

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	I
DEDICACE	V
REMERCIEMENTS	VI
SIGLES ET ABREVIATIONS	IX
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES	XII
RESUME	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCTION GENERALE	1
DEMARCHE GENERALE DE LA THESE	2
STRUCTURE GENERALE DE LA THESE	3
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET CADRE DE L'ETUDE	4
CHAPITRE I : ECOLOGIE ET USAGES DE <i>JATROPHA CURCAS</i> L	5
I.1. ORIGINE ET DIFFUSION DE <i>JATROPHA CURCAS</i>	5
I.2. BOTANIQUE ET ECOLOGIE DE <i>JATROPHA CURCAS</i>	5
I.3. CULTURE DE <i>JATROPHA</i>	7
I.4. UTILISATION DE <i>JATROPHA</i>	8
I.4.1. Usage médicinal	8
I.4.2. Production de biocarburant	9
I.4.3. Intérêt écologique	9
I.4.4. Usage agricole	10
I.4.5. Intérêts socio-économiques	10
I.5. CONTRAINTES LIEES A LA CULTURE DE <i>JATROPHA CURCAS</i>	11
I.6. CONTRAINTES A L'UTILISATION DOMESTIQUE DE <i>JATROPHA CURCAS</i>	11
CHAPITRE II : ETAT DES LIEUX DE LA CULTURE DE <i>JATROPHA CURCAS</i> AU BURKINA FASO	12
II.1. HISTORIQUE DE L'INTRODUCTION DE <i>JATROPHA</i> AU BURKINA FASO	12
II.2. PROMOTION DE <i>JATROPHA CURCAS</i> DANS LA ZONE OUEST	13
II.2.1. Projet Genèse	13
II.2.2. Association pour la Promotion de la culture de <i>Jatropha curcas</i> et des Energies Renouvelables (APROJER)	13
II.2.3. Agriculture et Technologie du Faso (AGRITECH FASO)	14
II.2.4. Projet de promotion de la culture de <i>Jatropha curcas</i> pour la production d'huile et de biodiesel (Belwet)	14
II.2.5. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A)	15
CHAPITRE III : SITES D'ETUDE	16
III.1. SITES D'ENQUETE D'OPINION DES PRODUCTEURS DE <i>JATROPHA CURCAS</i>	16
III.2. SITES D'EVALUATION DE L'IMPACT DE <i>JATROPHA CURCAS</i> SUR LES PROPRIETES DES SOLS	17
III.2.1. Le terroir de Tin	18
III.2.2. Le terroir de Torokoro	19

DEUXIEME PARTIE: ETUDE DES EFFETS DE *JATROPHA CURCAS* SUR LES PROPRIETES DES SOLS ET LES RENDEMENTS DU SORGHO 22

CHAPITRE IV: CARACTERISATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION DE *JATROPHA CURCAS* DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES DE LA ZONE SUD-SOUDANIEENNE DU BURKINA FASO 23

IV.1. INTRODUCTION	23
IV.2. MATERIEL ET METHODES	24
IV.3. ANALYSES DES DONNEES	25
IV.4. RESULTATS	25
IV.4.1. <i>Expérience des producteurs dans la production de Jatropha curcas</i>	25
IV.4.2. <i>Superficies moyennes des plantations de Jatropha curcas par producteur et par site</i>	26
IV.4.3. <i>Raisons de l'engagement des producteurs dans la production de Jatropha curcas</i>	27
IV.4.4. <i>Mode de plantation de Jatropha curcas</i>	28
IV.4.5. <i>Système de culture de Jatropha curcas</i>	29
IV.4.6. <i>Fertilisations et traitements phytosanitaires de Jatropha curcas</i>	31
IV.5. DISCUSSION.....	32
IV.5.1. <i>Perception des producteurs sur la plantation de Jatropha curcas</i>	32
IV.5.2. <i>Systèmes de culture de Jatropha curcas</i>	33
IV.6. CONCLUSION PARTIELLE	35

CHAPITRE V: DENDROMETRIE ET PRODUCTION DE GRAINES DE *JATROPHA* EN ZONE SUD SOUDANIEENNE DU BURKINA FASO 37

V.1. INTRODUCTION	37
V.2. MATERIEL ET METHODES	37
V.2.1. <i>Dispositif de collecte des données</i>	38
V.2.2. <i>Paramètres mesurés</i>	38
V.2.3. <i>Analyses de laboratoire</i>	39
V.3. ANALYSE DES DONNEES.....	39
V.4. RESULTATS	39
V.4.1. <i>Paramètres dendrométriques</i>	39
V.4.2. <i>Rendements graines</i>	40
V.4.3. <i>Taux de remplissage des graines</i>	41
V.4.4. <i>Quantité de litière sous houppiers</i>	42
V.4.5. <i>Caractéristiques chimiques de la biomasse foliaire</i>	43
V.5. DISCUSSION.....	44
V.5.1. <i>Paramètres dendrométriques</i>	44
V.5.2. <i>Production de graines et de litière</i>	44
V.5.3. <i>Paramètres chimiques de la biomasse foliaire de Jatropha curcas</i>	45
V.6. CONCLUSION PARTIELLE	46

CHAPITRE VI : EFFET DE *JATROPHA CURCAS* SUR LES PROPRIETES DES SOLS 47

VI.1. INTRODUCTION	47
VI.2. MATERIEL ET METHODES	47
VI.2.1. <i>Dispositif expérimental</i>	48
VI.2.2. <i>Collecte des données</i>	48
VI.2.3. Analyses de laboratoire	48
VI.2.3.1. <i>Détermination des paramètres physiques du sol</i>	48
VI.2.3.2. <i>Détermination des paramètres chimiques</i>	48
VI.2.3.3. <i>Détermination de l'activité biologique du sol</i>	49
VI.2.3.3.1. <i>Biomasse microbienne</i>	50

VI.2.3.3.2. Densité des spores mycorhiziennes arbusculaires.....	51
VI.3. ANALYSE STATISTIQUE.....	51
VI.4. RESULTATS	52
VI.4.1. Effet de <i>Jatropha curcas</i> sur les propriétés physiques des sols	52
VI.4.2. Effet de <i>Jatropha curcas</i> sur les propriétés chimiques des sols	54
VI.4.3. Corrélations entre les propriétés chimiques et physiques des sols sous plantations de <i>Jatropha curcas</i>	57
VI.4.4. Effet de la culture de <i>Jatropha curcas</i> sur les propriétés biologiques	57
VI.4.4.1. Evolution du Cumul de C-CO ₂ dégagé pendant les 21 jours	57
VI.4.4.2. Coefficients de minéralisation [(C-CO ₂ /C)%] des sols	58
VI.4.4.3. Biomasse microbienne des sols	59
VI.4.4.4. Densité de spores des Champignons Mycorhiziens Arbusculaires (CMA)	60
VI.4.5. Corrélations entre les propriétés chimiques et biologiques des sols sous culture de <i>Jatropha</i>	61
VI.5. DISCUSSION.....	62
VI.5.1. Propriétés physiques des sols sous culture de <i>Jatropha curcas</i>	62
VI.5.2. Variation des propriétés chimiques des sols sous <i>Jatropha curcas</i>	63
VI.5.3. Variation des propriétés biologiques des sols sous <i>Jatropha curcas</i>	66
VI.5.3.1. Effet du <i>Jatropha curcas</i> sur la respiration du sol.....	66
VI.5.3.2. Effet de <i>Jatropha curcas</i> sur les micro-organismes symbiotiques du sol.....	68
VI.6. CONCLUSION PARTIELLE	69
CHAPITRE VII : INFLUENCE DES HAIES DE <i>JATROPHA CURCAS</i> L. SUR LE RENDEMENT DU SORGHO (<i>SORGHUM VULGARE</i> PERS)	70
VII.1. INTRODUCTION	70
VII.2. MATERIEL ET METHODES	71
VII.2.1. Choix des producteurs expérimentateurs.....	71
VII.2.2. Dispositif expérimental.....	71
VII.2.3. Collecte des données	72
VII.2.3.1. Hauteur des plants de sorgho.....	72
VII.2.3.2. Les composantes du rendement de sorgho.....	72
VII.3. ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES.....	72
VII.4. RESULTATS	72
VII.4.1. Paramètres physiologiques	72
VII.4.1.1. Taux de levée du sorgho	72
VII.4.1.2. Hauteur des plants de sorgho.....	73
VII.4.1.3. Evolution du nombre de feuilles.....	74
VII.4.2. Paramètres de rendement.....	74
VII.4.2.1. Poids des panicules.....	74
VII.4.2.2. Nombre de grains par panicule et poids de mille (1000) grains	75
VII.4.2.3. Rendement grains du sorgho.....	76
VII.4.2.4. Rendement paille du sorgho.....	78
VII.5. DISCUSSION.....	80
VII.5.1. Effet des haies de <i>Jatropha curcas</i> sur la croissance et le développement du sorgho	80
VII.5.2. Effet des haies de <i>Jatropha curcas</i> sur le poids des panicules, le rendement grains et paille du sorgho.....	81
VII.6. CONCLUSION PARTIELLE	83
CHAPITRE VIII : DISCUSSION GENERALE.....	84
VIII.1. QUELS DIAGNOSTICS POUR AMELIORER LA PRODUCTION DE <i>JATROPHA CURCAS</i> DANS LA ZONE SUD-SOUDANIENNE DU BURKINA FASO?	84

