativement sur l'adoption des techniques CES à l'exception des fosses fumièrres et des haies vives. Les activités menées autour du barrage telles la pêche et les prélèvements, contribuent fortement et positivement à l'adoption des techniques CES comme le zaï et les diguettes. Ces différents résultats permettent de confirmer la deuxième hypothèse de la thèse qui stipule que la tenure, l'accès au crédit et la quantité d'intrants influencent positivement et significativement l'adoption des cordons pierreux, des diguettes, du zaï et des bandes enherbées.

Le troisième objectif spécifique de la thèse était d'estimer la valeur de la protection du barrage de Yitenga à partir de la dérivation du modèle du producteur-consommateur. Cette partie du travail a mobilisé les ménages producteurs-consommateurs comme dans le cas de l'adoption des techniques CES. Deux types de formes fonctionnelles ont été utilisés. Il s'est agit notamment de la fonction Cobb-Douglas pour les fonctions de production et la spécification AIDS pour les fonctions de demande ou de consommation. Les résultats des

estimations ont permis d'identifier les variables influençant les décisions de production et de consommation des ménages. Par la suite, l'intégration des fonctions s'est faite en prenant les CAP moyen obtenus à la période froide et à la période chaude. Cette intégration donne une valeur de 37 281 968, 36 FCFA, ce qui est supérieure à la valeur totale calculée en pondérant le CAP moyen au nombre total des ménages (31 304 611 FCFA). Egalement, les valeurs écosystémiques souvent ignorées dans le calcul classique de la valeur des biens environnementaux sont prises en compte. Dans ce travail, les valeurs des plantes utilisées pour les soins de santé sont comptabilisées comme valeur du barrage. Ainsi, la valeur totale du barrage est de 63 289 411, 39 FCFA. Ce résultat montre que la valeur du barrage de Yitenga est certes importante mais elle reste inférieure au coût total de désensablement (6 700 000 000 FCFA). Ainsi, la troisième hypothèse selon laquelle, la protection du barrage génère un bénéfice supérieur au coût total de désensablement est infirmée. Si on considère les recettes annuelles estimées à 504 852 453,10 FCFA, et en supposant un amortissant annuel constant au sens comptable du terme, et en faisant l'hypothèse que le barrage peut être encore être utilisé sur 20 ans³¹, on obtient un coût annuel de de 335 000 000 (6 700 000 000/20). Sur cette base, on constate que les recettes annuelles (504 852 443, 10 FCFA) permettent de couvrir l'amortissement annuel au taux constant.

Les résultats de la thèse conduisent à une formulation de certaines mesures de politiques économiques. D'abord, il est ressorti clairement que le barrage de Yitenga connaît un niveau d'ensablement poussé entraînant ainsi une pénurie d'eau dans le barrage surtout au milieu de la période chaude.

Au regard de l'engagement des populations riveraines à contribuer pour l'amélioration de la qualité de la ressource, il paraît important de mettre en place un mécanisme de gestion et d'entretien du barrage en responsabilisant davantage le comité local de l'eau (CLE). Les membres du CLE devraient comprendre les maires des communes et les délégués des différents comités villageois de développement (CVD). Autrement dit, il faut associer la population utilisatrice dans l'organe de gestion.

Une autre solution est l'amélioration du système de gestion des déchets solides et liquides dans la commune de Pouytenga. Il est important que la commune de Pouytenga située au

³¹ En général, les barrages ont une durée de vie de 55 ans, alors que le barrage de Yitenga créé en 1987, n' a, à peine 27

cœur du bassin (en amont), puisse créer un centre d'enfouissement technique des déchets en dehors de la ville, où les déchets des ménages et les déchets publics seront renvoyés pour éviter une pollution de l'eau du barrage par le canal des eaux de ruissellement. En outre, le traitement des eaux usées devrait être revu en sensibilisant chaque ménage à se doter d'une latrine pour mieux gérer les eaux de toilettes jusque là écoulées par un simple tuyau.

Au niveau des populations des villages riverains, il faudra encourager ces derniers à adopter davantage les techniques CES sur leurs parcelles surtout sur celles situées à proximité du barrage. Les ménages doivent être sensibilisés sur l'utilité de la mise en œuvre de ces techniques. Cependant, la mise en place des techniques nécessite des moyens financiers. Il paraît judicieux que les ménages soient accompagnés par des structures de micro-crédits pour le financement de la mise en œuvre des techniques ou d'une subvention venant de l'Etat. Aussi, pour aider à réduire la pénurie de l'eau, les maraichers doivent utiliser des spéculations qui utilisent moins d'eau avec un cycle court de production. Ceci permettrait d'économiser l'eau.

Au niveau étatique, les pouvoirs publics devraient s'investir soit pour le désensablement du barrage qui a perdu plus de la moitié de sa capacité initiale, soit pour augmenter la capacité du barrage pour tenir compte des besoins actuels. Cette proposition se justifie dans la mesure où le barrage était créé initialement pour accroître la production agro-pastorale. Aujourd'hui, les besoins en eau de consommation deviennent plus urgents dans la zone. Quelle que soit la mesure envisagée, elle doit être suivie d'un rehaussement du déversoir de 0,5 mètre pour éviter les pertes d'eau en saison hivernale.

Cette présente recherche a eu des contributions importantes à plusieurs niveaux.

D'abord sur le plan méthodologique, la conduite de la thèse a nécessité l'adoption d'une démarche plus poussée. Pour l'estimation de la valeur totale des biens environnementaux, plusieurs études se limitent au simple calcul du CAP. Or, pour un bien comme le barrage, les usagers sont des producteurs-consommateurs. L'analyse de la valeur a conduit à la dérivation du surplus du producteur-consommateur, composante ignorée dans la valorisation classique des biens environnementaux. En plus, la valeur totale du barrage intègre les valeurs écosystémiques offerts par cet écosystème. Une autre contribution de la thèse est la mise en œuvre de l'exercice contingent. Dans une zone où les ménages sont très peu instruits, le recours aux photos décrivant deux états du barrage a permis de révéler la contribution financière des ménages.

Ensuite, les résultats de la thèse permettent de proposer des solutions concrètes pour une meilleure gestion du barrage en partant des connaissances du milieu et des problèmes liés aux ressources en eau. Une telle étude pourrait être dupliquée sur d'autres barrages du pays pour estimer la valeur que les ménages accordent à une telle ressource et proposer des mécanismes de gestion pour réduire les crises d'eau. Enfin sur le plan scientifique, deux éléments sont à considérer : la vérification de la théorie ricardienne des rendements d'échelle décroissants et l'utilisation d'un cadre théorique basé sur le modèle des ménages ruraux pour le calcul de la valeur économique du barrage.

La recherche menée pose plusieurs questions et ouvre de nouvelles perspectives de recherche. A la suite de ce travail, d'autres recherches pourraient se pencher sur l'analyse des effets de la pollution de l'eau sur la santé des ménages de la zone ainsi que sur la productivité agricole.

La présente étude comporte aussi certaines insuffisances liées aux difficultés rencontrées tout au long de la recherche. En effet, les 240 ménages enquêtés pendant la période froide n'étaient pas tous présents à la seconde phase (période chaude). Beaucoup de ceux qui étaient absents, sont soit partis en Côte d'Ivoire, soit ils ont quitté le village ou soit pour des problèmes de décès, la famille s'est disloquée. Une autre insuffisance de la thèse, est la taille de l'échantillon, on aurait souhaité avoir un échantillon de taille plus grande et observé sur plusieurs périodes (plus de 2 périodes) pour mieux approfondir les aspects étudiés.

Références bibliographiques

Abdelkrim A. (2000), *La modélisation des préférences et le bien-être des ménages en Pologne. Département d'Économie et CREFA. Université Laval Mars 2000 No 00-05.*

ACTUS (2007), Ressources en eau et Notions d'écologie, *Ecologie* 2007, 74p.

Adegbidi A. et al (1999), "Farmers' perceptions and sustainable land use in the Atacora, Benin". *CREED working paper, No 22. Collaborative research in the Economics of environment and development*, IIED: London.

Adelski E. et Bissala I. (2002), Final qualitative evaluation: food security initiative in Niger, Executed in collaboration with Africare, CARE International, Catholic Relief Services, and Helen Keller Internationa, 113p.

Adesina A. A.; Mbila D.; Nkamleu B. G. et Endamana D. (2000), *Econometric analysis of the determinants of adoption of alley farming by farmers in the forest zone of southwest Cameroon. Agriculture, Ecosystems and Environment* 80, pp 255-256.

Akinola A. A. (1987), *An application of probit analysis to adoption of tractors hiring service scheme in Nigeria. Oxford Agrarian studies*, 17, 0-82.

Aklilu A. et Jan de G. (2006), *Determinants of adoption and continued use of stone terraces for soil and water conservation in an Ethiopian high land watershed. Ecological, economics*, 9p.

Alexis C. (2009), Etat des lieux de la situation hydrique en Afrique subsaharienne Document de travail/Ierpe: DT.1.2009 Bruxelles, 29 janvier 2009, 52p.

Alinsato A. S (2005), Analyse du consentement à payer pour la conservation des Sols, Université de Cocody, 25p.

Allet J., Dubois J.L. et Mahieu F.R. (2003), « Le développement socialement durable : un moyen d'intégrer capacités et durabilité », communication for the 3rd Conference on the Capability Approach, University of Pavia, 6-9 september 2003.

AMCOW (2012), Rapport de situation sur l'application des approches intégrées de la gestion des ressources en eau en Afrique, Edition : Catherine McMullen, 101p.

Amemiya T. (1981), Quantitative Response Models, *Journal of Economic Literature*, vol 19.

Amemiya T. (1985), *Advanced Econometrics*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

Amigues J. P., Desaignes B. et Vuong Q. (1996), *L'évaluation contingente : controverses et perspectives. Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales*, n° 39-40, p 124-150.

Arrow K. et al (1993), *Report of the NOAA panel on contingent valuation*, *Federal register*, 1993, 58, January 15.

Asrat P., Belay K. et Hamito D. (2004), “*Determinants of farmer’s willingness to pay for soil conservation practices in the southeastern Highlands of Ethiopia*”. *Land Degradation and Development* vol 15 Pg: 423-438.

Atampugré N. (1996), *Au-delà des lignes de pierres. L’impact social d’un projet de conservation des eaux et du sol dans le Sahel*. Oxfam/UK and Ireland.

Aubertin C. et Vivien F-D. (1998), *Les enjeux de la biodiversité*. Col. Poche Environnement. Paris, Économica. 112p.

BAD (2000), *Politique de gestion intégrée des ressources en eau OCOD*, 94 p.

Banque Mondiale (1994), «*Rapport sur le développement dans le monde: des infrastructures dans le développement* », Banque Mondiale, Washington DC, 245p.

Banque Mondiale (1998), *Rapport annuel*, Washington.

Bardina E. (2003), *Identification, évaluation et compréhension des interactions entre les différents facteurs de pollution du barrage de Yitenga, Burkina Faso*. Mémoire de Diplôme d’ingénieur, EPFL, Lausanne. 85 p. + annexe.

Barnum H. et Squire L. (1979), *A Model of an Agricultural Household*. Washington, D.C.: Banque Mondiale, 1979.

Bateman I. J. (2008), «*Valuing “X” (when “X” is unknown). Key note lecture* », *10th BioEcon workshop*, Cambridge (UK), September 29-30th.

Beekman H.E. et al (2005), *Facing the Facts: Assessing the Vulnerability of Africa’s Water Resources to Environmental Change*. Early Warning and Assessment Report Series, UNDP/DEWA/RS, United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya.

Bekele S et Holden S, (1998), *Soil Erosion and Smallholders' Conservation Decisions in the Highlands of Ethiopia* *World Development*, Volume 27, Issue 4, April 1999, pp 739-752.

Bennett R. (1997), *Farm animal welfare and food policy*. *Food Policy*, 22 (4), pp 281-288.

Berger M. C. et al (1987), “*Valuing Changes in health Risks: a Comparison of Alternative Measures*”, *Southern Economic Journal*, 53, 967-984.

Berhanu A. (1999), *Soil degradation and economic evaluation of smallholder farm investment in soil conservation in Hararghe Highlands of Ethiopia: The role of local conservation measures*. Ph.D thesis. University of Haniver, Germany, 1999.

Bishop R. C. et Heberlein T. A. (1979), “*Measuring Values of Extra-market Goods: Are indirect measured?*”, *American Journal of Agricultural Economics* 926-939.

Bohm P. (1972), *Estimating the demand for public goods: an experiment*. *European Economic Review*, 3, 111–130.

Bonnieux F.(1997), "Les évaluations contingentes peuvent-elles fonder une politique ?", Congrès annuel de l'AFSE, Paris, Septembre.

Bonnieux F. (1998), *Principes, mise en oeuvre et limites de la méthode d'évaluation contingente*, économie publique, vol. 1 pp 47-90.

Bonnieux F. et Desaignes B. (1998), «Economie et politiques de l'environnement » édition 1998, Dalloz, 328p.

Bonnieux f., Boude J.P., Guerrier C. et Richard A. (1991), La pêche sportive du saumon et de la truite de mer en Basse-Normandie. Rapport CSP-INRA-ENSAR, 78p.

Bonnieux.F. et Rainelli P. (1991), « Catastrophe écologique et dommages économique, INRA, Economica, Paris.

Boskin M. J. (1974), *A conditional logit model of occupational choice*, The Journal of Political Economy, Volume 82, Issue2, Part 1 (Mar.-Apr., 1974), 389- 398.

Boussard J.M. (1996), A propos de l'évaluation contingente, INRA-STEFE. ENGREF,19, av. du Maine, Paris cedex 15.

Brent (2006), "Applied Cost-Benefit Analysis", Second edition, Edward Elgar, Cheltenham.

Byerlee D.; De Janvry A. et Sadoulet E. (2009), "*Agriculture for Development: Towards a New Paradigm*" Forthcoming in the Annual Review of Resource Economics, Vol 1.

Calia P. et Strazzeria E. (2001), *A sample selection model for protest responses in contingent valuation analyses*, Statistical 61, 473-485.

Cameron T. A. (1991), « *Interval Estimates of Non-Market Resource Values from Referendum Contingent Valuation Surveys* », *Land Economics*, vol. 67, n° 4, pp. 413-421.

Cameron T. A. et James M. D. (1987a), « *Efficient Estimation Methods for »Closed-Ended« Contingent Valuation Surveys* », The Review of Economics and Statistics, vol. 69, n° 2, pp. 269-276.

Cameron T. A. et James M. D. (1987b), « *Estimating Willingness to Pay from Survey Data : An Alternative Pre-Test-Market Evaluation Procedure* », Journal of Marketing Research, vol. 24, n° 4, pp. 389-395.

Castano J.M.; Meulenberg A. V. et Tilburg (2003), "The impact of marketing on soil sustainability of agriculture in developing countries: a method and an application". *Agricultural Economics* Vol 33 pp 51-66.

Castano J.M.; Meulenberg A. V. et Tilburg (2003), "*The impact of marketing on soil sustainability of agriculture in developing countries: a method and an application*". *Agricultural Economics* Vol 33 pp 51-66.

Caswell M.; Fuglie K. Et Ingram C. (2001), Adoption of agricultural production practices: Lessons learned from the US Department of agriculture Area Studies Project. Us department of agriculture Economic research service AER- 792.

Cavailhès J. et al. (2007), Valeur des paysages ruraux et localisation résidentielle. In Aubert F., Piveteau V., Schmitt B. (Eds), « *Agriculture, développement régional et politiques publiques. Quels enjeux pour l'action et pour la recherche ?* » Éditions QUA.