VIII.2. QUEL IMPACT LA CULTURE DE <i>JATROPHA CURCAS</i> PEUT-ELLE AVOIR SUR LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES SOLS ET SUR LES RENDEMENTS DE LA CULTURE ASSOCIEE (<i>SORGHUM VULGARE</i>).	85
CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	88
CONCLUSION GENERALE	88
RECOMMANDATIONS	90
PERSPECTIVES	91
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	92
ANNEXES	XV

DEDICACE

Le présent mémoire est dédié à :

✓ A mon très Cher défunt père, Feu **Henri Niamboué BAZONGO**, précédemment Chef de zone à la Palme Afrique (ex Palme industrie) de Bingerville, République de Côte d'Ivoire, rappelé à Dieu le 18 Janvier 2003 à Bobo-Dioulasso. Que son âme repose en paix. Père, avec amour et art, tu m'as initié au travail de la terre, déposant en moi la bonne semence qui porte aujourd'hui ce fruit ;

✓ A ma mère, Feue **Madeleine Saga YILI**, pour la confiance, la bénédiction accordée et le soutien qu'elle a toujours manifesté à mon égard tout au long de mes études, rappelée à Dieu le 19 Décembre 2013 à Bobo-Dioulasso, que son âme repose en paix.

✓ A mes frères et sœurs, mon épouse et notre fille qui ont toujours su être à mes côtés ;

A tous, je vous l'offre comme prémices de vos œuvres en moi.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à l'endroit de tous ceux et celles qui ont contribué à la réalisation de ce travail. La présente étude n'aurait été possible sans la collaboration étroite entre l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), le Projet Union Africaine *Jatropha* (UA *Jatropha*) et le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO). Pour ce faire, je remercie très sincèrement les responsables de l'INERA pour m'avoir accepté comme stagiaire dans leur structure. Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit du Directeur de l'INERA et de celui en charge de la Direction Régionale de la Recherche Environnementale et Agricole de l'Ouest pour leurs conseils avisés et leurs contributions multiformes à l'aboutissement de ce travail. Je reste très reconnaissant à l'endroit de cette structure où j'ai pris goût à la recherche en effectuant successivement mes travaux terrain pour l'obtention des diplômes d'ingénieur Agronome, de DEA et de Doctorat.

J'adresse mes remerciements aux responsables de l'Institut du Développement Rural (IDR)/UPB notamment l'Ecole Doctorale Sciences Naturelles et Agronomie, où j'ai approfondi mes connaissances en sciences agronomiques et en sciences du sol pendant mes études de DEA et de Thèse de Doctorat Unique.

J'exprime ma reconnaissance et mes sincères remerciements à l'Union Européenne à travers le "10^{ème} Fond Européen de Développement" et le programme de subvention de recherche de l'Union Africaine [HRST/ST/AURG/CALL1/2011] pour avoir financé cette étude.

Mes remerciements vont également à l'endroit du Centre National de Spécialisation Fruits et Légumes (CNS-FL)/PPAAO qui a soutenu financièrement cette étude.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements à l'endroit des membres du comité scientifique de Thèse et au Dr Michel P. SEDOGO, Directeur de Recherche en Agro-pédologie, Président du comité de thèse, pour leurs conseils avisés et leurs contributions multiformes au cours de la réalisation de ce travail ;

Ce travail a bénéficié du soutien de plusieurs personnes qu'il me plaît de remercier. Je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements à mon Directeur de Thèse, le Dr Victor HIEN, Directeur de Recherche en Agro-pédologie, Coordonnateur National du projet UA *Jatropha* qui a su apporter son expérience et toutes les facilités administratives pour l'exécution de ce travail. Par ses grandes qualités humaines, il a su me guider et m'encourager

depuis mes travaux de DEA jusqu'au Doctorat Unique. Je le remercie pour avoir accepté la direction scientifique et tout ce qu'il a fait pour rendre possible ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements au Pr Hassan Bismarck NACRO et au Dr Ouola TRAORE, pour avoir accepté la co-direction de cette thèse malgré leurs multiples occupations et pour leurs précieuses contributions scientifiques aussi bien pour l'écriture des articles que celle du document de thèse. Ils se sont montrés attentifs aux exigences de la collaboration multi-institutionnelle dans le cadre de cette thèse. Je les remercie pour leurs sages et précieux conseils.

J'adresse mes vifs remerciements au Dr Michel P. SEDOGO pour avoir accepté diriger le jury de la soutenance, au Pr Edmond HIEN, au Dr Korodjouma OUATTARA et au Dr Mipro HIEN en qualité de rapporteurs qui ont accepté juger mon travail malgré les multiples occupations.

J'adresse une mention spéciale au Dr Karim TRAORE, encadreur de la thèse qui a su apporter son expérience scientifique depuis mes travaux de DEA, pour l'orientation de cette thèse, l'exécution de ce travail sur le terrain, par ses précieuses contributions scientifiques aussi bien pour l'écriture des articles que celle de la rédaction du document de thèse.

J'exprime mes vifs remerciements au Dr Barthélémy YELEMOU et au Dr Kadidia B. SANON pour leurs précieuses contributions scientifiques aussi bien pour l'analyse des échantillons de sols et de végétaux que pour la rédaction des articles.

A M. Souleymane OUEDRAOGO, chef de programme GRN/SP Ouest, j'exprime mes vifs remerciements pour ses soutiens multiformes et ses perpétuels encouragements.

Au Dr Adama TRAORE, M. Aziz Isdine N DA et M. Amoro S OUATTARA, M. Martin RAMDE, M. Salam KIEMDE, tout le personnel du laboratoire Sol-Eau-Plante de l'INERA/Kamboinsé et de Farako-Bâ pour leurs appuis et leur disponibilité.

Je remercie très sincèrement les vaillants producteurs de *Jatropha* de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso pour leur collaboration au cours de nos différentes missions d'investigations en milieu paysan.

A mon épouse Korotimi SANOU, notre fille Madeleine Naëlle Franchelle BAZONGO, mes frères et soeurs Georges, Augustin, Jacques, Lazare, Prospère, Julien, Frédéric, Fatima et

Lydie, je dis merci pour leur soutien et leur compréhension, pendant les étapes difficiles de cette thèse. Toutes mes excuses pour les inattentions et les attentes déçues qu'ils ont endurées pendant ces moments d'intenses travaux.

Mes remerciements s'adressent aux chercheurs de l'INERA, de l'IDR et de l'ISED à savoir Dr Sansan DA, Dr Ablassé BILGO, Dr Bernard BACYE, Dr Paulette TAITA, M. Bouma THIO, Dr Kiessoum KONATE, Dr Lambienou YE.

Je remercie très sincèrement Dr André Jules BAZIE, Mme Kadidia SANOU, Mme Madjélia DA et M. Braïma BAMA pour leurs conseils et soutiens multiformes.

Je tiens à remercier M. Soungalo TRAORE, M. Ambroise P. ZONGO, M. Porna TRAORE, Mme Lydie BAMBARA, Mlle Sokona KIENOU et le personnel de l'ONG ORGANIC pour leurs soutiens.

Enfin, je suis conscient que plusieurs noms qui auraient dû figurer dans cette rubrique n'y apparaissent pas. Que les uns et les autres trouvent en cette œuvre le signe de ma reconnaissance infinie. Puisse le Seigneur Tout Puissant rendre à chacun au centuple ses bienfaits.

A tous, je dis sincèrement merci !

SIGLES ET ABREVIATIONS

AFNOR :	Association Française de Normalisation
AFD :	Agence Française de Développement
AFDI	Agriculteur Français et Développement International
AGRITECH FASO :	Agriculture et Technologie du Faso
ANOVA :	Analysis of Variance
APROJER :	Association pour la Promotion de la culture de <i>Jatropha</i> et des Energies Renouvelables
ASCADe	Crédit Carbone pour l'Agriculture, la Sylviculture, la Conservation et l'Action contre la Déforestation
BM :	Biomasse Microbienne
BUNASOLS :	Bureau National des Sols
CAP/M :	Centre Agricole Polyvalent de Matourkou
CCL	Champagne-Ardenne Crif Liège
CES	Conservation des Eaux et des Sols
CIRAD :	Centre International en Recherche Agronomique pour le Développement
CMA :	Champignons Mycorhiziens Arbusculaires
CNS-FL :	Centre National de Spécialisation Fruits et Légumes
CPCS :	Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols
DEA :	Diplôme d'Etudes Approfondies
DRARHASA :	Direction Régionale de l'Agriculture des Ressource Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire
D.R.R.E.A :	Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles
DRS :	Défence et Restauration des Sols
FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GES :	Gaz à Effets de Serre
GIRN :	Gestion Intégrée des Ressources Naturelles
GRN/SP :	Gestions des Ressources Naturelles/Systèmes de Production
ICRISAT :	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
IDR :	Institut du Développement Rural.
INERA :	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
IGB :	Institut Géographique du Burkina
2IE :	Institut d'Ingénierie, de l'Eau et de l'Environnement

IPR/IFRA :	Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée
IRAT :	Institut de Recherche en Agronomie Tropicale
ITAB :	Institut Technique de l'Agriculture Biologique
IRD :	Institut de Recherche pour le Développement
JAS :	Jours Après Semis
MABUCIG :	Manufacture Burkinabè de Cigarette
MECV	Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie
MMCE	Ministère de l'Energie, des Mines et des Carrières
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ORGANIC	Organisation pour une Nouvelle Initiative Communautaire
PANA :	Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques
P ass :	Phosphore assimilable
PPAO	Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest
R.I.P.I.E.C.S.A :	Recherches Interdisciplinaires et Participatives sur les Interactions entre les Ecosystèmes, le Climat et les Sociétés en Afrique de l'ouest.
SARL	Société Anonyme à Responsabilité Limité
SEP :	Sol-Eau-Plante
SPV :	Systèmes de Production Végétale
U.NA.PRO.FL.JA :	Union Nationale pour la Promotion de la Filière <i>Jatropha</i>
UPB :	Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso
UA	Union Africaine
UEMOA	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Liste des villages choisis dans le cadre des enquêtes d'opinions sur le <i>Jatropha curcas</i>	16
Tableau II : Caractéristiques des plantations des producteurs enquêtés (juin 2013 à mars 2014).....	25
Tableau III : Répartition des producteurs en fonction du nombre d'années d'expérience dans la culture de <i>Jatropha curcas</i> (Enquête d'opinion 2013).	26
Tableau IV: Paramètres dendrométriques des plants de <i>Jatropha curcas</i>	40
Tableau V: Poids de 100 fruits, de 100 graines et taux de remplissage des graines	41
Tableau VI: Caractéristiques chimiques de la biomasse foliaire de <i>Jatropha curcas</i>	43
Tableau VII : Composition granulométrique du sol sous culture de <i>Jatropha curcas</i>	53
Tableau VIII: Caractéristiques chimiques des sols sous culture de <i>Jatropha curcas</i> (2013).....	56
Tableau IX: Coefficients de corrélation entre les paramètres chimiques et physiques des sols	57
Tableau X: Variation des coefficients de minéralisation du carbone des sols [(C-Co ₂ /C)%]	59
Tableau XI: Variation de la biomasse microbienne des sols.....	60
Tableau XII: Variation de la biomasse en spores des champignons endomycorhiziens des sols sous culture de <i>Jatropha curcas</i>	61
Tableau XIII: Coefficients de corrélation entre les paramètres chimiques et biologiques du sol.....	61
Tableau XIV : Evolution de la hauteur des plants de sorgho	73
Tableau XV: Poids des panicules de sorgho en fonction du système de culture.....	75
Tableau XVI: Variation du nombre de grains par panicule et du poids de 1000 grains de sorgho en fonction du système de culture.....	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Quelques aspects morphologiques du <i>Jatropha curcas</i>	6
Figure 2 : Fruits et graines de <i>Jatropha curcas</i> L.	7
Figure 3: Zone d'enquête	17
Figure 4: Pluviosité des dix dernières années (2005-2014), site de Tin	19
Figure 5: Pluviosité des dix dernières années (2005-2014), site de Torokoro.....	20
Figure 6 : Répartition des superficies moyennes par producteur selon le site	27
Figure 7 : Raisons de l'engagement des producteurs dans la production de <i>Jatropha curcas</i>	28
Figure 8 : Proportion des producteurs en fonction du mode de plantation du <i>Jatropha curcas</i> dans les différents sites.	29
Figure 9 : Proportion des producteurs en fonction des systèmes de culture à base de <i>Jatropha curcas</i> dans la zone d'étude.....	30
Figure 10 : Proportion des différentes cultures associées au <i>Jatropha curcas</i>	31
Figures 11 : Résultats de l'enquête sur A) la fertilisation et B) le traitement phytosanitaire des champs de <i>Jatropha curcas</i>	32
Figure 12: Moyenne des rendements graines dans les plantations de 2 ans (A) et de 6 ans (B).	41
Figure 13: Quantités moyennes de litière produite par semaine sur les plantations de 2 ans (A) et de 6 ans (B).	42
Figure 14: Cumul C-CO ₂ dégagé pendant 21 jours d'incubation des sols	58
Figure 15: Evolution du nombre de feuilles par plant	74
Figure 16: Evolution des rendements grains en fonction des systèmes de culture.	77
Figure 17: Evolution des rendements paille en fonction des systèmes de culture.	79

RESUME

Au Burkina Faso, l'agriculture représente la base du développement social et économique du pays. A la faveur de la crise pétrolière des années 2000, le *Jatropha curcas* a suscité un regain d'intérêt de la part des acteurs pour la production de biocarburant et son utilisation pour atténuer les effets des changements climatiques. Malgré cet engouement certain, très peu de travaux ont été menés en vue de caractériser les systèmes de culture à base de *Jatropha curcas* et évaluer la contribution de la plante aux fonctions éco-systémiques. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail de thèse dont l'objectif global est de contribuer à une meilleure connaissance du système de culture à base de *Jatropha curcas* dans un contexte de péjoration climatique. De façon spécifique, il s'est agi de caractériser le système tel que pratiqué par les producteurs de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso, et d'étudier son impact sur les propriétés des sols. Pour ce faire, deux types d'activités ont été menés entre 2012 et 2014 dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso : (i) des enquêtes en milieu paysan auprès de 210 exploitations dans 14 villages en vue de caractériser les systèmes de culture à base de *Jatropha curcas*; (ii) la mise en place d'un dispositif d'évaluation dans des plantations en milieu paysan dans les villages de Torokoro et Tin en vue de collecter des informations sur l'impact de la plante sur les propriétés des sols et la productivité des cultures associées.