Cavailhès J. et Joly D. (2006), Les paysages périurbains et leur prix. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté, 2006.

CEDRES-SBA-ECOSYS (2011), Est-il profitable pour l'Etat burkinabè d'engager davantage de fonds pour la protection et la bonne gestion de l'Environnement ?, CEDRES, Ouagadougou, Burkina Faso, Policy Brief.

Chamberlain G. (1984), "Panel Data," in Handbook of Econometrics, Volume 2, ed. Z. Griliches and M.D. Intriligator. Amsterdam: North Holland, 1247–1318.

Chayanov A. (1923), Die Lehre von der bauerlichen Wirtschaft, Berlin, Parey. Traduction française, 1990, L'organisation de l'économie paysanne, Librairie du Regard. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Cho Y. et Kim H. J. (2004), *The cost-benefit analysis of the improvement of water quality of the Paldan Reservoir in Korea*, American Agricultural Economics Association Meetings, Denver, 16p.

Clarke H.R. (1992), "The supply of non-degraded agricultural land". Australian Journal of Agricultural Economics vol 36: 31-56.

Clawson M. et Knetsch J. L. (1966), Economics of outdoor recreation. Baltimore, MD: John Hopkins Press.

Clay D.; Reardon T. et Kangasniemi J. (1998), "Sustainable Intensification in the Highland Tropics: Rwandan Farmers' Investments in Land Conservation and Soil Fertility," Economic Development and Cultural Change, 46 (2) (January): 351-78.

Coase R.H. (1960), « The problem of social cost », Journal of Law and Economics, oct.

Colman D. et Young T. (1989), Principles of agricultural economics: Markets and prices in less developed countries: Cambridge University press.

Commission des Communautés Européennes (2007), Faire face aux problèmes de rareté de la ressource en eau et de sécheresse dans l'union européenne, document de travail des services de la Commission, Bruxelles, le 18.7.2007, SEC(2007) 996.

Commune de Pouytenga (2010), Plan communal de développement (PCD) 2010-2014 de la Commune de Pouytenga, élaboré par la Commune de Pouytenga avec l'appui financier du PADSEA II Et l'appui technique de SERF, juin 2010, 183p.

Compaoré L. (1997), Les problèmes de gestion des forêts classées : une analyse des fondements de dégradation des ressources forestières par les populations rurales. Cas de la forêt classée de Ziga . Mémoire de DEA/PTCI, Université de ouagadougou. 85p.

Compaoré P. et al (2011), Les problèmes relatifs à la gestion du barrage de Bourra au Burkina Faso, Application de la Méthode Accélérée de Recherche Participative, pour le Projet Challenge Program for Food and Water Volta, 64 p.

Critchley W., Reij C. et Seznec A. (1992), “Water Harvesting for Plant Production”, in Case Studies and Conclusions for Sub-Saharan Africa, Volume II, World Bank Technical Paper No. 157.

CSLP (2003), Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté, Ministère de l’Economie et du Développement, Burkina Faso, 214p.

Cummings R.G. et al (1986), valuing Public Goods: the Contingent Valuation Method. Totowa, Rowman and Allenheld Publishers, Département d’Économie et CREFA. Université Laval Mars 2000 No 00-05.

Cummings, R.G., Harrison, G.W. et Rutström, E.E. (1995), “*Homegrown values and hypothetical surveys: is the dichotomous choice approach incentive compatible?*” American Economic Review, 85: 260-266.

Dachary-Bernard J. (2004), Approche multi-attributs pour une évaluation économique dupaysage, Thèse de doctorat, Université Montesquieu – Bordeaux IV.

Davis R. K. (1963), *Recreation planning as an economic problem*, Natural Resources Journal,3, pp 239-249.

De Janvry A.; Fafchamps M. et Sadoulet E. (1991), “Peasant Me’nage Behavior with Missing Markets : Some Paradoxes Explained”, Economic Journal, 101(409), pp. 1400-17.

Deaton, A. and J. Muellbauer (1980), *An Almost Ideal Demand System*, The American Economic Review. 70 (3), pp 312-326.

Demeke A. B. (2003), Factors influencing the adoption of soil conservation practices in northwestern Ethiopia. *Discussion paper 37*. Institute of Rural Development, University of Goethingen.

Desaigues B. et Point P. (1993), « Economie du patrimoine naturel : la valorisation des bénéfiques de protection de l’environnement ». *Economica*, Paris, 317p.

Desaigues B. et Lesgards (1992), « *L’évaluation contingente des actifs naturels : un exemple d’application* ». *Revue d’Economie Politique* Vol 102, n°1 pp 100-121.

DGH. (2001), Rapport statistique 2000, Ouagadougou, Burkina Faso, 50p.

DGRE (2011), Aménagement et gestion des retenues d’eau au Burkina Faso, MECV, Ouagadougou, Manuel d’exécution, Burkina Faso, 98p.

Diabri P. (2008), Qualité de l’eau et niveau de comblement du barrage de Tougou (Burkina Faso). Mémoire de Master 2, Institut International d’Ingénierie de l’Eau et de l’Environnement (2iE), Ouagadougou, Burkina Faso, 63p.

Diamond J. et Hausman J. A. (1993), “*Contingent valuation : A critical Assessment*” Amsterdam, North Holland Press, 1993.

Diamond P. A. et Hausman J. A. (1993), *On Contingent Valuation measurement of nonuse values*, in Hausman Jerry A., *Contingent Valuation - A critical Assesment*, North Holland, Amsterdam, pp. 3-38.

Dixon T. F. H. (1994), *Environmental Scarcities and Violent Conflict: Evidence from Cases*, International Security, Vol. 19, No.1, The MIT Press, pp 5-40.

Dixon, J.A.; Scura, L.F.; Carpenter, R.A. et Sherman P.B. (1997), *Economic analysis of environmental impacts*. London, Earthcan Publications Ltd.

Djibo M. (2006), Lutte contre l’ensablement au Niger, ministère de l’équipement, Direction générale des travaux publics, 21p.

Dostie et al. (1999), Saisonnalité de la consommation alimentaire des ménages pauvres à Madagascar, Document de travail, Institut National de Statistiques (INSTAT), Madagascar.

Droy I. et Rasolofo P. (2001), « Entre cyclone et marchés mondiaux, la vulnérabilité des ménages de la côté Est de Madagascar », La pauvreté à Madagascar : Etat des lieux, facteurs explicatifs et politiques de réduction, Antananarivo, 4-7 février 2001.

Dutilly-Diane C.; Sadoulet E. et De Janvry A. (2004), « *Household Behaviour under Market Failures : How Natural Resource Management in Agriculture Promotes Livestock Production in the Sahel*, *Revue d'économie du développement*, 2004/1 Vol. 18, p. 5-34. DOI : 10.3917/edd.181.0005, 32p.

ECC (2006), Water. Environment, Conflict and Cooperation Platform, Water page. *Econometrica* 62: 95–116. Economic Growth Project, Technical Report n° 17, Berkeley.

ECOWAS (2007), les grands bassins fluviaux transfrontaliers, Atlas de l’intégration régionale en Afrique de l’Ouest, 20p.

Edjabou M. (2007), Analyse économique de la gestion des ressources naturelles au Togo: cas des ceintures vertes dans l’AVE. Mémoire d’Ingénieur Agronome, ESA, Université de Lomé. 48-50.

Efron B. et Tibshirani R. (1986), « *Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy* », *Statistical Science*, 1, n°1, 54-77.

Ellis F. (1993), *Peasant economics: Farm households and agrarian change*. Cambridge University Press.

Ervin C.A. et Ervin D. E. (1982), “*Factors affecting the use of soil conservation practices: hypothesis, evidence and policy implication*”. *Land Economics* Vol 58 (3) P: 277-292.

Estudillo P. J. et al. (2013), Labor Markets, Occupational Choice, and Rural Poverty in Selected Countries in Asia and Sub-Saharan Africa, Background Paper for the World Development Report 2013, 34p.

Facchini F. (1994). L'évaluation du paysage: revue critique de la littérature. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 3,p. 375-401.

FAO (1996), Genre, fécondité/mortalité en milieu rural et régime foncier, Département du développement durable (1996).

FAO (2003), Situation des forêts du monde 2003. FAO, Rome/Italie. 168p.

Faucheux S. et Noël J-F. (1995), « économie de l'environnement et des ressources naturelles ». Armand Colin, Paris.

Feder G.; Just R. E. et Zilberman D. (1985), *Adoption of agricultural innovations in developing countries.* *Economic Development and cultural change* 33:255-98.

Flachaire E. et Hollard G. (2005), *Une approche comportementale de l'évaluation contingente* Eureka, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 15p.

Fonta W. M. et Omoke P. C. (2008), *Testing and correcting for sample selection bias in Social research: application to contingent valuation method survey data,* *European Journal of Social Sciences* 6, 232 - 243.

Garcia S.; Harou P. et Montagné C. (2009), *Models for sample selection bias in contingent valuation: Application to forest biodiversity,* *Journal of Forest Economics* 15, 59-78.

Garrabé M. (1994), Ingénierie de l'évaluation économique Editions Ellipses Paris, 256p.

Gbangou Y. R. (2005), Analyse de la demande des produits forestiers non ligneux des villages riverains du Parc National Kaboré Tambi (Burkina Faso). Mémoire de fin d'études à l'IDR, option Sociologie et Economie Rurales à l'UPB, 62p.

Gebremedhin, B. et S. Swinton. (2003), "Investment in soil conservation in northern Ethiopia: the role of tenure security and public programs." Forthcoming in *Agricultural Economics*.

Gérard-Varet, L.A. (1998), La contribution de la théorie des mécanismes incitatifs au développement de procédures expérimentales de révélation des préférences. *Economie Publique : Etudes et Recherches, Document de Travail, GREQAM, Marseille, France.*

Gleick P.H. et al. (2004), *The World's Water 2004-2005: The Biennial Report on Freshwater Resources.* Island Press, Washington, D.C.

Gleick P.H. et Rane J. (2005), "Large International Water Meetings: Time for a Reappraisal." *Water International*, Vol. 30, No. 3, pp. 410-414.

Glewwe P. (2001), *Consumption Economics,* - APEC 8401. Lecture note. University.

Gnandi k. et al. (2008), Distribution, biodisponibilité et bioaccumulation des métaux lourds dans le système lagunaire de Lomé. Com. Journées Scientifiques Internationales de Lomé.

Gould B. W.; Saupe W. E. et Klemme R. M. (1989), *Conservation tillage: the role of farm and operator characteristics and the perception of soil erosion.* *Land Economics Goods*", *Journal of Public Economics*, 3, 329-348.

- Greene W. H. (2000)**, *Econometric Analysis* 4th Edition, Macmillan Publishers, New York.
- Griliches Z. (1957)**, *Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change*. *Econometrica* 24: 501-22.
- Guillaud D. (1993)**, *L'ombre du mil. Un système agro-pastoral sahélien en Aribinda (Burkina Faso)* ORSTOM coll. A travers les champs.
- Haggblade S.; Tembo G. et Donovan C. (2004)**, Household level financial incentives to adoption of conservation agricultural technologies in African (Zambia). Food Security Research Project.
- Hanemann W. M. (1984)**, « *Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses* », *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 66, n° 3, pp. 332-341.
- Hanemann W. M. et Kanninen B. (1999)**, « The Statistical Analysis of Discrete-Response CV Data », dans *Valuing Environmental Preferences : Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EC, and Developing Countries*, I.J. Bateman et K.G. Willis (eds), Oxford University Press, Oxford.
- Hanley N. et Spash C. L. (1993)**, *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, University of Glasgow, 15p.
- Hardin Co. (1968)**, *The Tragedy of the Commons*, *Sciences*, n°162.
- Hausman J. A. (1993)**, *Contingent valuation: a critical Assessment*, Elsevier Sciences Publishers BV, 1993.
- Heckman J. (1978)**, « *Dummy endogenous variables in a simultaneous equation system* », *Econometrica*, 46, 931-959.
- Heckman J. (1979)**, « *Sample Selection Bias as a Specification Error.* » *Econometrica*, 47: 153-6.
- Hicks J. R. (1940)**, « *The rehabilitation of consumer's surplus*, *Review of Economic Studies* pp 31-41.
- Hoehn J. P. (1991)**, « *Valuing the Multidimensional Impacts of Environmental Policy : Theory and Methods* », *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 73, n° 2, pp. 289-299.
- Hosier, R.H., Dowd, J., (1987)**, « *Household fuel choice in Zimbabwe: an empirical test of the energy ladder hypothesis* », *Journal of Resources and Energy*, 9: 347-361.
- Illukpitiya P. et Gopalakrishnan C. (2004)**, « *Décision making in soil conservation: application of a behavioral model to potato farmers in Sri Lanka* ». *Land Use Policy* vol 21 pp: 321-331.

INSD (2003), Enquête burkinabè sur les conditions de vies des ménages. INSD,, Ouagadougou, Burkina Faso.

INSD. (2007), Résultats préliminaires du recensement général de la population et de l'habitation de 2006, Ouagadougou, Burkina Faso.

INSD (2008), Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2006, Résultats Définitifs, Ouagadougou, Burkina Faso.

INSD (2010), Analyse de quelques résultats des données de la phase principale de l'enquête intégrale sur les conditions de vie des ménages, EICVM 2009, Ouagadougou, Burkina Faso, 13p.

Johnston J. et Di Nardo J. (1997), *Econometric methods* (4e édition), McGraw-Hill International Editions, New-York.

Judez et al (1998), *Evaluation contingente de l'usage récréatif d'une réserve naturelle humide*, Espagne, Cahiers d'économie et sociologie rurales, n°48, 1998, 19p.

Kaboré P.D.; Traoré G. J. et Somé B. (2003), Analyse des techniques de lutte contre la désertification au Burkina Faso. Ouagadougou : INERA, 17p.

Kahneman D. (1986), Comments by Professor Daniel Kahneman. *Valuing Environmental Goods : An Assessment of the Contingent Valuation Method*, R.G. Cummings, D.S. ,Brookshire and W.D. Schulze, Totowa, New Jersey, Rowman and Allanheld.

Kanheman D. et Knetsch J. (1992), *Valuing public goods: the purchase of moral satisfaction* Journal of Environmental Economics and Management, 22, pp 57-70.

Karambiri H. (1998), Etude de l'ensablement des barrages au Burkina Faso : Étude de cas. Mémoire d'Ingénieur de l'EIER (Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural), Ouagadougou, Burkina Faso, 125p.

Karambiri H. (2011), L'écohydrologie, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Ouagadoudou, Burkina Faso, 17p.

Kengni D. E. (2002), Sanitary and water supply for consumption in the watershed of Yitenga: analysis of the situation, risk on the health of populations and preventive measures. Thesis of engineer diploma, EIER, Ouagadougou, Burkina Faso. 88p.

Kerkhof P. (1991), L'agroforesterie en Afrique. Paris ed. l'Harmattan, 253p.

Kessler J. J. et Gering C. (1994), Profil environnemental du Burkina Faso, Université Agronomique de Wageningen, Pays Bas.

Khalil A. (2003), *Valeur sociale de la conservation du paysage agricole : Application de la méthode d'évaluation contingente au Paysage agricole de la Chaouia*, Agricultural and Developpement Economics Division, Rome, Italie, 6p.

Kini J. (2007), Analyse des déterminants de l'adoption des technologies de conservation des eaux et des sols dans le plateau central du Burkina Faso, Mémoire de DEA, UFR/SEG, Université de Ouagadougou, PTCI, 70p.