Les résultats des enquêtes indiquent que 80,4% des producteurs ont entre 4 et 7 années d'expérience dans la culture de *Jatropha curcas*. Pour 78,5% des producteurs, leur engagement dans la production de *Jatropha curcas* aurait été motivée par des sensibilisations de la part de structures promotrices de la culture (ONGs et projets). Les résultats montrent que les producteurs associent surtout le *Jatropha curcas* aux légumineuses, mais rarement aux cultures exigeantes comme le maïs ou le coton. Les rendements graines de *Jatropha curcas* des plantations sont très variables selon les sites, et se situent entre 300 et 700 kg/ha. Il apparaît que les sols sont plus riches en éléments nutritifs sous houppier de *Jatropha curcas*, avec une activité biologique plus intense conduisant à des rendements de sorgho plus élevés. La plante améliore la teneur du sol en carbone de 17 à 21% par rapport au champ sans *Jatropha*. L'association de *Jatropha curcas* aux céréales pourrait donc être envisagée pour lutter contre la dégradation des terres et contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire en zone sud-soudanienne.

Mots-clés: Biocarburant, changements climatiques, sols, système de culture, légumineuses, céréales.

ABSTRACT

In Burkina Faso, agriculture is the basis of social and economic development. Taking advantage of the oil crisis of the 2000s, *Jatropha curcas* has sparked renewed interest among actors for the production of biofuel and was used to mitigate the effects of climate changes. Despite this interest, little research has been undertaken to characterize the *Jatropha curcas* farming systems and to evaluate the contribution of this plant to eco-system functions. The current work aimed to fulfill the above gap; the overall objective is to contribute to a better understanding of *Jatropha curcas* farming system in a context of climatic deterioration. In a specific way, the study aims to characterize the *Jatropha curcas* system as practiced by farmers in Burkina Faso and to better understand its impact on soil properties. For this, two activities were conducted between 2012 and 2014 in the south sudanian region of Burkina Faso: (i) on-farm surveys of 210 farms in 14 villages to characterize *Jatropha curcas* farming systems (ii) the establishment of on-farm experimental designs in farmers field in two villages (Tin and Torokoro) in order to collect data on the impact of this plant on soil properties and intercropped crop productivity.

The results indicate that 80.4% of producers have between 4 and 7 years of experience in *Jatropha curcas* production. For 78.5% of the producers, their involvement in the production of *Jatropha curcas* was motivated by sensitisation from promoters (NGOs and projects). The results indicate that producers primarily associate *Jatropha curcas* with legume crops but not with high fertility demanding crops such as corn or cotton. *Jatropha curcas* seed yields vary between sites and farmers and ranged between 300 and 700 kg/ha. From the experimental design, it appears that soil is rich in nutrients under *Jatropha curcas* crown with an intense biological activity leading to higher yields of sorghum used as associated crop. The plant of *Jatropha curcas* increased soil carbon content from 17 to 21% compared to that of soil without *Jatropha curcas*. Intercropping *Jatropha curcas* with cereals could be used to fight against land degradation and to improve food security in south sudan zone of Burkina Faso.

Keywords: Biofuel, climate change, farming system, leguminous, cereals.

Introduction Générale

Le Burkina Faso est un pays sahélien enclavé qui se caractérise par une forte population agricole (86%) évoluant dans une agriculture de subsistance et dans des conditions environnementales peu favorables (faible maîtrise de l'eau, sols dégradés et peu fertiles) et une faible disponibilité des ressources énergétiques qui le contraint à une importation de tout son pétrole (Manfongoya *et al.*, 2006). Dans ces conditions, le pays est confronté à un problème d'autosuffisance alimentaire face à une population sans cesse croissante, et à des sorties massives de devises pour l'amélioration de l'accès des populations à l'énergie. La recherche de solution durable a conduit à l'identification du *Jatropha curcas* qui serait capable de lutter contre la dégradation des terres et de réhabiliter les terres peu fertiles (Sreedevi *et al.*, 2009; Achten *et al.*, 2010; Sori, 2011) et dont la graine broyée donnerait un biocarburant utilisable dans les moteurs diesels. Ainsi donc, le *Jatropha curcas* pourrait se substituer au pétrole (Aponte, 1978; Paramathma *et al.*, 2007 ; Blin *et al.*, 2008 ; Diédhiou *et al.*, 2012). Belem (2013) indique que les performances agronomiques de *Jatropha curcas* proviendraient en partie de sa capacité à mobiliser efficacement les microorganismes du sol dans les conditions difficiles. Pour d'autres auteurs, ces avantages agronomiques et énergétiques du *Jatropha curcas* permettraient de freiner les effets pervers des changements climatiques au sahel (Neff et Scheid, 2008, Ouédraogo, 2012 ; Gatete et Dabat, 2012). Toutes ces conséquences ont conduit à son introduction dans la région. Au Burkina Faso, comme dans la plupart des pays sahéliens, la production de *Jatropha curcas* s'est développée au cours des dix dernières années sous la houlette de plusieurs projets de développement et d'ONGs (Somé, 2009 ; Traoré, 2009), et occupe actuellement environ 70.000 à 150.000 ha au plan national (CIRAD-2IE, 2008). La zone sud-soudanienne du Burkina Faso fait partie des sites pionniers qui ont bénéficié de la promotion de cette culture, et on note plus de 10.000 ha emblavés par près de 200 groupements villageois (Bazongo, 2011). Jadis utilisée comme clôture pour protéger les sites maraîchers contre la pénétration des hommes et des animaux, la plante est devenue une source potentielle de revenus pour les producteurs pauvres (Blin *et al.*, 2008). Cependant, en dépit de cette ferveur pour le *Jatropha curcas*, très peu d'informations scientifiques existent sur les systèmes de production de la plante au Burkina Faso. De plus, la contribution de la plante aux fonctions éco-systémiques est très peu discutée, ce qui laisse des doutes quant à la durabilité des systèmes à base de *Jatropha curcas*.

La présente étude est une contribution à une meilleure connaissance des systèmes de production à base de *Jatropha curcas*, en vue d'assurer la durabilité des systèmes de

production dans le sahel. Dans le contexte d'une agriculture à faible performance pratiquée sur des sols à fertilité médiocre, l'introduction de la culture du *Jatropha curcas* et son impact sur les propriétés du sol sont au cœur des débats. A l'étape actuelle des connaissances, les questions de recherche suivantes restent sans réponses.

1. Quels sont les systèmes de production à base de *Jatropha curcas* dans les agrosystèmes de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso?
2. Quel est l'impact de la culture de *Jatropha curcas* sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols?
3. Quels sont les effets de la plantation de *Jatropha curcas* sur les cultures associées; ces effets sont-ils différents avec l'âge de la plantation?

Nos travaux de thèse ont été conduits en vue d'apporter notre contribution à ces questions.

De façon spécifique, nos activités visaient à :

1. caractériser le système de culture à base de *Jatropha curcas* dans les exploitations agricoles de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso;
2. évaluer l'impact de la plantation de *Jatropha curcas* sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols dans un contexte de changements climatiques;
3. évaluer les caractéristiques dendrométriques de la plante ainsi que les quantités de biomasse produite, en vue de son utilisation pour l'amélioration des propriétés des sols;
4. évaluer l'impact de la plantation de *Jatropha curcas* sur le sorgho qui lui est associée.

Trois hypothèses ont sous-tendu nos travaux de thèse :

- le système de culture du *Jatropha curcas* varie en fonction de la disponibilité en terre et des connaissances que le producteur a de la plante;
- la plantation de *Jatropha curcas* permet d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, et cette amélioration varie en fonction de l'âge de la plantation;
- la plantation de *Jatropha curcas* permet d'améliorer la productivité de la culture de sorgho associée.

Démarche générale de la thèse

Nos travaux ont été réalisés dans un contexte de changements climatiques et de dégradation de la fertilité des sols. Ils se sont intéressés à la zone sud-soudanienne du Burkina Faso jadis réputée pour ses conditions favorables de production, mais connaissant de plus en plus une

dégradation de ses ressources naturelles. Les travaux ont consisté dans un premier temps en une caractérisation des pratiques agricoles existantes de production de *Jatropha curcas*, afin de proposer des solutions techniques pour une intégration de la plante dans les systèmes de culture en vue d'une gestion durable des terres. Dans un second temps, un dispositif expérimental à base de *Jatropha curcas* a été installé en milieu paysan sur plusieurs sites, afin de collecter des données sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des terres sous et hors houppier de *Jatropha curcas*. Dans ce même dispositif, le sorgho a été associé à la plantation de *Jatropha curcas* pour évaluer sa productivité.

Structure générale de la thèse

Le document de thèse est organisé ainsi qu'il suit :

- une introduction générale qui situe le contexte et les objectifs du travail ;
- une première partie consacrée à une synthèse bibliographique sur le *Jatropha curcas* qui fait un état des lieux de sa culture au Burkina Faso et qui présente le cadre de l'étude ;
- une deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisés dans le cadre de ce travail, et les résultats obtenus qui sont ensuite discutés;
- une conclusion générale qui synthétise les principaux acquis, fait des recommandations et propose des perspectives.

**PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET CADRE
DE L'ETUDE**

CHAPITRE I : ECOLOGIE ET USAGES DE *JATROPHA CURCAS* L

I.1. Origine et diffusion de *Jatropha curcas*

Le *Jatropha curcas* serait originaire du Mexique ou des régions voisines d'Amérique centrale (Heller, 1996). La plante s'est répandue dans le monde entier il y a longtemps et est aujourd'hui connue dans toutes les régions tropicales et subtropicales. Le *Jatropha* aurait été introduit en Afrique depuis le 16^{ème} siècle par des commerçants portugais (Ouédraogo, 2000 ; Henning et Ramorafeno, 2005). L'espèce a été adoptée par les populations rurales comme haie et source de revenus dans certains pays d'Afrique (Ndiaye *et al.*, 2013 ; Gbemavo *et al.*, 2014). Son aire de distribution naturelle se situe principalement dans les zones arides et semi-arides (Makkar *et al.*, 1997), mais la plante se rencontre également dans les régions tropicales humides (Domergue et Pirot, 2008; Pirot et Hamel, 2012).

I.2. Botanique et écologie de *Jatropha curcas*

Le *Jatropha curcas* appartient à la tribu des *Jatrophaeae*, à la sous-famille des *Crotonoideae* et à la famille des *Euphorbiaceae* (Hammer et Heller, 1998, Assogbadjo *et al.*, 2009). Le genre *Jatropha* comprend environ 170 espèces (entre 160 et 177), dont la plupart se trouvent dans des régions tempérées chaudes et subtropicales, ainsi que dans les tropiques à saison sèche (Heller, 1996; Leye *et al.*, 2009). Le nom de *Jatropha* viendrait du Grec "iätros" qui signifie Docteur et "trophé" qui signifie aliment; ce nom implique des utilisations médicinales (Ouédraogo, 2000). L'Afrique compte environ 70 espèces indigènes dont les plus connues sont : *J. integerrima*, *J. cardiophylla*, *J. cathartica*, *J. cinerea*, *J. cuneata*, *J. podagrica* et *J. curcas*. L'espèce la plus cultivée de nos jours à travers le monde, est *J. curcas* (Alfons, 2008; Üllenberg, 2008). Cette espèce est connue sous diverses appellations : Pourghère ou Grande pignon d'Inde (en Français), Physic nut (en Anglais), Bagani (en Dioula), Wanb-n-bangma (en Mooré). Le *Jatropha curcas* est un arbuste ou petit arbre caducifolié, atteignant 5 à 8 m de haut (Van Der Vossen et Mkamilo, 2007; Domergue et Pirot, 2008). Les feuilles de *Jatropha curcas* sont alternées, simples, avec des stipules minuscules; un pétiole de 3 à 20 cm de long, glabre; un limbe à contour ovale, une base cordée, un apex aigu, des bords entiers, glabres de 5 à 7 nervures partant de la base (Figure 1). Le système racinaire comporte une racine centrale pivotante et des racines latérales (Achten *et al.*, 2008, Behera *et al.*, 2010).

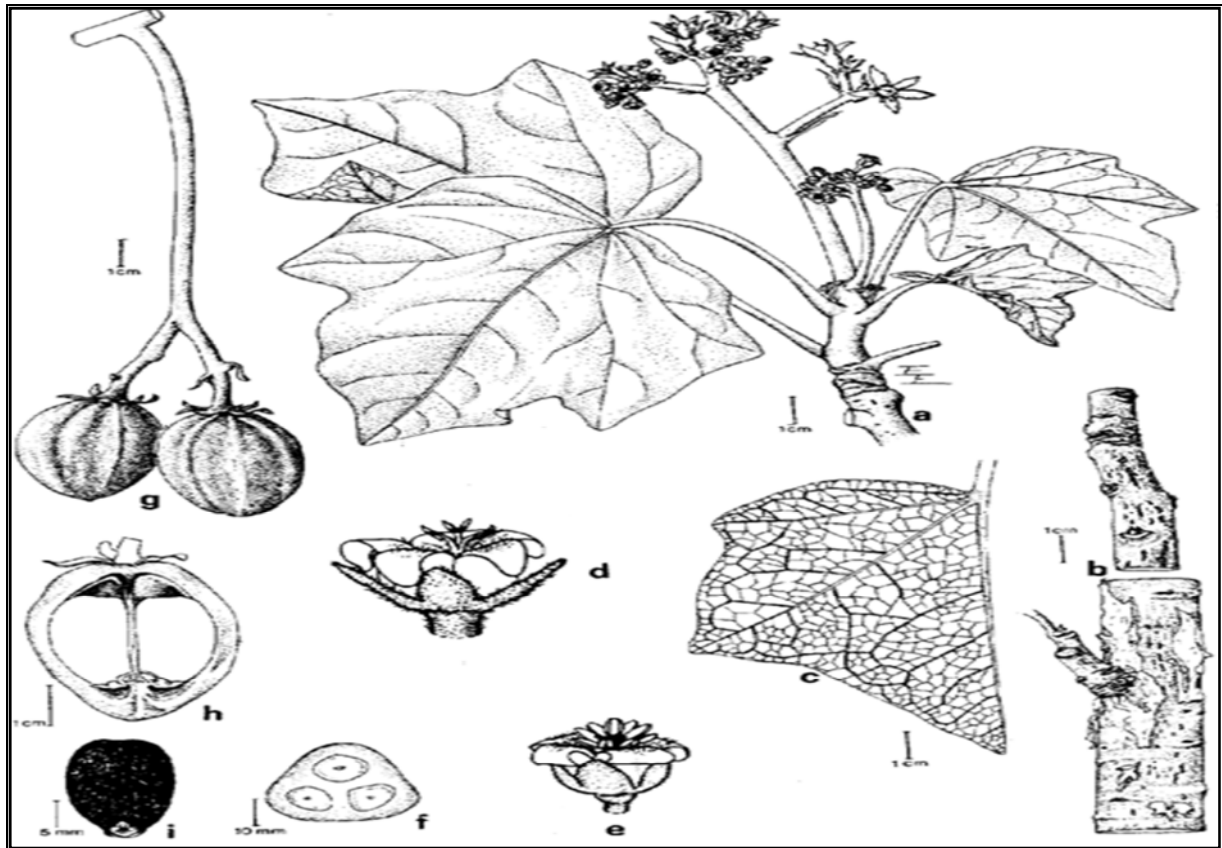


Figure 1 : Quelques aspects morphologiques du *Jatropha curcas*.