Kombaté T. et al (2010), Demande du riz importé, demande du riz produit localement au togo : une estimation à partir du modèle almost ideal demand system (AIDS), Lomé, TOGO, (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23, 2010, 17p.

Koutou M.; Ouedraogo D.; Nacro H.B. et Lepage M. (2007) : Déterminants de l'adoption du zaï forestier et perspectives de valorisation de la technique (province du Yatenga, Burkina Faso). Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007.

Kriström B. (1997), *'Spike Models in Contingent Valuation'*, American Journal of Agricultural Economics 79, 1013-1023.

Kriström B. (1999), *'Contingent Valuation'*, in van den Bergh J.C.J.M., ed, Handbook Of Environmental And Resource Economics, Edward Elgar.

Kurz M. (1974), *Experimental approach to the determination of demand for public goods*, Journal of Public Economics 3,329-348.

Lamachère J.M. et Serpantie G. (1991), « *Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champs cultivés en mil en zone soudano-sahélienne, Burkina Faso, province du Yatenga, région de Bidi* », pp. 165-178. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext : Paris.

Lamari M.; Réjean L. et Amara N. (2001), *Apprentissage et innovation : une analyse économétrique à partir de données d'enquête dans les entreprises des régions de Québec et de Chaudière-Appalaches*. Revue Canadienne des Sciences Régionales. Vol.XXIX :1, Université Laval, Québec, Canada, G1K 7P4, 25p.

Lancaster K. J. (1996), « *A new approach to consumer theory* », journal of political economy, vol 74, pp 132-157.

Lapar M. L.A., et Pandey S. (1999), « *Adoption of soil conservation the case of Philippine Uplands* » Agricultural Economics Vol 21 pp 241-256.

Leach G. (1992), « *The energy transition* », Energy Policy, 20: 116-123.

Lee L. F.; Maddala G. et Trost R. (1980), « *Asymptotic covariance matrices of two-stage probit and two-stage tobit methods for simultaneous equations models with selectivity* », Econometrica, 48, 491-503.

Lemoalle J.; Bader J.C.; Leblanc M. et Sedick A. (2011), L'évolution récente du Lac Tchad: contexte général et données de base. 31 octobre 2010. IRD, 8p.

Lévy J. et Lusseau M. (2003), Dictionnaire de la géographie et des espaces des sociétés, Editions Belin, Paris, p. 1034.

Maddala G. S. (1985), Limited-dependent and Qualitative Variables in Econometrics, Cambridge, Cambridge University Press.

Maga G. P. (2002), Comportement et implication des populations de la ville de Pouytenga dans le domaine de l'eau et de l'assainissement. Premier Rapport Trimestriel de stage d'appui à la recherche. Octobre-Décembre 2002, EIER, Ouagadougou, Burkina Faso, 34 p. + annexes.

Mahan B. L.; Polasky S. et Adams R. M. (2000), Valuing urban wetlands: a property price approach – Land Economics, 76: 100-113.

Mahé C. (2005), Functions and socio-economic importance of coral reefs and lagoons and implications for coastal management, case study of Moorea, french Polynesia. Wageningen, Wageningen University, Dept of Environmental Science, Master of Sciences thesis, 147 p.

Maidawa D. (2006), Lutte contre l'ensablement au Niger, ministère de l'équipement, direction générale des travaux publics, 21 pages Février 2006.

Maiga et al. (2006), *Risques d'eutrophisation et de comblement des retenues d'eau au Burkina Faso*. IAHS Publ. n°308, 606-611.

Maille I. et Mendelsohn R. (1993), *Valuing ecotourism in Madagascar*. Journal of Environmental Management, 38, 213-218.

Mainguy D. (2012), *Le problème posé par le théorème de Coase, le droit de l'environnement et l'intérêt général environnemental*, In Droit et sentiment, rencontres Montpellier Sherbrooke, Ed ; CNRS, 18p.

Mamoudou A. (2003), Impact des cultures irriguées autour des petits barrages sur le milieu naturel et le comportement socio-économique des populations rurales au Burkina Faso : cas de Yitenga. Mémoire de fin d'études d'ingénieur, EIER, Ouagadougou, Burkina Faso, 106p.

Mando A.; Driel V.W.F et Zombré P.N. (1993), Le rôle des termites dans la restauration des sols ferrugineux tropicaux encroutés au Sahel. Contribution au 1^{er} Colloque International de IAOCASS: Gestion Durable des Sols et de l'Environnement en Afrique Tropicale, Ouagadougou, 6–10 Décembre.

Manig W. (ed.) (1991), "Stability and Changes in Rural Institutions in North Pakistan", Socioeconomic Studies on Rural Development, Vol. 85. Alano Verlag. Aachen.

Marchal J.Y. (1986), Vingt ans de lutte antiérosive au nord du Burkina Faso, Cahier oesToe, Pédol. vol. XXII, n02, 1986, pp.173-180.

Mbaga-Semgalawe Z. et Folmer H. (2000), Household adoption behaviour of improved soil conservation: the case of the north Pare and west Usambara Mountains of Tanzania. *Land Use Policy* 17: 321-36.

Mbaye A.A. (2008), *Collecting Household Waste in Dakar: Does it Cost That Much? An Application of Contingent Valuation*, CS-BIGS 2(1): 28-37.

Mc Connell K.E. (1975), "Some Problems in Estimating the Demand for Outdoor Recreation", *American Journal of Agricultural Economics*, 330-334.

McConnell K. E. (1990), « *Models for Referendum Data : The Structure of Discrete Choice Models for Contingent Valuation* », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 18, n° 1, pp. 19-34.

McFadden D. (1968), *The Revealed Preferences of a Government Bureaucracy: Theory*, University of California, Berkeley, 16p.

Michalland B. (1996), Place de la forêt dans les exploitations agricoles en France et évaluation des biens et services non commercialisés produits par cette forêt : État de l'art, Cemagref Clermont-Ferrand, 65p.

Ministère de l'agriculture (2002), Dynamique de l'agriculture au Burkina Faso, 2002.

Ministère de l'Economie et des Finances/Banque Mondiale (2001), Burkina Faso : Compétitivité et Croissance Economiques, Orientations, Stratégie et Actions, Ouagadougou, Burkina Faso.

Minten B. (2006), Riz et pauvreté à Madagascar, Africa Region, Working Paper Series No. 102, 201p.

Mirault E. (2007), Les fonctions et enjeux socio-économiques des écosystèmes récifaux : une approche géographique des valeurs de l'environnement appliquée à l'île de la Réunion. Paris, Université de Paris X, thèse de géographie, 712p.

Mitchell R. C. et Carson R.T. (1989), *Using Surveys to value Public Goods: the Contingent Valuation Method*, Resources for the Future, Washington D.C.

Mundlak Y. (1978), « *On the pooling of time series and cross section data* », *Econometrica*, 46, n°1, 69-85.

Ndiaye O., Manguelle S. P. et Azandossessy N. (2003), Amélioration du cadre de vie dans la zone d'influence du barrage de Yitenga – Province du Kouritenga au Burkina Faso : aspects alimentation en eau potable et assainissement. Rapport projet intégrateur 2002-2003. EIER, Ouagadougou, Burkina Faso. 100p.

Negatu W. et Parikh A. (1999), The impact of perception and other factors on the adoption of agricultural technologies in the Moret and Jiru Woreda (district) of Ethiopia. *Agricultural Economics*.

Neupane R. P.; Sharma K.R. et Tharpa G. B. (2002), *Adoption of agro forestry in the hills of Nepal: A logistic regression analysis*. *Agricultural system*, 72 : 177-196.

OCDE (2004), « *Améliorer la gestion de l'eau : L'expérience récente de l'OCDE* », OECD Publications, Paris, France.

OMS (2005), Changement climatique et santé humaine : risques et mesures à prendre, PNUE et OMM, 18 septembre 2005.

ONEA (2004), Programme d'approvisionnement en eau potable, Ministère de l'Environnement et de l'Eau, Ouagadougou, Burkina Faso.

ONEA-Koupéla (2010), Plan d'aménagement du barrage de Yitenga, Province du Kouritinga, MARHH, 40p.

OTA (1988), The Defense Technology Base: Introduction and Overview March 1988, NTIS order #PB88-192562.

Ouédraogo B. (2002), Eléments économiques pour la gestion de l'offre et de la demande du bois-énergie dans la région de Ouagadougou, Thèse de doctorat, UFR/SEG, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 377p.

Ouedraogo J-C. (2002), Systèmes d'exploitation du barrage de Yitenga et ses aménagements, risques de disparition de la ressource en eau, impact socio-économiques, environnementaux et sanitaires sur les populations et mesures de prévention. Mémoire de fin d'étude d'ingénieurs, EIER, Ouagadougou, Burkina Faso. 113p.

Ouédraogo K.; Traoré O. et Nébié K. (1997), *Gestion des forêts et participation des agriculteurs : cas du village de Bougnoumou dans la province de Sissili au Burkina Faso*. Arbres, Forêts et Communautés Rurales N°9, pp 16-22.

Ouedraogo M. et Kaboré V. (1996), The 'zai': a traditional technique for the rehabilitation of degraded land in the Yatenga, Burkina Faso. In: Reij, C., Scoones, I. and Toulmin, C. (eds) *Sustaining the Soil. Indigenous Soil and Water Conservation in Africa*. Earthscan, London, UK, pp. 80–92.

Pandey J. (1999), Socio-Cultural Dimensions of experience and consequences of crowing. In J.C. Lasry, J. Adair, and K. Dion (Eds.) *Latest Contributions to Cross-Cultural Psychology*. Lisse, : Swets and Zeitlinger.

Paternostro S.; Razafindravonona J. et Stifel D. (2001), "Changes in poverty in Madagascar: 1993-1999", Worldbank, Institut National de Statistiques (INSTAT), Cornell University.

Pearce D.; Atkinson G. et Mourato S. (2006), *Analyse coûts-bénéfices et environnement, développements récents*, éditions OCDE, 351p.

Pérez Truglia R. N. (2008), *Applied econometrics using Stata*, Universidad de San Andrés, 100p.

Perloff J. et Watcher M. (1979), "The New Jobs Tax Credit: An Evaluation of the 1977-78 Wage Subsidy Program." *American Economic Review*, VoL 69 no. 2, 1979. Perspective malthusianisme, Document de travail : HERMES-CERAS, Université de Reims.

Plott C. R. (1996), "Rational Individual Behavior in Markets and Social Choice Processes: The Discovered Preference Hypothesis," in *Rational Foundations of Economic Behavior*. K. Arrow, E. Colombatto, M. Perleman, and C. Schmidt, eds. London: Macmillan and NY: St. Martin's, pp. 225–50.

PNUD (2006), Rapport sur le Développement Humain 2006, Au-delà de la pénurie: pouvoir, pauvreté et crise mondiale de l'eau, Résumé pour les décideurs, Programme des Nations Unies pour le Développement 2006.

Polson R. A. et Spencer D. S. C. (1992), Le processus d'adoption de technologies chez les petits agriculteurs: le cas du manioc dans le sud-ouest du Nigeria. La recherche à l'IITA N°5, 12-177.

Prais S. et Houthakker H. (1955), *The Analysis of Family Budgets*. Cambridge University Press, Cambridge, 2nd ed. 1972 ed publié en 1975 et 1976, parus dans *The Bell Journal of Economic and Management Science*].

Rambonilaza M. (2004), « *Évaluation de la demande de paysage : état de l'art et réflexions sur la méthode de transfert de bénéfices* », Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales, n° 70, pp. 77-101.

Randall A. (1981), *Resource Economics. An Economic Approach to Natural Resource and Environmental Policy*. Grid publishing, Inc., Columbus, OH.

Randrianarison L. (2001), Les bénéfices sur le site de la conservation des sols d'après une approche de changement de productivité : Cas des Hauts Plateaux de Madagascar, Programme ILO, Université d'Antananarivo, Avril 2001.

Ravelosoa J.R., Haggblade S. et H. Rajemison (1999), *Estimation des élasticités de la demande à Madagascar à partir d'un modèle AIDS*. INSTAT, Antananarivo.

Reijnders C.; Haverkort B. et Waters-Bayers (1995), *Une agriculture pour demain, introduction à une agriculture durable avec peu d'intrants*. Ed. CTA Karthala, Collection Economie et développement, Wageningen, 481p.

Reiser B. et Shechter M. (1999), 'Incorporating Zero Values in the Economic Valuation of Environmental Program Benefits', *Environmetrics* 10, 87-101.

Rescan M. (2005), Préviation des ressources en eau en Afrique de l'Ouest et Centrale jusqu'en 2099 par application des sorties du modèle d'évolution du climat HadCM3 au modèle hydrologique GR2M, DEA, Université de Montpellier II, 103p.

Revelt D. et Train K. (1998), *Mixed Logit with Repeated Choices: Households' Choices of Appliance Efficiency Level*, University of California, Berkeley, 11p.

Richefort L. (2009), *Estimation des choix technologiques pour l'irrigation de la canne à sucre à l'île de la Réunion*, INRA SFER CIRAD, Montpellier France, décembre 2009, 24p.

Ridker R.G. (1967), "Economic Costs of Air Pollution: Studies and Measurement". Praeger, New York.

Rivaud A. (2008), Conflits d'usage autour de la ressource en eau : une analyse économique des modalités de coordination, Université de Poitiers, UFR Sciences Economiques, CRIEF-TEIR, EA 2249 IFREMER-DEM, Document de Travail, 16p.

Rogers E. (1983), Diffusion of innovations: the free press, New York.

Roose E. (1989), Méthode traditionnelle de gestion de l'eau et des sols en Afrique occidentale soudano sahélienne ; définition, fonctionnement, limites et améliorations possibles.

Roose E. et Guenat C. (1994), The Zaï practices: a West African traditional rehabilitation system for semi-arid degraded lands: a case study in Burkina Faso.

Sabet Y. (1989), Technique pour la conservation des eaux de ruissellement et la restauration des sols au Niger. Ministère de l'agriculture et de l'environnement, Niger.

Sadoulet E. (2006), Household Models, Department of Agricultural and Resource Economics ARE 251/Econ 270A, Fall 2006, Department of Economics , University of California at Berkeley, 6p.

Sadoulet E. et De Janvry A. (1995), Quantitative Development Policy Analysis, the Johns Hopkins University Press Baltimore and London, 438p.

Samboré Y. (2001), Contribution à l'élaboration du plan d'aménagement de la forêt classée de Tissé (Burkina Faso) par le renforcement des capacités organisationnelles des populations riveraines. Mémoire de fin d'étude : Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture ; Forêt-Bois (CRESA, FORET-BOIS), 85p.

Santos J. M. L. (1998), *The Economic Valuation of Landscape Change - Theory and Policies for Land Use and Conservation*, Edward Elgar, Cheltenham & Northampton.

Savadogo K. (1990), *Consommation urbaine et politique alimentaire au Libéria : une approche en termes de systèmes complets de demande*, Revue Economique et Sociale.

Sawadogo J.P. et Stamm V. (2000), *Local perceptions of indigenous land tenure Systems: Views of peasants, women and dignitaries in a rural province of Burkina Faso*, in: The Journal of Modern African Studies, 38 (2).

Scherr J. S. (1999), Poverty-Environment interactions in agriculture: Keys factors and policy implications. Paper prepared for UNDP and the European Commission (EC).

SCADD (2011), Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable, Référentiel de politique de développement (2011-2015), MEF, Ouagadougou, Burkina Faso, 116p.