a - branche en floraison ; b - écorce ; c - nervation des feuilles ; d - pistil ; e - étamine ; f - coupe transversale d'un fruit ; g – fruits non mûrs ; h – coupe longitudinale d'un fruit ; i - fruits mûrs.

(Source) : Heller, (1996).

La croissance de *Jatropha curcas* est affectée par l'humidité du sol, la lumière et la température. Les branches de *Jatropha curcas* contiennent du latex et portent des feuilles longues de 10-15 cm, légèrement lobées (Legendre, 2008). Dans les zones humides, la plante garde ses feuilles vertes toute l'année. Par contre dans les zones et régions à saison alternée, les feuilles chutent pendant la saison sèche ou lorsque la pluviométrie est réduite (Hammer et Heller, 1998, Achten *et al.*, 2007, Legendre, 2008, Abugre *et al.*, 2011a., Ong *et al.*, 2011, Singh et Ghoshal, 2011). Cette chute des feuilles permet à la plante de réduire ses pertes en eau par transpiration, mais constitue aussi une source de matière organique pour le sol (Legendre, 2008). La plante est monoïque avec des fleurs unisexuées rarement hermaphrodites, de couleur violette et jaune (Dehgan et Wetster 1979; Barbier *et al.*, 2012). Dans l'inflorescence, les fleurs mâles s'ouvrent pendant 8 à 10 jours, alors que les femelles s'ouvrent seulement pour 2 à 4 jours (Piro et Hamel, 2012). La pollinisation est directe ou indirecte en fonction de l'environnement. Après la pollinisation, un fruit triloculaire ellipsoïdal se forme. L'exocarpe demeure charnu jusqu'à la maturité. Le fruit est vert lorsqu'il

se forme, puis il jaunit et devient noir ridé et rugueux (Münch *et al.*, 1986). Les graines sont de couleur noire, d'environ 1 à 2 cm de long et 1 cm d'épaisseur (Figure 2). Elles contiennent une protéine toxique, la curcine et des esters phorbéliques qui les rendent impropres à la consommation humaine et/ou animale (Alfons, 2008).

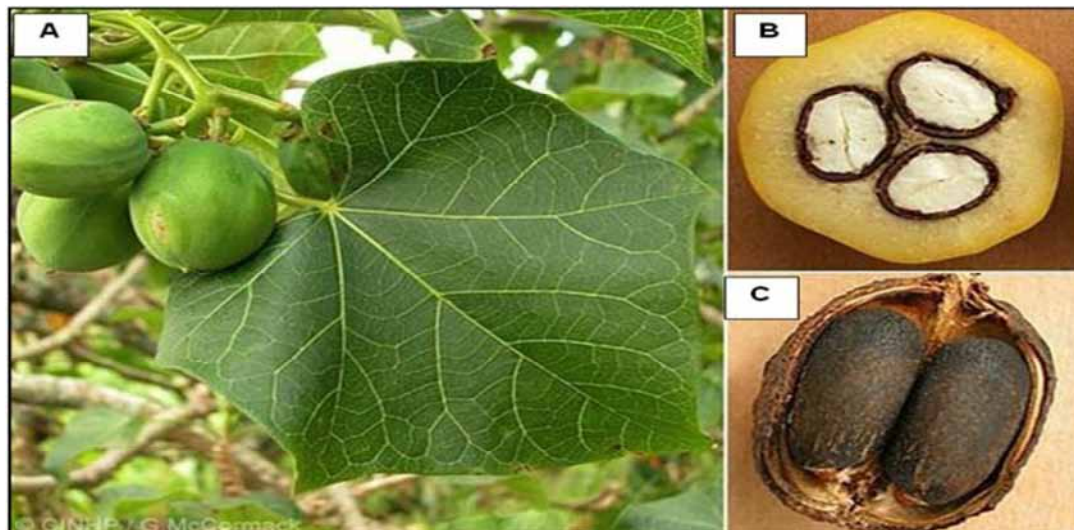


Figure 2 : Fruits et graines de *Jatropha curcas* L.

A : fruit ; B : coupe transversale du fruit ; C : graines.

Source : (AFDI, 2009)

I.3. Culture de *Jatropha*

Le *Jatropha curcas* pousse préférentiellement sous climat tropical ou sub-tropical. La plante est capable de résister à des périodes de sécheresse prolongée grâce à ses racines fortes et profondes, ainsi qu'à son tronc à caudex qui constitue un réservoir d'eau (Bongo, 1999 ; Pirot et Hamel, 2012 ; Francis *et al.*, 2005). Elle ne nécessite aucun entretien particulier, mais pour bien fructifier, la plante a besoin d'au moins 400 à 600 mm de précipitations annuelles (Ouédraogo, 2000 ; Legendre, 2008). Elle supporte mal une précipitation supérieure à 2000 mm. Le *Jatropha curcas* s'adapte aux sols marginaux traditionnellement impropres à l'agriculture et préfère les sols à pH compris entre 6 et 8 (Bongo, 1999 ; Alfons, 2008 ; Pirot et Hamel, 2012). Il n'est pas exigeant en fertilisation, mais des apports d'appoint sont nécessaires afin d'accroître les rendements. Des apports de N, P₂O₅ et K₂O dans le trou de plantation favorisent l'établissement précoce et la croissance rapide des nouvelles plantations (Prota, 2007). Domergue et Pirot (2008) recommandent pour une bonne productivité de *Jatropha curcas*, 30 kg/ha d'azote et 10 kg/ha de phosphore pour la première année de plantation, 45 kg N/ha et 20 kg P/ha pour les années suivantes. La fertilisation organique semble mieux adaptée pour la culture de *Jatropha* par rapport à l'engrais minéral

(Varadharajan *et al.*, 2008). La reproduction de *Jatropha curcas* est possible par bouturage, par repiquage de plants ou par semis direct (Eijck *et al.*, 2012), mais le bouturage serait la meilleure méthode pour implanter une haie de *Jatropha curcas* (Somé, 2009). Pour la reproduction par semis direct, le semis se fait par poquets de 3 graines, sur une profondeur de 3 à 4 cm dès la première pluie utile (Legendre, 2008). Dans de bonnes conditions, les graines germent en une dizaine de jours. On peut également les semer en lits ou en pots, et les repiquer au champ 4 à 6 mois plus tard. Les plants issus de semis en pépinière ont un taux de survie plus élevé que ceux obtenus par semis direct. Le *Jatropha curcas* est une espèce pérenne, et sa durée de vie serait de plus de 50 ans (Larochas, 1948). Pour l'entretien des plants adultes, deux (02) formes de tailles sont préconisées : la taille de formation ou d'entretien et la taille de fructification. La taille d'entretien est destinée à donner une forme à l'arbre afin de faciliter les opérations culturales et surtout de récolte. La taille de fructification est un processus qui favorise une ramification précoce, un des facteurs importants de rendement de la plantation (Legendre, 2008; Pirot et Hamel, 2012). Selon Domergue et Pirot (2008), la taille doit être faite pendant la période de repos végétatif, qui est la période pendant laquelle la plante perd ses feuilles. Le *Jatropha curcas* fructifie deux fois par an et la maturité des capsules est échelonnée sur deux périodes : de janvier à février et de juin à juillet (Bazongo, 2011). Le rendement graines de *Jatropha curcas* est très variable et se situe entre 200 et 5000 kg/ha selon les conditions climatiques et pédologiques (Domergue et Pirot 2008 ; Everson *et al.*, 2013). Le *Jatropha curcas* entre en production entre 2 et 3 années de plantation, et son rendement se stabiliserait à partir de la 7^{ème} année de plantation (Gokhale, 2008).