Schmidt P. et Strauss R. (1975), *The prediction of occupation Using Multiple Logit Models*. International Economic Review 16; 472-486.

Shortle J. S. (1984), *The Use of Estimated Pollution Flows in Agricultural Pollution Control Policy: Implications for Abatement and Policy Instruments*. Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics. 13:277-284.

Sidibé A. (2004), "Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso". Agricultural Water management Vol 71: 211-224.

Simon H. A. (1957), *The compensation of executives*, Sociometry, 20: 32-35).

Singh I.; Squire L. et Strauss J. (eds) (1986), *Agricultural Households Models: Extensions, Applications and Policy*, John Hopkins University Press.

Smith V. K. et Desvousges W. H. (1986), « *the generalized Travel Cost Model and Water Quality Benefits : A Reconsideration* », Southern Economic Journal, 50, p.371-381.

Smith V. K. et Kaoru (1990), «*Signal or Noise? Explaining the Variation in Recreation Benefit Estimates*», American Journal of Agricultural Economics, 72, 419-433.

Smith V.K.; Van Houtven G. et Pattanayak S. K. (2002), *Benefit transfer via preference calibration: "prudential algebra" for policy*. Land Economics 78 (1), 132–152.

Soglo Y.Y (2002), *Estimation de la demande en eau potable à Cotonou : une approche par le consentement à payer*, in L'eau Patrimoine Mondial Commun, Ezin P. et Teill G. (Eds), Prélude n°6, Presse Universitaire de Namur, Namur, Belgique.

Soglo Y.Y. (2006), les bénéfices de l'amélioration de l'approvisionnement en eau potable pour les ménages : Exemple de la ville de Parakou (république du Bénin), Thèse de doctorat unique, UFR/SEG, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 168p.

Spielvogel G. (2011), Microéconomie du développement, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Institut d'études du développement économique et social, 2010–2011, 129p.

Stenger A.; Montagné C.; Garcia S. et Harou P. (2007), Valuing forest biodiversity from a national survey in France : a dichotomous choice contingent valuation. Cahier du LEF n° 2007-08.

Stigler G. J. (1971), "The theory of regulation", Bell Journal of Economic and Management Science, n° 2 p.3-21.

Strazzeria E.; Genius M.; Scarpa R. et Hutchinson G. (2003), *The Effect of Protest Votes on the Estimates of WTP for Use Values of Recreational Sites*, Environmental and Resource Economics 25, 461 – 476.

Surry D. (1997), Diffusion theory and institutional technology. Paper presented at the annual conference of the association for educational communication and technology (AECT), Albuquerque, New Mexico.

Tacheix T. (2005), « *Le cadre de l'économie néoclassique de l'environnement* ». Liaison Energie-Francophonie, n°66-67, pp. 18-23.

Taljaard A. et Schalkwyk V. (2004), The Demand for Meat in South Africa: An Almost Ideal Demand System Estimation, Agrekon, Vol 43, No 4 (December 2004).

Tegegne G.E. (1999), "Willingness to pay for environmental protection: an application of Contingent Valuation Method (CMV) in Sekota District, Northern Ethiopia". Ethiopian Journal of Agricultural Economics Vol 3: 123-130.

Thiombiano N. (2008), Analyse de la pollution sonore des avions et des centrales thermiques ; cas de la ville de Ouagadougou, Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou. 181 p.

Thiombiano T. (1997), *La controverse empirique et théorique posée par le comportement des producteurs-consommateurs*, *Revue Tiers Monde*, .XXXVIII, (152), pp 821-836.

Thiombiano T. (2002), Analyse de l'impact environnemental sur l'eau de mer de l'Office Togolais des Phosphates (OTP) à l'aide de l'approche socioéconométrique, Ouagadougou. 24 p.

Thiombiano T. (2006), Les fondements de la socioéconométrie, document de travail n°1-série T, CEDRES, LEESE, Université de Ouagadougou Burkina Faso, mars 2006, 25p.

Thomas J. P. et al (2007), Adaptation aux changements climatiques et gestion des ressources en eau en Afrique de l'Ouest, enda, rapport de synthèse –WRITESHOP, mai 2007, 96p.

Troy B. et Picaud C. (2013), Mieux gérer l'eau par des pratiques agricoles innovantes : quelles perspectives dans les pays en développement ?, DT, FARM, Etats-Unis, édition mars 2013, 70p

Tsiotsa A. (2001), Dynamique des écosystèmes et relation avec la santé des populations riveraines : Cas du barrage de Yitenga au Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude d'Ingénieurs, EIER, Ouagadougou, Burkina Faso. 77p.

Tversky A. et Kahneman D. (1981), *The Framing of Decisions and the Psychology of Choice*, *Science*, n° 211, pp. 453-458.

UNESCO (2010), L'eau dans un monde qui change, 3^e rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, WWAP, 16p.

Vivien F.D. (1994), *Economie et écologie*. Paris, la Découverte, 125 p.

Voh J. P. (1982), *A study of factors associated with the adoption of recommended farm practices in a Nigeria village*. Agricultural Administration, 9, 17-29.

Warren D. M. et Rajasekaran B. (1993), "Putting Local Knowledge to Good Use", *International Agricultural Development*, 13(4), pp. 8-10.

Wethé J. et al (2011), Gestion de l'eau de consommation et de la pollution dans le bassin versant de Yitenga : application à l'amélioration des conditions socio-sanitaires des populations et à la lutte contre les maladies gastro-intestinales, Subvention CRDI N°104099-001, Rapport Technique, 2iE et CRDI, Burkina Faso, 175p.

Whitehead J. C. (2001), « A Methodological Comparison of Theoretical Approaches in Dichotomous Choice Contingent Valuation », dans *Cost-Benefit Analysis : Environmental and Ecological Perspectives*, K. Puttaswamaiah (ed), Transaction Publishers, Edison, pp. 77-94.

Willinger M. (1996), *la méthode d'évaluation contingente: de l'élaboration à la construction des valeurs de préservation*, *Natures-Sciences-Société*, vol4, n°1 pp 6-22.

Wooldridge J. M. (1995), "Selection Corrections for Panel Data Models Under Conditional Mean Independence Assumptions," *Journal of Econometrics* 68, 115-132.

Wooldridge J. M. (2002), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England; 741p.

Wright P. (1982), *La gestion des eaux de ruissellement*. OXFAM! ORD Yatenga.

WWAP (2001), *Sécurité de l'eau : bilan préliminaire des progrès accomplis en matière de politiques depuis Rio*, WWAP/WWDR/2001/001, 40p.

Yankam R. N. (2004), *Analyse économique de la réponse du marché du blé différencié aux instruments de l'organisation commune des marchés du secteur des céréales : le cas de la France*. Thèse de doctorat de l'Université Catholique de Louvain.

Yanogo M (2006), *Analyse des déterminants d'une gestion participative et durable des ressources forestières du Parc National Kabore Tambi par les villages riverains (Burkina Faso)* Université Polytechnique de Bobo Dioulasso - Ingénieur du développement rural; option sociologie et économie rurales, 47p.

Yelkouni M. (2005), *l'évaluation contingente des ressources naturelles : le cas de la forêt classée de Tiogo au Burkina Faso, Ouagadougou septembre 2001*, In *Economie Appliquée*, tome LVIII, 2005, n°4, pp 139-160.

Yonkeu et al. (2006), *Barrage de Yitenga, son bassin versant et sa zone d'influence: relation gestion de l'eau et système écologique. Networking and capacity building for volta basin research. 19 -21 novembre 2007, 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso.*

Yonkeu S. et al. (2005), *Conditions socioéconomiques des populations et risques de maladies : le sous bassin versant du barrage de Yitenga au Burkina Faso*. EIER, Mai 2003.

Yovo K. (2010), *Consentement à payer les biopesticides: une enquête auprès des maraîchers du littoral au sud-Togo*. *Tropicultura*, 2010, 28, 2, 101-106.

Zabel J. E. (1992), « *Estimating fixed effects and random effects with selectivity* », *conomics Letters*, 40, 269-272.

Zahonogo P. (2002), *La dynamique des activités non agricoles dans la stratégie de développement en milieu rural: Evidences empiriques du Burkina*, Thèse de Doctorat Unique, UFR/SEG, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 197p.

Liste des annexes

Annexe 1: Questionnaire	i
Annexe 2: Estimation du modèle Heckman à deux étapes	xii
Annexe 3: Modèle multinomial non ordonné (modèle CES)	xvi
Annexe 4: Modèle de production-consommation.....	xix
Annexe 5: Regroupement des biens par degré d'homogénéité.....	xxiii
Annexe 6: Répartition des différentes valeurs	xxiii
Annexe 7: Aspects théoriques du calcul de la valeur des actifs naturels et des biens environnementaux par l'approche des ménages agricoles	xxiv

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Annexe 1: questionnaire

Enquête socioéconomique et environnementale

Au cours d'une étude en 2007, nous avons évalué l'apport du **Barrage de Yitenga** sur les conditions socioéconomiques des populations de la zone. Le lien trouvé est bien positif, c'est-à-dire que le barrage constitue un facteur essentiel dans la production que dans la consommation. Cependant, les pressions multiples exercées sur le barrage ont occasionné une dégradation continue et un ensablement du barrage et par conséquent, un impact négatif sur vos conditions de vie. Nous souhaitons vous interroger dans le cadre d'une recherche universitaire. Elle consiste à déterminer avec votre aide comment protéger le barrage et assurer sa pérennité.

I. Caractéristiques socioéconomiques

Nom et Prénoms Enquêteur : Date :

Nom du chef de ménage.....

Lieu d'habitation

Village	1Yitenga	2Zaongo	3Gorgho	4Soulgou	5Pissalogo	6 Poessé

1) Caractéristiques du ménage

Sexe du chef de ménage : 1 Masculin Féminin

Quel est votre niveau d'instruction ?

1 Supérieur	2 Secondaire	3 Primaire	4 Alfabétisé	5 Non instruit

Quelle est votre ethnie ?

1 Mossi	2 Peulh	3 Autres (à préciser)

Quelle est votre situation matrimoniale ?

1 Marié	2 Célibataire	3 Divorcé	4 Veuf	5 Autres

Quelle est votre religion ?

1 Chrétien	2 Musulman	3 Animiste	4 Autre

Quelle est votre position sociale ?

1 Autochtone	2 Allogène

Autres caractéristiques

Age	Taille du ménage	Nombre d'enfants (0 à 15 ans)	Nombre de femmes	Actifs agricoles	Main d'œuvre louée	Main d'œuvre vendue

2) Quelle est votre principale activité ?

1Agriculture	2Maraichage	3Pêche	4élevage	5Commerce	6tissage	7fonctionnaire	8artisanat	9Autre

3) Quelle est votre activité secondaire ?

1Agriculture	2Maraichage	3Pêche	4élevage	5Commerce	6tissage	7fonctionnaire	8artisanat	9Autre

4) Si vous êtes pêcheur, quelle est la quantité de poisson pêché par an ?.....

Quel est le prix du Kg en FCFA en fonction des types de poisson?

1Silure	2Tilapia	3Capitaine	4Sardine	5Carpes	6Autres

5) Quelle est la taille de votre Cheptel ?

Catégorie	1Bovins	2Asins	3caprins	4porcins	5Ovins	6Volaille	7Autre
Nombre de tête							
Prix unitaire de vente (FCFA)							
Quantité d'eau consommée par jour							

- 6) Recevez-vous des transferts monétaires ? 1Oui..... Non.....
- 7) Quels sont vos équipements ?

Equipements	Nombre	Etat		Mode d'acquisition		Valeur monétaire
		1Neuf	2Ancien	1Don	2Achat	
Mobylette						
Vélo						
Charrue						
Charrette						
Houe manga						
Semoir						
Tracteur						
Radio/ magnéto						
Télévision						
Réchaud						
Lampe/torche						
Foyer amélioré						
Téléphone portable						
Autres :.....						

- 8) Quelles sont les caractéristiques de votre habitat ?

	1Tôle	2Banco	3Paille	4 Autres (à préciser)
11Case				
12Maison en dur				
13 Maison en banco				

III-Variables économiques

Cette section s'intéresse à deux variables (revenu et dépense)

1- Structure des revenus par an

Type de revenu	Sources de revenus	Montant annuel (FCFA)
Revenu agricole	1 Revenu maraicher	
	2 Revenu issu de la vente d'animaux	
	3 Revenu issu de la vente des produits Agricoles	
Revenu extra-agricole	1Revenu de la pêche	
	2Dons+legs	
	3Transfert	
	4AGR (Tissage, tannerie, vente dolo,...)	
	5Commerce	
	6 Revenu de la main d'œuvre vendue	
	7Autres (à préciser)	

2- Structure des dépenses par an

Nature des dépenses	Montant annuel (FCFA)
Dépenses en intrants agricoles	
Dépenses alimentaires	
Dépenses en habillement	
Dépenses en éducation	
Dépenses funéraires+mariage+ baptême	
Dépenses en santé	
Dépenses annuelles	

II : Usage et accès du barrage de Yitenga

1. A quelle distance se trouve le barrage de Yitenga par rapport à votre village.....km ?
2. Avez-vous accès au barrage de Yitenga ? 1 oui.. 2 Non
3. Quel est le mécanisme d'accès ?

1Libre	2payant	3Etre du village	4Participer à l'entretien du barrage

4. Utilisez-vous l'eau du barrage ? 1oui..... Non.....
5. Si oui, quels usages en faites vous ?

	Usages	Numéro
1	Agriculture	
2	Elevage	
3	Commerce	
4	Artisanat	
5	Apiculture	
6	Maraîchage	

7	Embouche	
8	Pêche	
9	Consommation personnelle	
10	Loisir	
11	Tannerie	
12	Construction (maison...)	

6- Si non pourquoi ?

1 Loin du barrage	2 Eau polluée	3 Accès payant	4 Pas besoin du barrage	5 Autre
-------------------	---------------	----------------	-------------------------	---------

7- Y a-t-il des plantes que vous utilisez autour du barrage pour vos soins de santé ?

1 Oui 2 Non

8- Si oui lesquelles ?.....

9- A combien estimez la valeur de ces plantes ?.....FCFA

III- variables mettant le lien entre le ménage et le barrage

1) Quelle est la distance qui sépare votre ménage du barrage ?.....Km

2) Quel est l'état de la voie ?

1 Très bon	2 Bon	3 moyen	4 mauvais	5 Très mauvais
<input type="checkbox"/>				

3) Respectez-vous les règles établies autour du barrage ? (Distance de 100 m à respecter)

1 Oui... 2 Non...

Sinon pourquoi ?

1 Pas de parcelle ailleurs	2 terres fertiles	3 Méconnaissance des règles
----------------------------	-------------------	-----------------------------

4) Existe-t-il un comité de gestion de l'eau du barrage ? 1 Oui..... 2 Non.....

3 Ne sais pas

5) Si Oui, lequel...

1 CLE	2 Autres (Précisez)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6) Appartenez-vous au comité local de l'eau (CLE) ?

1 Oui... 2 Non...

Sinon pourquoi ?

1 Pas informé de son existence	2 Inefficace	3 Ne veut pas appartenir au CLE	4 Autres
--------------------------------	--------------	---------------------------------	----------

7) Existe-t-il des conflits d'usage entre les utilisateurs ? 1 Oui..... 2 Non.....

8) Quel est le nombre moyen de conflit par an ?.....

9) Quelle est la quantité maximale d'eau du barrage que votre ménage utilise chaque jour ?.....litres.....Seau.....baril

10) Un membre de votre ménage aurait-il été malade dû l'état du barrage ? oui..... 2 Non.....

Si oui, quelle est selon vous la raison ?

1 Eau polluée	2 Eau non traitée	3 Contact avec l'eau du barrage	4 Activités maraichères
---------------	-------------------	---------------------------------	-------------------------

Si oui quelles sont ces maladies ? Indiquez le coût de la prise en charge

Maladies	1 Diarrhée	2 Bilharziose	3 Paludisme	4 Ver de guinée	5 Choléra	6 Ulcère	7 Typhoïde	8 Gale et teigne
A cocher	<input type="checkbox"/>							
Coût des soins	<input type="checkbox"/>							
Temps de traitement	<input type="checkbox"/>							

11) Faites vous recours à d'autres sources d'eau ? 1 Oui 2 Non

12) Si oui, quelle est la raison principale qui vous pousse à ces autres sources ?

1 Eau insalubre	2 Plus d'eau dans le barrage	3 Pas le choix	4 Eau payante	5 loin	6 Peur des maladies
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13) Quelle est votre perception sur l'état actuel du barrage ?

1 Très bon	2 Bon	3 Moyen	4 Mauvais	5 Très mauvais	6 Pire
<input type="checkbox"/>					

14) Où se situe votre parcelle par rapport au barrage

1 Amont	2 Aval

15) Quelle est la distance qui sépare votre parcelle et le barrage ?.....km

16) Quelle (s) activité (s) menez-vous autour du barrage

1agriculture	2Pêche	3industrie	4tourisme	4Prélèvement eau	5Prélèvement agrégat	6maraichage	7loisir	8Autre

17) Y a-t-il des personnes qui déversent des déchets dans le barrage ? 1oui.....

2 Non.....

18) Si oui quel type de déchets ?

1Ménagers	2Débris agricoles	3Eau usée	4plastique	5Produits chimiques	6Autre

19) Selon vous, quels sont les facteurs responsables de la pollution et de l'ensablement du barrage ?

1Maraichage	2Pêche	3Abreuvement troupeau	4Résidus récoltes	5Terre	6ONEA	7Commune Pouytenga	8Absence CES	CC ³²

20) Quel est selon vous le niveau de pression sur le barrage ?

1Très forte	2Forte	3Moyennement forte	4 Faible	5Très faible	6 Négligeable

21) Pratiquez-vous des techniques CES sur votre parcelle ? 1Oui..... 2-Non.....

IV. Enquête sur le CAP

I- Etat de la dégradation du barrage

10- Avez-vous remarqué une différence dans la disponibilité de l'eau du barrage ? 1Oui. ... 2

Non.....

Depuis quand ? Années...../Mois.....

11- Y a-t-il une diminution du rendement de produits maraichers ? 1 Oui..... Non.....

Si oui, de combien a baissé votre rendement ?.....kg/ha

Si non de combien a augmenté votre rendement ?.....Kg/ha

12- Y a-t-il eu de périodes mortes de pêche 1oui..... on..... sais pas....

13- Y a-t-il eu des moments où vous étiez confrontés à des problèmes d'eau/barrage ?

1Oui.. ...2 Non.....

Si oui, avez-vous fait recours à d'autres sources d'eau ? 1Oui..... on.....

Si oui lesquelles ?

1 Forages	2 Pompe	3Robinet	4Puits	5 Un autre Barrage

Combien cela vous a coûté ?.....FCFA

14- Y a-t-il eu de disparation de certaines espèces de poisson ? 1Oui on.....

Lesquelles ?

Espèces	Nom	
Poisson	1 Silure	
	2Tilapia	
	3Capitaine	
	4Sardine	
	5Carpes	
	6 Autres	
Arbre		
Autres espèces aquatiques		

³² Changement Climatique (évaporation.....)

15- Quel est l'état des eaux, des sols aux environs du barrage ?

Etat	1Très mauvais	2Mauvais	3Moyen	4Bon	5Très bon
Sols					
Eaux					

16- Quelles sont selon vous les raisons ?

Raison	1Absence CES	2Migration	3Agriculture	4Démographie	5Foncier	6Vent	7Pluviométrie	8Elevage	9ensablement	10Mauvais Usages	11Colère des dieux	12Ne sais pas	13Autres (préciser)
Barrage													
Sols													
Eaux													

17- Quelles sont les conséquences sur vos activités ? 1Positives Négatives.....

18- Quelles solutions proposeriez-vous pour la protection du barrage ?

Solutions	1Oui	2Non	Ordre de Priorité
1Désensablement			
2Rehaussement de la digue			
3CES			
4Digue de protection,			
5Reboisement autour du barrage			
6Grillage de protection			
7Sensibilisation			
8Rituels (clémence des dieux)			
9Autres			

Au regard de l'état du barrage qui se dégrade d'année en année, et cela est plus visible à travers deux photos qui décrivent l'état du barrage de Yitenga.

19- Si des actions de désensablement ou de protection sont entreprises au niveau du barrage de Yitenga pour garantir l'amélioration du barrage, seriez-vous prêts à contribuer ?

1Oui 2Non

Si non pourquoi ?

1 pas à moi de payer	2Pas nécessaire de modifier l'état du barrage	3Pas de moyens financiers	4Pas assez d'informations pour me décider	5Peur de payer pour les autres

6M'empêche de pratiquer mes activités	7Je paie déjà un permis de pêche	8Paie déjà pour activité de loisir	9Je ne veux pas que le barrage soit modifié	10Pas concerné	11 Ne se prononce pas	12autres

20- Si oui, quelle est la somme maximale que seriez-vous prêts à payer pour la protection du barrage ?..... FCFA

21- Combien de fois êtes-vous disposés à payer cette somme ?.....fois

22- En combien de temps seriez vous prêts à payer cette somme ?.....jours.....Mois.....années

23- Quelles sont les autres formes de contribution que vous pouvez apporter ?

1Nature	2Main d'œuvre	3Dons	4Autres

24- Etes-vous prêts à payer pour que le barrage soit protégé pour le bien-être des générations à venir ? 1 Oui.
2. Non.

25- Si non pourquoi. 1 Pas de préférence pour les générations futures d'argent

26- Si oui combien ?FCFA

27- Etes-vous disposés à payer pour la protection du barrage du fait de son existence ?

1Oui... 2.Non...

Si oui, combien ?.....FCFA

Si non pourquoi ? 1 je n'utilise pas 2 L'existence du barrage m'importe peu

3 Autre

V- La gestion des sols et des eaux

V-1 Mesures pour une gestion optimale de l'eau

Existe-t-il un mécanisme d'entretien du barrage ? 1Oui..... Non.....

Si oui, lequel ?.....

Si non pourquoi ?.....

Face aux changements climatiques qui ne dépendent pas de la volonté humaine, quel (s) acte (s) vous devez poser pour éviter le gaspillage de l'EAU ?

1Cultures utilisant moins d'eau	2Réglementer l'usage de l'eau	3Instaurer un prix	4Mécanisme de surveillance
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si instauration de prix, Quel Prix proposeriez-vous ?.....FCFA/usage

Si surveillance, Quel type de surveillance ?

1Comité villageois	2Comité étatique	3Brigade eau	4 CLE	5Autre
<input type="checkbox"/>				

V-2 Mise en œuvre des Techniques CES

Il existe plusieurs techniques de conservation des eaux et des sols ainsi que pour la restauration des paysages. L'objet de cette partie est de recenser ces différentes techniques des CES dans votre village.

Quelle est la superficie de votre parcelle ?.....ha

Etes-vous propriétaire de la parcelle ? 1Oui..... Non.....

Quelle est la position de votre parcelle par rapport au barrage 1 Amont 1 Aval

Depuis combien de temps exploitez-vous cette parcelle ?..... Années

Pensez-vous pouvoir utiliser encore cette parcelle pendant 10 ans ? 1Oui..... 2Non.....

Percevez-vous le phénomène de l'érosion comme un danger pour les sols ? 1-Oui..... Non.....

Connaissez-vous une technique CES ? 1Oui Non

L'avez-vous mis en place ? 1 Oui Non

Si oui, avez-vous bénéficié d'assistance pour la mise en place des CES ? 1Oui..... Non.....

Techniques	1Oui	2Non	Date de mise en œuvre
1 Cordon pierreux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2 Diguettes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3 Zaï	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4 Demi-lune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5 Haies vives	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6 Jachère	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7 Agroforesterie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8 Bouli	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9 Fosse fumièrè	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10 Fumure organique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11 Paillage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12 Pastoralisme transhumant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

13 Latrines			
14 Autres (à préciser)			

1) Quelles sont les techniques de CES les plus répandues dans votre village ?

Avez-vous accès au marché des facteurs de production ? 1 Oui.....

Avez-vous accès au crédit ? 1 Oui..... Non.....

Quelle est la quantité de travail nécessaire pour mettre une techniques CES en place ?.....Homme/jour.

2) Que savez-vous à propos de ces techniques ?

Techniques	Rendement		Restauration des sols		Reconstitution du paysage		Reconstitution de la nappe phréatique		Autre à Préciser	
	1Oui	2Non	1Oui	2Non	1Oui	2Non	1Oui	2Non	1Oui	2Non
1 Cordon pierreux										
2 Diguettes										
3 Zaï										
4 Demi-lune										
5 Haies vives										
6 Jachère										
7Agroforesterie										
8 Bouli										
9 Fosse fumièrè										
10 Fumure organique										
11 Paillage										
12 Pastoralisme transhumant										
13 Latrines										
Autres (préciser)										

V- Valorisation des techniques de protection contre l'ensablement du barrage

On sait qu'en milieu rural, les revenus sont très faibles et ils sont tous d'origine agricole. La hausse du revenu dépend donc des rendements agricoles et donc de la fertilité des sols. Selon les études menées, il ressort que les techniques de CES constituent un des moyens pour la protection du barrage et par conséquent il faut les valoriser. Dans la majorité des cas, leur mise en place est l'œuvre des ONG ou de l'Etat. Or vous êtes les principaux bénéficiaires et nous savons très peu de choses sur votre disposition à valoriser ces techniques et à leur adoption. L'objectif de cette partie est d'évaluer la valeur que vous attachez à ces techniques.

1) Quel est le nombre de parcelles par ménage en fonction de leurs localisations ?

Champs	Case	Brousse	Barrage
Nombre de parcelles			
Distance Champ-barrage (Km)			

2) Quel est l'état de ces parcelles ?

	Parcelle		
	V i l l a g e	B r o u s s e	B a r r a g e
1Dégradé			
2Moyen			
3Bon			
4Très bon			

3) Quelles sont les raisons de l'état pour chaque parcelle ?

	Parcelle
--	----------

		Village	Brousse	Barrage
RAISON DE L'ETAT	1 Absence CES			
	2 Migration			
	3 Agriculture			
	4 Foncier			
	5 Elevage			
	6 Démographie			
	7 Pluviométrie/climat			
	8 Vent			
	9 Autres (préciser)			

4) Prenez vous des mesures pour lutter contre la dégradation des sols et des eaux ? 1Oui 2 Non.....

1-1) **SI OUI,**

1-1-1) Quelles techniques ? Sur quel type de parcelle ?

	Parcelle					
	Village		Brousse		Barrage	
Techniques	1Oui	2Non	1Oui	2Non	1Oui	2Non
1 Cordon pierreux						
2 Diguettes						
3 Zaï						
4 Demi-lune						
5 Haies vives						
6 Jachère						
7 Agroforesterie						
8 Bouli						
9 Fosse fumièrè						
10 Fumure organique						
11 Paillage						
12 Pastoralisme transhumant						
13 Latrines						
14 Autres (préciser)						

1-1-2) Depuis quand ? Comment les avez-vous adoptées ? Les coûts ?

Techniques	Date (ans)	Mode d'adoption 1 Individuel 2 Collectif	Coûts /ha	
			Financier	Main d'œuvre
1 Cordon pierreux				
2 Diguettes				
3 Zaï				
4 Demi-lune				
5 Haies vives				
6 Jachère				
7 Agroforesterie				
8 Bouli				
9 Fosse fumièrè				
10 Fumure organique				
11 Paillage				
12 Pastoralisme transhumant				
13 Latrines				
14 Autres (préciser)				

1-1-3) quels sont les changements qu'elles ont apporté?

Techniques	1Revenu	Rendement	Fertilités des sols	Régénération du paysage	Extension des terres cultivées	Migration	Cohésion sociale dans le village	Autres à préciser
1 Cordon pierreux								
2 Diguettes								
3 Zaï								
4 Demi-lune								
5 Haies vives								
6 Jachère								
7Agroforesterie								
8 Bouli								
9 Fosse fumière								
10 Fumure organique								
11 Paillage								
12 Pastoralisme transhumant								
13 Latrines								
14 Autres (préciser)								

1-2) Si Non :

i. Pourquoi n'adoptez vous pas les Techniques CES?

Raisons	1Chère	2Temps	3Main d'œuvre	4Vulgarisation	5Foncier	6Autres à préciser

ii. Face à l'état actuel des sols (dégradé), aimeriez-vous les adopter ?

Techniques	1Oui	2Non
1 Cordon pierreux		
2 Diguettes		
3 Zaï		
4 Demi-lune		
5 Haies vives		
6 Jachère		
7Agroforesterie		
8 Bouli		
9 Fosse fumière		
10 Fumure organique		
11 Paillage		
12 Pastoralisme transhumant		
13 Latrines		
14 autres (préciser)		

5) Ces photos représentent deux situations. La première photo est l'état du barrage actuel et la deuxième un barrage protégé.

5.1) Qu'en pensez-vous ?

1Dégradé	2Pollué	3Ensablé	4Menacé	5bon état	6Je ne sais pas	7 Autres
----------	---------	----------	---------	-----------	-----------------	----------

5.2) Aimeriez-vous voir le barrage présenter cet aspect (avant)? 1Oui..... Non.....

6- Connaissez-vous des méthodes pour l'aménagement et la protection du barrage ainsi que des eaux et des sols 1Oui

2 Non..

Si oui, lesquels ?....

1Cordon pierreux	2Haies vives	3 Reboisement	4Diguettes	5Fosse fumière	6latrines	7 Autres
------------------	--------------	---------------	------------	----------------	-----------	----------

7- Le tableau ci-dessous donne quelques techniques de protection, connaissez le coût moyen de l'aménagement d'un hectare autour du barrage ?

Techniques	Oui			Non
	Coût financier	Coût main d'œuvre	Temps	
1 Cordon pierreux				
2 Diguettes				
3 Zaï				
4 Demi-lune				
5 Haies vives				
6 Jachère				
7Agroforesterie				
8 Bouli				

9 Fosse fumière				
10 Fumure organique				
11 Paillage				
12 Pastoralisme transhumant				
13 Latrines				
14 autres (préciser)				

8- Etes-vous prêts à payer pour améliorer vos parcelles autour du barrage?
 1 Oui 2 Non...

9- Si OUI : Combien ? Comment ?

Techniques	Montant	Moyen de paiement			Paiement par	
		Espèces	Nature	Autre (préciser) ¹	Mois	An
1 Cordon pierreux						
2 Diguettes						
3 Zaï						
4 Demi-lune						
5 Haies vives						
6 Jachère						
7 Agroforesterie						
8 Bouli						
9 Fosse fumière						
10 Fumure organique						
11 Paillage						
12 Pastoralisme transhumant						
13 Latrines						
14 Autres (préciser)						

9-2) Si NON:

9-2-1) Quelles sont les raisons ?

Raisons	1 Chère	2 Temps	3 Main d'œuvre	4 Disponibilité	5 Foncier	6 Autres à préciser

9-2-2) Si on vous octroyait un crédit, seriez vous alors disposé à payer pour leur mise en place ?