I.4. Utilisation de *Jatropha*

I.4.1. Usage médicinal

Le *Jatropha curcas* aurait de nombreuses vertus thérapeutiques (Touckia *et al.*, 2015). Sene (2009) rapporte que l'huile issue des graines de *Jatropha curcas* permet de fabriquer un savon aux propriétés antiseptiques en raison de la présence de la glycérine. Selon Domergue et Pirot (2008), les feuilles de *Jatropha curcas* en décoction permettent de lutter contre les dermatoses ou de calmer le rhumatisme, et les racines en décoction serviraient au traitement de la diarrhée. Plusieurs auteurs (Osoniyi et Onajobi, 2003 ; Shetty *et al.*, 2006) rapportent que le latex de *Jatropha curcas* aurait des effets coagulants et anti coagulants, et que la sève aurait un pouvoir cicatrisant. Luo (2007) a mis en évidence l'effet cytotoxique et anti-tumoral de la

curcine sur des cellules cancéreuses à des concentrations très faibles. L'effet anti-inflammatoire des feuilles et des racines de *J. curcas* a été prouvé par Mujumbar et Misar (2004).

I.4.2. Production de biocarburant

Les graines de *Jatropha curcas* contiennent 19% d'huile, 4,7% de polyphénol et 3,9% d'hydrocarbure (Augustus *et al.*, 2002). Cette huile est composée principalement d'acides gras insaturés (acide oléique et acide linoléique à environ 80%) et d'acides gras saturés (acide palmitique) (Martinez-Herrera *et al.*, 2006). Cette forte proportion d'acide gras insaturée rend l'huile instable et facilite son oxydation et son acidification (Dommergue et Pirot, 2008). L'huile non comestible issue des graines de *Jatropha curcas* est considérée comme une alternative au diesel (Openshaw, 2000) conforme aux standards internationaux (Daudet *et al.*, 2011). Les biodiésels sont de longues chaînes d'esters d'acides gras mono-alkil produit à partir des ressources biologiques renouvelables telles que les huiles végétales et les graisses animales (Yang *et al.*, 2014). Les biodiésels sont non dégradables, non toxiques et n'ont pas d'effet néfaste sur l'environnement comparés aux pétro-diésels et peuvent être utilisés dans des moteurs diesels (Silitonga *et al.*, 2011). Cette huile devient comparable au carburant diesel au-delà de 110°C (CCL, 2007). La trans-estérification permet de réduire la viscosité des huiles végétales permettant ainsi l'amélioration de sa qualité avec des proportions similaires ou meilleurs que le diesel (Lin *et al.*, 2011). Des expérimentations menées dans plusieurs pays ont démontré que les moteurs diesels (motopompes, groupes électrogènes) peuvent être alimentés à 100 % par l'huile de *Jatropha curcas* purifiée, sans problème de combustion (Henning, 2002 ; Alfons, 2008).

I.4.3. Intérêt écologique

L'utilisation de l'huile de *Jatropha curcas* pourrait contribuer à réduire le niveau d'émission des Gaz à Effet de Serre (GES) dégagés par les combustibles fossiles (Paramathma *et al.*, 2007). La coque séchée des graines est combustible et peut remplacer le bois de feu, ce qui constituerait une solution à la déforestation en milieu rural. Le *Jatropha curcas* peut permettre de reverdir les zones dénudées et de restaurer les sols, grâce à ses feuilles, au tourteau issus des graines, ou aux coques de ses fruits (Sanogo, 2014). Le *Jatropha curcas* peut aussi être planté le long des berges des rivières afin de les stabiliser et de limiter les inondations (Legendre, 2008).

I.4.4. Usage agricole

Le *Jatropha curcas* peut être utilisé comme haie vive, haie de clôture des fermes, des champs ou pour délimiter des propriétés mitoyennes ou indiquer des droits fonciers (Alfons, 2008). Par son système racinaire profond, le *Jatropha curcas* permet de lutter contre l'érosion des sols durant les fortes averses (Henning, 2002; Blind *et al.*, 2008; Domergue et Pirot, 2008). De même, l'une des forces qui justifie la résistance à la sécheresse de *Jatropha curcas*, est son système racinaire mixte, sa protection cuticulaire et la perte de son feuillage en saison sèche, qui limitent les pertes par transpiration (Ouédraogo, 2000 ; Patel *et al.*, 2010). Les feuilles mortes de *Jatropha curcas* enrichissent le sol en matière organique (Legendre, 2008) et améliorent ses propriétés chimiques (Diédhiou, 2009). Le tourteau obtenu après extraction de l'huile est un substrat organique de grande valeur agronomique (N =4,4% ; P=2,1% et K=1,7%) qui pourrait servir d'engrais organique après compostage (Latalpie, 2007 ; Laviola et Dias, 2008 ; Traoré *et al.*, 2012; Traoré *et al.*, 2015). Le *Jatropha curcas* diffuse une odeur qui persiste en fonction de son âge (Henning et Ramorafeno 2005). Cette odeur repousse les animaux en divagation, ce qui justifie son utilisation comme haies vives. Achten *et al.* (2008) décrivent les extraits d'huile des graines de *Jatropha curcas* comme ayant des propriétés molluscides, fongicides et nématocides. En effet, plusieurs auteurs ont confirmé les propriétés biocides de l'huile de *J. curcas* L qui sont des propriétés insecticides (Sosoloy, 2000 ; Adebowale et Adedire, 2006), larvicides et antifongiques (Ogbebor *et al.*, 2007).

I.4.5. Intérêts socio-économiques

Le *Jatropha curcas* contribue à l'émergence d'un véritable tissu économique local (Sene, 2009). En effet, sa culture permet de lutter contre la pauvreté en milieu rural à travers:

- la création de nouvelles activités génératrices de revenu supplémentaire surtout pour la population la plus vulnérable notamment les femmes et les jeunes ;
- la création de source de revenus pour les ménages à travers la production et la commercialisation de savons et la vente des graines de *Jatropha curcas*;
- sa contribution à l'indépendance énergétique du pays, en permettant de limiter la sortie de devises pour l'achat de carburant ;
- sa contribution à l'amélioration du rendement des cultures à travers l'amélioration de la fertilité des sols, et la lutte contre la dégradation des terres.

Le *Jatropha curcas* permet de protéger les cultures des dégâts des animaux et sert de moyens de délimitation des exploitations, contribuant ainsi à réduire ou prévenir les conflits sociaux entre agriculteurs d'une part, et entre agriculteurs et éleveurs d'autre part (Sanogo, 2014).

I.5. Contraintes liées à la culture de *Jatropha curcas*

Même s'il n'est pas apprécié, le *Jatropha curcas* fait l'objet de nombreuses attaques parasitaires (Sinkala et Johnson, 2012). Ainsi, dès la germination, les jeunes plants peuvent être attaqués par des myriapodes (mille-pattes), tandis que les criquets s'attaquent aux bourgeons réduisant la croissance des plantules (Psee, 2008). Les feuilles et les fleurs de *Jatropha curcas* sont endommagées par des champignons (*Oidium sp*, *Alternaria sp*) provoquant leur chute (Chauvet et Siemonsma, 2007). Les feux de brousses causent des dégâts importants dans les plantations de *Jatropha curcas*, avec un ralentissement de la croissance de la plante (Traoré, 2009).