1 Oui 2. Non...

Si OUI : Combien ? Comment ?

Techniques	Montant	Moyen de paiement			Paiement par	
		Espèces	Nature	Autre (préciser) ¹	Mois	An
1 Cordon pierreux						
2 Diguettes						
3 Zaï						
4 Demi-lune						
5 Haies vives						
6 Jachère						
7 Agroforesterie						
8 Bouli						
9 Fosse fumière						
10 Fumure organique						
11 Paillage						
12 Pastoralisme transhumant						
13 Latrines						
14 Autres (préciser)						

(1) Autres moyen de paiement

10- Si oui, voici les différentes techniques et leurs différents coûts par ha, pour lesquelles seriez-vous prêt à payer pour les installer sur votre parcelle ?

Techniques	Coût FCFA/ha	Choix
1 Cordon pierreux	163 751	
2 Diguettes	50 000	
3 Zaï	49 125	

4 Demi-lune	49 125	
5 Haies vives	263 500	
6 Jachère		
7 Agroforesterie		
8 Bouli		
9 Fosse fumièrè		
10 Fumure organique		
11 Paillage	27 600	
12 Pastoralisme transhumant		
13 Latrines	300 000	
14 Autres (préciser)		

VI- Production-Consommation

1- Quelles sont les cultures alimentaires produites le long du barrage ?

1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot
------	-------	------	---------	---------	-------	---------	--------	----------	----------

2- Quelles sont les cultures de rente pratiquées autour du barrage ?

1Arachide	2Coton	3Sésame	4Soja	5Autre (à préciser)
-----------	--------	---------	-------	---------------------

3- Quelle est la technique de production utilisée ?

1Culture attelée	2Culture motorisée	3Culture traditionnelle	4Transhumance
------------------	--------------------	-------------------------	---------------

4- Quelles quantités d'intrants (Kg) et d'eau utilisées pour la production de chaque bien sur un ha ?

	1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot
NPK										
Urée										
	1Arachide	2Coton	3Sésame	4Soja	Total					
NPK										
Urée										

5-Quelle est la superficie réservée à chaque spéculation (ha)?

1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot	Total
1Arachide	2Coton	3Sésame	4Soja	5Autre (à préciser)	Total					

5- Sur quel type de sol, pratiquez-vous vos cultures ?

1Argileux	2Sableux	3Rocailleux	4Lateritiques	5 Autres
-----------	----------	-------------	---------------	----------

6- Quelle est la pente de votre champ ? 1 Faible oyenne te

7- Quel est le coût de la main d'œuvre louée du ménage par an ?.....FCFA

8- Quelle est la production en Kg ?

1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot	Total
1Arachide	2Coton	3Sésame	4Soja	5Autre (à préciser)						

9- Quelle est la part vendue et la part consommée en kg ?

	1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot
Conso										
vendue										
		1Arachide	2Coton	3Sésame	4Soja					
Consommée										
Vendue										

10- quel est le prix de vente (le kg) de chaque spéculation ?

1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot	Total
1Arachide	2Coton	3Sésame	4Soja	5Autre (à préciser)						

11- Où vendez-vous vos produits ?

1 Marché du village	2 Marché Koupéla	3 Marché Pouytenga	4Autres lieux
---------------------	------------------	--------------------	---------------

12- A combien estimez-vous la distance en Km entre votre domicile et le marché ?

1 Marché du village	2 Marché Koupéla	3 Marché Pouytenga	4Autres marchés
---------------------	------------------	--------------------	-----------------

- Avez-vous accès à un crédit pour mener ces activités ? 1 Oui..... 2 Non.....
- 13- Si Oui combien ?.....FCFA
- 14- Appartenez-vous à une tontine ? 1 Oui
- 15- Si oui, combien gagnez-vous?.....FCFA
- 16- Arrive t-il souvent que votre production ne soit pas suffisante ? 1Oui..... 2 Non.....
- 17- Si oui, faites vous recours au marché ? 1Oui..... 2...Non.....
- 18- Si oui, qu'achetez-vous ?

1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot
------	-------	------	---------	---------	-------	---------	--------	----------	----------

19- Quelle quantité achetée (Kg)?

1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot
------	-------	------	---------	---------	-------	---------	--------	----------	----------

20- A quel prix (le kg)?

1Riz	2Mais	3Mil	4Sorgho	5Tomate	6Chou	7oignon	7gombo	8pigment	9haricot
------	-------	------	---------	---------	-------	---------	--------	----------	----------

21- Quels sont les biens alimentaires non agricoles que vous achetez ?

1Sel	2alcool	3cube	4viande	5allumette	6sucre	7savon	8huile	9tabac	10café	11Lait	12Poisson
------	---------	-------	---------	------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-----------

22- Quels sont les biens non alimentaires que vous achetez ?

13Vêtement	14pétrole	15transport	16Lampe/torche	17Matériels de construction	18Administration publique
------------	-----------	-------------	----------------	-----------------------------	---------------------------

23- Quelle est la dépense mensuelle pour chaque bien acheté ?

	1Sel	2alcool	3cube	4viande	5allumette	6sucre	7savon	8huile	9tabac	10café	11Lait	12Poisson
cout												
Qté/ mois												
	13Vêtement	14pétrole	15transport	16Lampe/torche	17Matériels de construction	18Administration publique						

24- Quelle distance (Km) parcourez-vous pour acquérir ses biens ?

1Sel	2Dolo	3cube	4viande	5allumette	6sucre	7savon	8huile	9tabac	10café	11Lait	12Poisson
	13Vêtement	14pétrole	15transport	16Lampe/torche	17Matériels de construction	18Administration publique					

Annexe 2: Estimation du modèle Heckman à deux étapes Probit estimation (période froide)

Probit regression	Number of obs	=	240
	LR chi2(22)	=	49,24
	Prob > chi2	=	0,0007
Log likelihood = -67.733481	Pseudo R2	=	0,2666

dapgen	Coef,	Std, Err,	z	P>z	[95% Conf,	Interval]
age	-0,0256374	0,00976	-2,63	0,009	-0,0447667	-0,0065081
educ	0,2801108	0,3300366	0,85	0,396	-0,366749	0,9269706
tailleme	0,0135154	0,025111	0,54	0,59	-0,0357012	0,0627321
prof1	0,3136422	0,404173	0,78	0,438	-0,4785223	1,105807
etaroute	0,095309	0,3581399	0,27	0,79	-0,6066322	0,7972502
posit1	0,8914994	0,5885253	1,51	0,13	-0,261989	2,044988

posit2	1,022113	0,5819678	1,76	0,079	-0,1185233	2,162748
posit3	-0,2411005	0,6240377	-0,39	0,699	-1,464192	0,9819909
usageaub	-0,4109916	0,3989904	-1,03	0,303	-1,192998	0,3710153
membrecl	-1,208078	0,6661814	-1,81	0,07	-2,51377	0,0976133
pces	0,6966785	0,3266047	2,13	0,033	0,0565451	1,336812
maladieb	0,9053427	0,557605	1,62	0,104	-0,187543	1,998228
acb1	0,3212638	0,3692696	0,87	0,384	-0,4024914	1,045019
acb3	0,6393531	0,6176705	1,04	0,301	-0,5712589	1,849965
accebarr	2,190183	0,8916912	2,46	0,014	0,4425007	3,937866
nbovin	0,1382939	0,0606306	2,28	0,023	0,0194601	0,2571277
ptrans	-1,694926	0,8719997	-1,94	0,052	-3,404014	0,0141622
qeaut	0,0004967	0,0005425	0,92	0,36	-0,0005666	0,0015599
cress	-0,0000215	0,0000185	-1,16	0,245	-0,0000578	0,0000147
foncier	0,8303491	0,8139766	1,02	0,308	-0,7650158	2,425714
credit	0,1400089	0,7846251	0,18	0,858	-1,397828	1,677846
dept	-1,69E-07	1,37E-07	-1,23	0,219	-4,38E-07	1,01E-07
_cons	-0,1819842	0,9052492	-0,2	0,841	-1,95624	1,592272

Probit estimation (période chaude)

Probit regression	Number of obs	=	219
	LR chi2(21)	=	46,12
	Prob > chi2	=	0,0012
Log likelihood = -23,456274	Pseudo R2	=	0,4957

dapgen	Coef,	Std, Err,	z	P>z	[95% Conf,	Interval]
age	-0,0243053	0,0197419	-1,23	0,218	-0,0629987	0,014388
educ	-0,8963329	0,5610308	-1,6	0,11	-1,995933	0,2032673
ethnie	1,307712	0,7772394	1,68	0,092	-0,2156491	2,831073
tailleme	-0,0838102	0,0505589	-1,66	0,097	-0,1829039	0,0152835
prof1	-0,9529628	0,8095995	-1,18	0,239	-2,539749	0,633823
religion	-1,833884	0,780465	-2,35	0,019	-3,363567	-0,3042004
distmena	0,3217833	0,1618678	1,99	0,047	0,0045282	0,6390384
posit2	1,913017	1,122977	1,7	0,088	-0,2879777	4,114011
posit3	1,193205	1,351445	0,88	0,377	-1,45558	3,841989
posit4	0,2566724	1,289725	0,2	0,842	-2,271143	2,784488
tusag2	0,9584136	0,6959283	1,38	0,168	-0,4055808	2,322408
pces	0,232571	0,6901057	0,34	0,736	-1,120011	1,585153
maladieb	-1,892812	1,03046	-1,84	0,066	-3,912477	0,1268525
acb1	0,5750588	0,7693976	0,75	0,455	-0,9329328	2,08305
acb2	2,781875	1,346448	2,07	0,039	0,142885	5,420865
accebarr	0,6454984	0,702658	0,92	0,358	-0,731686	2,022683
nbovin	0,3298481	0,2227903	1,48	0,139	-0,106813	0,7665091
ptransf	-1,260785	0,8879957	-1,42	0,156	-3,001224	0,479655

qeauc	0,005867	0,0031801	1,84	0,065	-0,0003658	0,0120999
foncier	1,204554	0,594807	2,03	0,043	0,0387535	2,370354
dept	7,26E-07	7,74E-07	0,94	0,348	-7,90E-07	2,24E-06
_cons	-0,2731725	1,693861	-0,16	0,872	-3,593078	3,046733

variables	Effet marginal			Elasticités			
	Ensemble	Période 1	Période 2	Ensemble	Période 1	Période 2	Ensemble
CAP							
age	46,95	46,95	46,95	0,309	0,285	0,341	
age2	-0,66	-0,66	-0,66	-0,234	-0,212	-0,261	
sexecm	4381,10	4381,10	4381,10	0,568	0,530	0,615	
educ	1116,40	1116,40	1116,40	0,035	0,032	0,037	
ethnie	2476,38	2476,38	2476,38	0,273	0,255	0,296	
tailleme	-34,29	-34,29	-34,29	-0,045	-0,040	-0,052	
tmen2	6,88	6,88	6,88	0,125	0,103	0,153	
prof1	-1731,05	-1731,05	-1731,05	-0,174	-0,159	-0,194	
prof2	396,56	396,56	396,56	0,010	0,010	0,009	
distmena	120,03	120,03	120,03	0,054	0,047	0,063	
etaroute	983,48	983,48	983,48	0,036	0,038	0,034	
etatbarr	1117,78	1117,78	1117,78	0,011	0,011	0,011	
respr	35,20	35,20	35,20	0,004	0,003	0,004	
membrecl	3453,97	3453,97	3453,97	0,018	0,016	0,021	
posit4	953,04	953,04	953,04	0,018	0,016	0,020	
posit2	-64,47	-64,47	-64,47	-0,002	-0,002	-0,002	
posit3	-3904,75	-3904,75	-3904,75	-0,069	-0,062	-0,078	
usageaub	3407,70	3407,70	3407,70	0,277	0,246	0,317	
pces	-1720,31	-1720,31	-1720,31	-0,111	-0,104	-0,121	
actbar1	2183,62	2183,62	2183,62	0,127	0,159	0,086	
actbar2	2783,83	2783,83	2783,83	0,013	0,021	0,004	
actbar3	2340,65	2340,65	2340,65	0,048	0,009	0,097	
actbar4	4993,53	4993,53	4993,53	0,034	0,058	0,003	
actbar5	4248,46	4248,46	4248,46	0,018	0,031	0,000	
nbovin	189,43	189,43	189,43	0,081	0,091	0,069	
maladie	-1663,86	-1663,86	-1663,86	-0,023	-0,026	-0,018	
eaub	0,35	0,35	0,35	0,008	0,009	0,007	
qeauc	0,75	0,75	0,75	0,025	0,023	0,028	
ptrans	-504,80	-504,80	-504,80	-0,029	-0,027	-0,032	
mtrans	0,02	0,02	0,02	0,069	0,084	0,050	
credit	1119,80	1119,80	1119,80	0,106	0,097	0,117	
dept	0,00	0,00	0,00	0,050	0,041	0,060	
mills1	-1916,97	-1916,97	-1916,97	-0,065	-0,055	-0,077	
mills2	-1085,28	-1085,28	-1085,28	-0,018	-0,020	-0,016	

GLS estimation (Modèle du CAP)

Estimated covariances	240	Number of obs	459
Estimated autocorrelations	0	Number of groups	240
Estimated coefficients	35	Obs per group: min	1
		avg	1,9125
		max	2
		Wald chi2(34)	1126,66
Log likelihood	-4546,452	Prob > chi2	0

cap	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
age	46,94664	96,65745	0,49	0,627	-142,4985	236,3918
age2	-0,664832	0,9087154	-0,73	0,464	-2,445881	1,116217
sexecm	4381,099	589,0819	7,44	0	3226,52	5535,679
educ	1116,404	448,7301	2,49	0,013	236,9091	1995,899
ethnie	2476,376	487,8084	5,08	0	1520,289	3432,463
tailleme	-34,2874	85,6629	-0,4	0,689	-202,1836	133,6088
tmen2	6,879723	2,315463	2,97	0,003	2,341499	11,41795
prof1	-1731,047	769,5475	-2,25	0,024	-3239,332	-222,7616
prof2	396,5567	722,5087	0,55	0,583	-1019,534	1812,648
distmena	120,0251	86,34372	1,39	0,165	-49,20553	289,2556
etaroute	983,4756	521,3561	1,89	0,059	-38,36362	2005,315
etatbarr	1117,775	629,4699	1,78	0,076	-115,9631	2351,514
respr	35,20439	433,3211	0,08	0,935	-814,0893	884,4981
membrecl	3453,972	1046,353	3,3	0,001	1403,157	5504,787
posit4	953,0377	1027,967	0,93	0,354	-1061,74	2967,815
posit2	-64,47492	552,6484	-0,12	0,907	-1147,646	1018,696
posit3	-3904,748	722,2151	-5,41	0	-5320,264	-2489,233
usageaub	3407,699	447,7369	7,61	0	2530,151	4285,247
pces	-1720,306	486,8813	-3,53	0	-2674,575	-766,0357
actbar1	2183,618	474,3708	4,6	0	1253,869	3113,368
actbar2	2783,83	848,0013	3,28	0,001	1121,778	4445,882
actbar3	2340,645	554,7753	4,22	0	1253,305	3427,984
actbar4	4993,529	1089,559	4,58	0	2858,032	7129,025
actbar5	4248,455	1133,295	3,75	0	2027,237	6469,673
nbovin	189,433	42,34022	4,47	0	106,4477	272,4183
maladieb	-1663,857	670,1989	-2,48	0,013	-2977,422	-350,2911
eaub	0,351582	0,4245331	0,83	0,408	-0,4804874	1,183652
qauc	0,7467164	0,7589373	0,98	0,325	-0,7407734	2,234206
ptrans	-504,8018	395,5845	-1,28	0,202	-1280,133	270,5296
mtrans	0,0158938	0,003275	4,85	0	0,0094749	0,0223126
credit	1119,799	486,9506	2,3	0,021	165,3939	2074,205
dept	0,0006822	0,0003087	2,21	0,027	0,0000772	0,0012873
mills1	-1916,968	848,1917	-2,26	0,024	-3579,393	-254,543
mills2	-1085,281	656,4907	-1,65	0,098	-2371,979	201,4174
_cons	-4034,792	2483,385	-1,62	0,104	-8902,138	832,5533

Prédiction CAP/ période froide

Classified	True		Total
	D	~D	
+	206	25	231
-	3	6	9
Total	209	31	240
Classified + if predicted $\Pr(D) \geq 0,5$			
Positive predictive value		$\Pr(D +)$	89,18%
Negative predictive value		$\Pr(\sim D -)$	66,67%
Correctly classified			88,33%

Prédiction CAP/ période chaude

Classified	True		Total
	D	~D	
+	206	6	212
-	1	6	7
Total	207	12	240
Classified + if predicted $\Pr(D) \geq 0,5$			
Positive predictive value		$\Pr(D +)$	97,17%
Negative predictive value		$\Pr(\sim D -)$	85,71%
Correctly classified			96,80%

Annexe 3: Modèle multinomial non ordonnée (modèle CES)

Multinomial			
logistic regression	Number of obs	=	232
	LR chi2(138)	=	404,56
	Prob > chi2	=	0
Log likelihood = -			
249,17002	Pseudo R2	=	0,4481

ces2	Coef.	Std.	Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]
cordon pierreux						
age	-0,0441693	0,0661182	-0,67	0,504	-0,1737587	0,0854201
age2	0,0004281	0,0006702	0,64	0,523	-0,0008854	0,0017416
educ	-0,5815151	0,8736454	-0,67	0,506	-2,293829	1,130798
size	-0,0033738	0,1788942	-0,02	0,985	-0,354	0,3472525
size2	-0,0005695	0,0053494	-0,11	0,915	-0,0110541	0,0099152
adult	-0,0368146	0,1183663	-0,31	0,756	-0,2688082	0,195179
pente	-1,520933	0,6489255	-2,34	0,019	-2,792803	-0,2490622
act	2,626774	1,042075	2,52	0,012	0,5843442	4,669204
nonagri	-3,93E-06	1,83E-06	-2,15	0,032	-7,51E-06	-3,44E-07
incom	2,80E-07	1,01E-06	0,28	0,782	-1,70E-06	2,26E-06
sup	-0,5631732	0,6863223	-0,82	0,412	-1,90834	0,7819939

sup2	0,0895646	0,0976732	0,92	0,359	-0,1018714	0,2810006
presence	-0,002342	0,0227534	-0,1	0,918	-0,0469378	0,0422538
cost	-9,87E-06	4,05E-06	-2,43	0,015	-0,0000178	-1,92E-06
work	-0,0006666	0,0027214	-0,24	0,807	-0,0060003	0,0046672
accmar	0,8722263	0,7161262	1,22	0,223	-0,5313553	2,275808
acdi	22,36284	1,351964	16,54	0	19,71304	25,01265
tbovin	-0,0439349	0,0470923	-0,93	0,351	-0,136234	0,0483643
distance	-0,2076842	0,1161479	-1,79	0,074	-0,43533	0,0199615
tenur	1,754168	0,7872286	2,23	0,026	0,2112278	3,297107
assist	0,4793055	0,6907136	0,69	0,488	-0,8744683	1,833079
ref	0,7187131	0,9390477	0,77	0,444	-1,121787	2,559213
qintran	0,0107664	0,0044471	2,42	0,015	0,0020503	0,0194825
diguettes						
age	0,0113457	0,0907621	0,13	0,901	-0,1665448	0,1892361
age2	-0,0001534	0,0009342	-0,16	0,87	-0,0019845	0,0016776
educ	0,3341184	0,9556313	0,35	0,727	-1,538884	2,207121
sieze	-0,3763242	0,2239129	-1,68	0,093	-0,8151855	0,0625371
size2	0,0122083	0,0067325	1,81	0,07	-0,0009872	0,0254037
adult	0,0746668	0,1511973	0,49	0,621	-0,2216746	0,3710081
pente	-2,90985	0,8264324	-3,52	0	-4,529628	-1,290072
act	1,595397	1,142956	1,4	0,163	-0,644756	3,83555
nonagri	-7,22E-06	2,66E-06	-2,71	0,007	-0,0000124	-2,00E-06
incom	7,98E-07	1,36E-06	0,59	0,557	-1,87E-06	3,46E-06
sup	0,0872834	1,067161	0,08	0,935	-2,004314	2,178881
sup2	-0,1056119	0,1867776	-0,57	0,572	-0,4716893	0,2604654
presence	-0,091934	0,0383376	-2,4	0,016	-0,1670743	-0,0167937
cost	3,68E-06	4,30E-06	0,86	0,392	-4,74E-06	0,0000121
work	-0,0001679	0,0016781	-0,1	0,92	-0,0034569	0,0031211
accmar	-0,4878902	0,951756	-0,51	0,608	-2,353298	1,377517
acdi	23,01612	1,317214	17,47	0	20,43443	25,59781
tbovin	-0,0290218	0,079313	-0,37	0,714	-0,1844724	0,1264287
distance	-0,4441519	0,1972593	-2,25	0,024	-0,830773	-0,0575307
tenur	3,545928	1,085683	3,27	0,001	1,418028	5,673828
assist	0,8201454	0,8067562	1,02	0,309	-0,7610678	2,401359
ref	0,8580288	1,137274	0,75	0,451	-1,370986	3,087044
qintran	0,0136247	0,0045382	3	0,003	0,0047299	0,0225194
zai						
age	-0,1693663	0,1146992	-1,48	0,14	-0,3941725	0,0554399
age2	0,0012964	0,0010892	1,19	0,234	-0,0008384	0,0034311
educ	1,287241	0,9944922	1,29	0,196	-0,6619283	3,236409
sieze	0,03239	0,2271564	0,14	0,887	-0,4128284	0,4776084
size2	-0,0012356	0,0067329	-0,18	0,854	-0,0144319	0,0119607
adult	-0,192907	0,1663604	-1,16	0,246	-0,5189674	0,1331534
pente	-1,42999	0,8029406	-1,78	0,075	-3,003724	0,1437449
act	4,177926	2,027314	2,06	0,039	0,2044646	8,151388
nonagri	-9,05E-07	2,07E-06	-0,44	0,662	-4,96E-06	3,15E-06

incom	-4,77E-07	1,31E-06	-0,36	0,716	-3,05E-06	2,09E-06
sup	-0,7800806	0,6770519	-1,15	0,249	-2,107078	0,5469168
sup2	0,1489358	0,0915042	1,63	0,104	-0,0304092	0,3282808
presence	0,0202494	0,0231684	0,87	0,382	-0,0251599	0,0656587
cost	-1,02E-06	4,11E-06	-0,25	0,803	-9,07E-06	7,02E-06
work	-0,0436629	0,0515063	-0,85	0,397	-0,1446134	0,0572876
accmar	-0,8632631	0,9442207	-0,91	0,361	-2,713902	0,9873755
acdi	24,6609	1,55715	15,84	0	21,60894	27,71286
tbovin	-0,0246452	0,0439981	-0,56	0,575	-0,1108799	0,0615894
distance	-0,4493584	0,2074375	-2,17	0,03	-0,8559284	-0,0427884
tenur	2,583088	1,22773	2,1	0,035	0,1767806	4,989395
assist	0,6259376	0,8135918	0,77	0,442	-0,968673	2,220548
ref	1,58428	1,822657	0,87	0,385	-1,988062	5,156621
qintran	0,0081638	0,0051364	1,59	0,112	-0,0019033	0,0182309
bandes enherbee						
age	-0,0868564	0,0746225	-1,16	0,244	-0,2331139	0,0594011
age2	0,000724	0,0007443	0,97	0,331	-0,0007349	0,0021828
educ	0,1802332	0,8977743	0,2	0,841	-1,579372	1,939839
sieze	-0,0684634	0,2004737	-0,34	0,733	-0,4613845	0,3244577
size2	-0,0001616	0,0067031	-0,02	0,981	-0,0132995	0,0129763
adult	0,1750957	0,1084103	1,62	0,106	-0,0373846	0,3875761
pente	-1,268454	0,6938158	-1,83	0,068	-2,628308	0,0913998
act	3,708845	1,286905	2,88	0,004	1,186559	6,231132
nonagri	-4,13E-06	2,06E-06	-2,01	0,045	-8,16E-06	-1,01E-07
incom	2,10E-07	1,14E-06	0,18	0,854	-2,03E-06	2,45E-06
sup	-1,502934	0,647622	-2,32	0,02	-2,77225	-0,2336184
sup2	0,1784713	0,0897287	1,99	0,047	0,0026064	0,3543362
presence	-0,0127384	0,0261701	-0,49	0,626	-0,064031	0,0385541
cost	-3,31E-06	4,08E-06	-0,81	0,417	-0,0000113	4,69E-06
work	-0,0164271	0,0251566	-0,65	0,514	-0,0657331	0,032879
accmar	1,056081	0,7812855	1,35	0,176	-0,4752107	2,587372
acdi	22,79341	1,40162	16,26	0	20,04628	25,54053
Tbovin	-0,0042008	0,051565	-0,08	0,935	-0,1052664	0,0968648
Distance	-0,2136115	0,1402417	-1,52	0,128	-0,4884802	0,0612571
Tenur	2,196235	0,8832948	2,49	0,013	0,4650087	3,927461
Assist	0,6448102	0,7413165	0,87	0,384	-0,8081434	2,097764
Ref	0,4792132	0,9790316	0,49	0,625	-1,439653	2,39808
Qintran	0,0109596	0,0044819	2,45	0,014	0,0021752	0,0197439
fosse fumiere						
Age	-0,2916467	0,1283789	-2,27	0,023	-0,5432648	-0,0400287
age2	0,0026241	0,0012396	2,12	0,034	0,0001945	0,0050536
Educ	-0,0707251	1,234181	-0,06	0,954	-2,489676	2,348226
Sieze	0,3586198	0,5998771	0,6	0,55	-0,8171178	1,534357
size2	-0,0268549	0,0323269	-0,83	0,406	-0,0902145	0,0365047
Adult	0,2561632	0,1497992	1,71	0,087	-0,0374378	0,5497643
Pente	-0,3053018	1,010455	-0,3	0,763	-2,285758	1,675155

Act	3,170666	1,688585	1,88	0,06	-0,1388998	6,480231
Nonagri	-9,90E-08	1,83E-06	-0,05	0,957	-3,69E-06	3,49E-06
Incom	-1,98E-07	1,70E-06	-0,12	0,908	-3,54E-06	3,14E-06
Sup	-1,040056	0,78659	-1,32	0,186	-2,581744	0,5016326
sup2	0,1566859	0,0968913	1,62	0,106	-0,0332176	0,3465895
Presence	0,0184997	0,034447	0,54	0,591	-0,0490153	0,0860147
Cost	-5,57E-06	8,69E-06	-0,64	0,521	-0,0000226	0,0000115
Work	-0,0002763	0,003245	-0,09	0,932	-0,0066363	0,0060838
Accmar	2,485511	1,187887	2,09	0,036	0,1572957	4,813726
Acdi	23,79827	2,177835	10,93	0	19,52979	28,06675
Tbovin	-0,0733074	0,1059208	-0,69	0,489	-0,2809083	0,1342935
Distance	0,3815948	0,1213574	3,14	0,002	0,1437386	0,619451
Tenur	0,4623455	1,07656	0,43	0,668	-1,647674	2,572365
Assist	1,972782	1,117503	1,77	0,078	-0,2174843	4,163048
Ref	-1,07437	1,364079	-0,79	0,431	-3,747916	1,599175
Qintrans	-0,0079341	0,008137	-0,98	0,33	-0,0238824	0,0080142
haies vives						
Age	-0,1717196	0,0937169	-1,83	0,067	-0,3554013	0,0119621
age2	0,0013985	0,000912	1,53	0,125	-0,0003889	0,003186
Educ	-0,1667997	1,021434	-0,16	0,87	-2,168774	1,835174
Sieze	-0,2408056	0,2295393	-1,05	0,294	-0,6906944	0,2090833
size2	0,0047334	0,0074089	0,64	0,523	-0,0097878	0,0192546
Adult	0,2602258	0,1223726	2,13	0,033	0,0203799	0,5000717
Pente	-1,313931	0,7983028	-1,65	0,1	-2,878576	0,2507137
Act	3,233564	1,365155	2,37	0,018	0,5579099	5,909218
Nonagri	-2,23E-06	2,64E-06	-0,84	0,399	-7,41E-06	2,95E-06
Incom	-1,22E-06	1,40E-06	-0,87	0,385	-3,97E-06	1,53E-06
Sup	-0,1945446	0,9807087	-0,2	0,843	-2,116698	1,727609
sup2	-0,0039531	0,1589427	-0,02	0,98	-0,3154751	0,3075688
Presence	-0,0098354	0,0316458	-0,31	0,756	-0,07186	0,0521893
Cost	-0,0000128	5,54E-06	-2,32	0,02	-0,0000237	-1,99E-06
Work	-0,0123335	0,0325393	-0,38	0,705	-0,0761092	0,0514423
Accmar	1,731088	0,993396	1,74	0,081	-0,215932	3,678109
Acdi	22,22905	,	,	,	,	,
Tbovin	-0,0634106	0,0895675	-0,71	0,479	-0,2389597	0,1121386
Distance	-0,2140465	0,1773796	-1,21	0,228	-0,5617041	0,1336111
Tenur	1,562276	0,9629852	1,62	0,105	-0,3251406	3,449692
Assist	1,278885	0,8203413	1,56	0,119	-0,3289543	2,886725
Ref	2,717096	1,374025	1,98	0,048	0,0240569	5,410134
Qintrans	0,0119339	0,0045064	2,65	0,008	0,0031016	0,0207663
(ces2==aucune is the base outcome)						

Annexe 4: Modèle de production-consommation

Seemingly	unrelated	regression				
Equation	Obs	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P
prodvivi	232	28	2546.261	0.4363	178.15	0.0000
prodrent	232	28	273.0794	0.5023	236.13	0.0000
qintrans	232	28	205.9382	0.4891	222.65	0.0000
wvivrier	232	18	.1311871	0.9759	9400.02	0.0000
wrente	232	18	.0983429	0.4191	167.16	0.0000
wman	232	18	.0759857	0.5834	324.77	0.0000
	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
prodvivi						
logpvpv	593.5014	1852.137	0.32	0.749	-3036.621	4223.623
logpvpr	1046.696	5104.129	0.21	0.838	-8957.213	11050.6
logpmov	366.2953	305.4828	1.20	0.231	-232.44	965.0306
logpint	621.1891	234.3761	2.65	0.008	161.8204	1080.558
educ	-150.7909	437.1942	-0.34	0.730	-1007.676	706.0939
sexecm	1160.116	1160.337	1.00	0.317	-1114.103	3434.334
ethnie	-1113.616	551.261	-2.02	0.043	-2194.068	-33.16445
sitmat	-480.4301	1107.965	-0.43	0.665	-2652.002	1691.142
age	1.301878	14.19027	0.09	0.927	-26.51054	29.1143
tailleme	57.08727	55.40282	1.03	0.303	-51.50027	165.6748
qeaucons	-.4451264	.7115085	-0.63	0.532	-1.839658	.9494047
accebarr	509.1974	528.8056	0.96	0.336	-527.2426	1545.637
superfic	-611.9283	255.199	-2.40	0.016	-1112.109	-111.7474
sup2	49.84935	22.88981	2.18	0.029	4.986154	94.71255
posparc1	-13021.31	33408.6	-0.39	0.697	-78500.97	52458.34
postparc	-13254.25	33448.06	-0.40	0.692	-78811.24	52302.74
posparc3	-12590.17	33345.18	-0.38	0.706	-77945.52	52765.18
posiparc	-13291.08	33454.04	-0.40	0.691	-78859.78	52277.63
pratique	-44.9625	559.6071	-0.08	0.936	-1141.772	1051.847
propriert	574.207	534.8373	1.07	0.283	-474.0549	1622.469
tempexpl	-4.047944	14.4439	-0.28	0.779	-32.35747	24.26158
dmvillag	-375.5239	526.338	-0.71	0.476	-1407.127	656.0796
dkoupela	-15.86516	92.47527	-0.17	0.864	-197.1134	165.383
dpouyete	-5.221814	144.8616	-0.04	0.971	-289.1453	278.7017
distmena	-129.5722	104.6921	-1.24	0.216	-334.765	75.62053
tbetail	-12.92136	37.93772	-0.34	0.733	-87.27793	61.43521
actagric	-63.34574	85.3431	-0.74	0.458	-230.6152	103.9237
transmon	.0029262	.0017358	1.69	0.092	-.000476	.0063284
prodrent						
logpvpv	4.094203	197.9026	0.02	0.983	-383.7878	391.9762
logpvpr	190.7844	545.4107	0.35	0.726	-878.2009	1259.77
logpmov	26.62353	32.6423	0.82	0.415	-37.3542	90.60126
logpint	41.46707	25.04398	1.66	0.098	-7.618233	90.55238
educ	-62.06219	46.84203	-1.32	0.185	-153.8709	29.74649
sexecm	2.292835	124.3325	0.02	0.985	-241.3943	245.98
ethnie	-48.51172	59.03706	-0.82	0.411	-164.2222	67.19878

sitmat	37.66967	118.7175	0.32	0.751	-195.0123	270.3517
age	-2.433481	1.519434	-1.60	0.109	-5.411517	.5445543
tailleme	2.41625	5.926058	0.41	0.683	-9.198611	14.03111
qeaucons	.0003714	.0762323	0.00	0.996	-.1490411	.149784
accebarr	95.58426	56.66315	1.69	0.092	-15.47347	206.642
superfic	8.651453	27.26864	0.32	0.751	-44.7941	62.09701
sup2	-.4969269	2.445789	-0.20	0.839	-5.290585	4.296731
posparc1	-1490.251	3569.903	-0.42	0.676	-8487.133	5506.631
postparc	-1407.382	3574.11	-0.39	0.694	-8412.509	5597.746
posparc3	-1562.794	3563.122	-0.44	0.661	-8546.385	5420.797
posiparc	-1560.287	3574.757	-0.44	0.662	-8566.682	5446.109
pratique	-8.092127	59.79742	-0.14	0.892	-125.2929	109.1087
propriert	14.08506	57.15087	0.25	0.805	-97.92858	126.0987
tempexpl	1.724796	1.54337	1.12	0.264	-1.300154	4.749747
dmvillag	.0057322	56.39161	0.00	1.000	-110.5198	110.5313
dkoupela	13.33222	9.90518	1.35	0.178	-6.081579	32.74602
dpouyete	13.77184	15.51463	0.89	0.375	-16.63628	44.17995
distmena	-8.297765	11.20502	-0.74	0.459	-30.2592	13.66367
tbetail	.0844608	4.064745	0.02	0.983	-7.882293	8.051214
actagric	-6.322787	9.119656	-0.69	0.488	-24.19698	11.55141
transmon	.0003124	.000186	1.68	0.093	-.0000521	.0006768
qintrans						
logpvpv	-191.9962	150.108	-1.28	0.201	-486.2026	102.2101
logpvpr	-276.29	413.6555	-0.67	0.504	-1087.04	534.4598
logpmov	25.76777	24.7576	1.04	0.298	-22.75623	74.29178
logpint	-76.87147	18.99492	-4.05	0.000	-114.1008	-39.64212
educ	66.02336	35.37646	1.87	0.062	-3.313219	135.3599
sexecm	26.70557	93.88606	0.28	0.776	-157.3077	210.7189
ethnie	53.14198	44.61808	1.19	0.234	-34.30785	140.5918
sitmat	63.07251	89.64998	0.70	0.482	-112.6382	238.7832
age	-1.467609	1.148654	-1.28	0.201	-3.718929	.7837102
tailleme	1.274989	4.487427	0.28	0.776	-7.520205	10.07018
qeaucons	.0194191	.0575734	0.34	0.736	-.0934226	.1322609
accebarr	-25.40022	42.78688	-0.59	0.553	-109.261	58.46053
superfic	58.50935	20.68266	2.83	0.005	17.97209	99.04662
sup2	-4.137785	1.855128	-2.23	0.026	-7.773769	-.5018003
posparc1	2927.779	2707.557	1.08	0.280	-2378.936	8234.494
postparc	2926.705	2710.759	1.08	0.280	-2386.285	8239.695
posparc3	2791.827	2702.419	1.03	0.302	-2504.816	8088.471
posiparc	3180.898	2711.24	1.17	0.241	-2133.035	8494.831
pratique	12.5699	45.35257	0.28	0.782	-76.3195	101.4593
propriert	-103.4482	43.34503	-2.39	0.017	-188.4029	-18.49354
tempexpl	.0441714	1.170607	0.04	0.970	-2.250176	2.338518
dmvillag	36.40433	42.59038	0.85	0.393	-47.07128	119.8799
dkoupela	-4.775137	7.484083	-0.64	0.523	-19.44367	9.893397
dpouyete	12.2205	11.72451	1.04	0.297	-10.75912	35.20012

distmena	-15.45763	8.476662	-1.82	0.068	-32.07158	1.156325
tbetail	-4.279592	3.069805	-1.39	0.163	-10.2963	1.737116
actagric	1.996021	6.916412	0.29	0.773	-11.5599	15.55194
transmon	-0.002127	.0001405	-1.51	0.130	-.000488	.0000626
wvivrier						
logpapv	.085299	.0433564	1.97	0.049	.000322	.1702759
logpapr	.0842982	.0686592	1.23	0.220	-.0502713	.2188677
logpman	-.0043432	.014541	-0.30	0.765	-.0328431	.0241566
logpmol	-.0024707	.0182536	-0.14	0.892	-.038247	.0333057
educ	.0455659	.0220881	2.06	0.039	.002274	.0888578
sexecm	.0588117	.0594501	0.99	0.323	-.0577083	.1753317
ethnie	-.0908307	.0254102	-3.57	0.000	-.1406338	-.0410275
sitmat	-.0029951	.0555821	-0.05	0.957	-.1119341	.1059439
age	.0000611	.0006246	0.10	0.922	-.0011631	.0012854
tailleme	.0021691	.0017202	1.26	0.207	-.0012024	.0055406
qeaucos	.0001361	.0000353	3.86	0.000	.000067	.0002053
accebarr	-.0163601	.0268452	-0.61	0.542	-.0689757	.0362555
dmvillag	.0141378	.0262457	0.54	0.590	-.0373028	.0655784
dkoupela	.0011336	.0044171	0.26	0.797	-.0075238	.009791
dpouyete	.0068193	.006671	1.02	0.307	-.0062556	.0198942
distmena	-.0084145	.0043215	-1.95	0.052	-.0168845	.0000554
tbetail	-.0080781	.001902	-4.25	0.000	-.011806	-.0043501
transmon	8.34e-08	8.48e-08	0.98	0.325	-8.28e-08	2.50e-07
wrente						
logpapv	-.0216736	.0322439	-0.67	0.501	-.0848705	.0415233
logpapr	.0825448	.0510962	1.62	0.106	-.017602	.1826916
logpman	-.0275905	.0108192	-2.55	0.011	-.0487957	-.0063853
logpmol	-.0007083	.0135727	-0.05	0.958	-.0273103	.0258937
educ	-.0134324	.0165531	-0.81	0.417	-.0458759	.0190111
sexecm	-.0329296	.0445545	-0.74	0.460	-.1202548	.0543955
ethnie	.0490595	.0190431	2.58	0.010	.0117358	.0863832
sitmat	-.0223502	.0416654	-0.54	0.592	-.1040128	.0593125
age	.0009134	.0004682	1.95	0.051	-4.13e-06	.001831
tailleme	.0007833	.0012888	0.61	0.543	-.0017427	.0033093
qeaucos	.000017	.0000264	0.64	0.521	-.0000348	.0000688
accebarr	.0228947	.0201222	1.14	0.255	-.0165441	.0623335
dmvillag	-.005243	.0196715	-0.27	0.790	-.0437986	.0333125
dkoupela	.0013627	.0033102	0.41	0.681	-.0051251	.0078505
dpouyete	-.0086939	.0050003	-1.74	0.082	-.0184944	.0011065
distmena	.0009443	.0032358	0.29	0.770	-.0053977	.0072864
tbetail	-.0016491	.0014256	-1.16	0.247	-.0044432	.0011449
transmon	4.73e-09	6.36e-08	0.07	0.941	-1.20e-07	1.29e-07
wman						
logpapv	-.0531378	.0250724	-2.12	0.034	-.1022789	-.0039968
logpapr	.0534459	.0397101	1.35	0.178	-.0243845	.1312763
logpman	.026173	.0084097	3.11	0.002	.0096904	.0426557

logpmol	.0017477	.0105554	0.17	0.868	-.0189406	.0224359
educ	-.0113243	.012793	-0.89	0.376	-.0363982	.0137495
sexecm	-.0150184	.0344327	-0.44	0.663	-.0825052	.0524684
ethnie	.0204341	.0147172	1.39	0.165	-.0084111	.0492792
sitmat	-.0056192	.032194	-0.17	0.861	-.0687182	.0574798
age	-.0010987	.0003618	-3.04	0.002	-.0018077	-.0003896
tailleme	-.0019312	.0009962	-1.94	0.053	-.0038838	.0000214
qeaucos	-.0001442	.0000204	-7.06	0.000	-.0001843	-.0001042
accebarr	-.0000174	.0155489	-0.00	0.999	-.0304926	.0304579
dmvillag	-.0103841	.0152014	-0.68	0.495	-.0401784	.0194102
dkoupela	-.0002212	.0025583	-0.09	0.931	-.0052354	.0047929
dpouyete	.0014387	.0038639	0.37	0.710	-.0061344	.0090117
distmena	.006694	.0025025	2.67	0.007	.0017892	.0115988
tbetail	.0087086	.0011017	7.91	0.000	.0065494	.0108678
transmon	-5.62e-08	4.91e-08	-1.14	0.252	-1.52e-07	4.01e-08

Annexe 5: Regroupement des biens par degré d'homogénéité

Tableau: Regroupement des biens par degré d'homogénéité.

PACV	PACR	BNAA	BNANA
Riz	Arachide	Sel	Vêtement
Mais	Coton	Cube	Savon
Mil	Sésame	Viande	Pétrole
Sorgho	Soja	Sucre	Lampe/torche
Tomate		Huile	Allumette
Chou		Lait	
Oignon		Poisson	
Gombo		Alcool	
Pigment		Tabac	
Haricot		Café	

Source : auteur à partir de INSD, Ravelosoa (1999) et de Abdelkrim (2000)

Annexe 6: Répartition des différentes valeurs

Valeurs	Période	Période froide		Période chaude		Ensemble
		Montant	%	Montant	%	
Usage		4545,15	35,39	10295,48	37,68	36,94
Legs		4596,32	35,79	9066,34	33,18	34,02
Existence		3702,17	28,82	7960,78	29,14	29,04
Total		12843,64	100	27322,60	100	100

Annexe 7: Aspects théoriques du calcul de la valeur des actifs naturels et des biens environnementaux par l'approche des ménages agricoles

Le point de départ d'une telle approche commence par la clarification du concept du ménage agricole. Plusieurs biens environnementaux sont dans des milieux ruraux et font l'objet de plusieurs usages. Les ressources en eau jouent particulièrement un rôle très essentiel dans la vie économique et sociale des populations riveraines en ce sens que les ménages agricoles dans un contexte d'imperfection des marchés prennent simultanément leurs décisions de production et de consommation. L'eau, ressource vitale, joue à la fois le rôle d'input et d'output. Elle ne peut être traitée de façon singulière.

Sur le plan de la conception théorique, tout part de l'étude des preferences des agents vis-à-vis de la ressource. De la conception de Marshall juste qu'à la théorie des preferences révélées, le comportement des agents économiques est très perceptible suite à la variation de la quantité, de la qualité ou du coût lié à ce bien. Cette conception théorique s'insère dans le comportement d'un agent microéconomique qualifié de producteur-consommateur dont le comportement d'optimisation diffère du consommateur classique d'une part et du producteur classique d'autre part. Le programme de maximisation de l'utilité de cet agent s'écrit comme suit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max}_{q_a, q_c, q_l, q_x, c_a, c_m, c_l} u(c_a, c_m, c_l, z^h) \quad (a) \\ s / c \\ g(q_a, q_c, q_l, q_x, z^h) = 0 \quad (b) \\ p_x q_x + p_m c_m = p_c q_c + S \quad (c) \\ c_a = q_a \quad (d) \\ c_l = E - q_l \quad (e) \\ p_i = \bar{p}_i \text{ pour } i = c, x, m \quad (f) \end{array} \right.$$

$$\text{Max}_{q_a, q_c, q_l, q_x, c_a, c_m, c_l} L = \left[U + \lambda (p_c q_c + S - p_x q_x - p_m c_m) + \phi g + \mu_a (q_a - c_a) + \mu_l (E - q_l - c_l) \right]$$

L'équation (a) représente la fonction d'utilité du producteur-consommateur et les équations (b) à (f) sont des contraintes. Le vecteur C traduit les différentes formes de consommation et le vecteur Q les productions réalisées par le ménage agricole. Z, S et E représentent respectivement les caractéristiques du ménage agricole à laquelle on ajoute les caractéristiques des biens environnementaux, l'épargne et le temps total disponible. La résolution d'un tel système conduit à ce système d'équations estimables:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ln q_i = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln P_a + \alpha_2 \ln P_c + \alpha_3 \ln P_l + \alpha_4 \ln P_x + \sum_{j=1}^J \beta_j Z^j + \sum_{h=1}^N \lambda_h Z^h + \sum_{b=1}^B \phi_b Z^b + E + S + \varepsilon_i, \quad i = a, c, l, x \\ w_{ik} = \beta_i + \sum_{k=a, m, l} \gamma_{ik} \log P_k + \sum_{h=1}^N \lambda_h Z^h + \sum_{b=1}^B \lambda_b Z^b + \mu_i, \quad k = a, m, l \end{array} \right.$$

Les formes fonctionnelles sont choisies en fonction des données disponibles et de la justification théorique avancée par le chercheur. Après estimation de ces fonctions en passe à l'intégration du système en choisissant la variable qui traduit le mieux l'état de l'environnement. On peut prendre les CAP moyens obtenus dans la méthode classique si on est en présence de données de panel comme bornes de l'intégrale.