I.6. Contraintes à l'utilisation domestique de *Jatropha curcas*

Le *Jatropha curcas* produit en situation de stress hydrique, de blessure ou de taille trop sévère, la curcine aussi appelée curcasine, une toxalbumine très active qui conduit au blocage complet de l'activité cellulaire puis à sa mort (Domergue et Pirot, 2008). Les graines de *Jatropha curcas* tout comme les tourteaux, sont très toxiques du fait de leur teneur en curcine, une protéine proche de la ricine (Legendre, 2008). La toxicité alimentaire des graines de *Jatropha curcas* a été signalée chez les animaux (Stirpe et Batelli, 2006, Marshall *et al.*, 1985).

CHAPITRE II : ETAT DES LIEUX DE LA CULTURE DE *JATROPHA CURCAS* AU BURKINA FASO

II.1. Historique de l'introduction de *Jatropha* au Burkina Faso

Au Burkina Faso, le *Jatropha curcas* aurait été introduit par les Français avant les indépendances, et la plante fait actuellement partie de la flore du pays (Zan, 1985). Sa production s'est développée au cours des 10 dernières années avec environ 100 000 hectares (Traoré, 2009; Sanou, 2010 ; Halensleben, 2011). D'abord utilisé comme haies vives dans les exploitations agricoles, le *Jatropha curcas* a connu un regain d'intérêt depuis la flambée des prix des hydrocarbures (Janin et Ouédraogo, 2009 ; Vinay et Vermeulen, 2013). La plante a été identifiée en 2004 par le Ministère en charge de l'environnement comme espèce propice à la récupération des terres dégradées, et fait l'objet d'une vaste campagne de sensibilisation pour sa promotion (MMCE, 2012). Au regard de ses potentialités au plan environnemental et agronomique, le *Jatropha curcas* a été intégré dans plusieurs programmes nationaux et sous régionaux de lutte contre la désertification dans le Sahel et dans des campagnes de reboisement ou de délimitation des pistes pastorales (Blin *et al.*, 2008 ; Bazongo, 2011). En plus, des investisseurs comme Agro-Energie Développement et Deutsche Biodiesel, se sont intéressés à la production d'agro-carburant à partir de la plante en collaboration avec des acteurs nationaux. L'engagement du Gouvernement dans ce sens s'est manifesté par la signature en novembre 2007, d'un accord-cadre avec la société française Agro-Energie Développement pour la réalisation de 200 000 ha de *Jatropha curcas* et l'encadrement de 500 producteurs avec à terme, l'installation par la firme d'unités de transformation de la graine de *Jatropha curcas* (Masse, 2008). L'énergie produite devrait servir au fonctionnement de plateformes multifonctionnelles offrant divers services énergétiques (Bandé, 2005). Au regard de l'engouement suscité, le gouvernement burkinabé a élaboré en 2009, un document cadre de politique de développement des agro-carburants (Sawadogo *et al.*, 2013). En vue de mieux rentabiliser la plante, les producteurs se sont regroupés en union de production de *Jatropha curcas* au sein de l'Union Nationale pour la Promotion de la Filière *Jatropha curcas* (U.NA.PRO.FIJA).

II.2. Promotion de *Jatropha curcas* dans la zone ouest

II.2.1. Projet Genèse

Les activités du projet ont véritablement commencé en 2008, et couvrent actuellement les villages de Matourkou, Darsalamy, Farako-Bâ, Mê et Bama dans la province du Houet, et Loumana dans la province de la Comoé. Le nombre de producteurs impliqués dans la production de *Jatropha curcas* était de 5300 en 2008 avec une superficie de 5900 ha soit en moyenne 1,1 ha par producteur. L'objectif de Genèse était d'une part, la production d'amendes pour la fabrication de biocarburant et d'autre part, la lutte contre le phénomène de déforestation en limitant l'utilisation du bois comme source d'énergie par les ménages (Traoré, 2009). Le mode de plantation conseillé par Genèse est le mode pépinière-transplantation, car cette technique est moins exigeante en termes d'investissements. Ce projet propose pour les pépinières, des planches de 10 m² de dimensions, soit 10 m de long sur 1 m de large avec 40 cm de profondeur. Le substrat des planches est constitué d'un mélange de 20 brouettes de terreau, 10 brouettes de sable et 10 brouettes de résidus de glume de mil ou de sorgho. Pour ce qui est du système de plantation, Genèse recommande des écartements de 5 m entre les lignes et de 2 m entre les plants. Le projet aurait signé un protocole d'accord avec les producteurs pour l'achat des graines après la récolte au prix bord champ de 50 FCFA (0,076 Euros)/kg (Bazongo, 2011). Le projet Genèse recommande la culture de *Jatropha curcas* sur les sols dégradés afin de les revaloriser et d'éviter la compétition avec les cultures vivrières.

II.2.2. Association pour la Promotion de la culture de *Jatropha curcas* et des Energies Renouvelables (APROJER)

L'APROJER est un projet de la Manufacture burkinabé de cigarette (MABUCIG). Le projet qui a pour objectif la production de biocarburant, a été mis en place depuis 2004 et couvre les localités suivantes : Orodara dans la région des Hauts-Bassins et Mangodara dans la région des Cascades. Les activités se sont ensuite étendues aux régions de la Boucle du Mouhoun et de l'Est. L'APROJER possède actuellement plus de 5000 ha de champs dans les quatre (04) régions couvertes par le projet. A ce jour, les plantations les plus âgées de la zone sud-soudanienne sont à l'actif de l'APROJER. L'écartement de 4 m x 1 m jadis proposé a été abandonné 3 années plus tard en raison de haies trop denses empêchant les opérations culturales, au profit de l'écartement 5 m x 2 m. Le mode de plantation est également le mode pépinière-transplantation. APROJER a aussi signé un protocole d'accord avec les producteurs

pour l'achat des graines après la récolte, au prix d'achat de 200 FCFA/kg. Ces graines sont utilisées comme semences et redistribuées à d'autres producteurs.

II.2.3. Agriculture et Technologie du Faso (AGRITECH FASO)

Ce projet a pour objectif la création de plantations de *Jatropha curcas* à grande échelle pour la production de biocarburant et pour lutter contre la déforestation. Ce projet est dirigé par des partenaires australiens, philippins, américains et chinois. Les activités sont pour le moment, concentrées dans la commune rurale de Boni (province du Tuy) où se trouve le projet pilote. AGRITECH FASO est fortement soutenu par les autorités politiques du pays qui voient en *Jatropha curcas* une source de diversification des revenus des producteurs et un moyen de lutte contre la désertification. Le prix d'achat des graines proposé est de 70 F CFA/kg (Bazongo, 2011).

II.2.4. Projet de promotion de la culture de *Jatropha curcas* pour la production d'huile et de biodiesel (Belwet)

Le projet Belwet est une initiative du Larlé Naaba, un chef traditionnel mossi. Il se compose de plusieurs structures juridiques à savoir :

- L'association Belwet qui mène des actions dans le sens du développement communautaire (santé, éducation, microcrédit);
- La société Belwet plantation, qui assure le suivi des plantations, l'encadrement de la production paysanne et l'achat des graines auprès des producteurs à travers 10 comptoirs d'achat et 3 centres de collecte ;
- La société Belwet biocarburant, exclusivement basée sur la valorisation de *Jatropha curcas* en huile et biodiesel ;
- La société Belwet industrie qui utilise l'huile de *Jatropha curcas* et d'autres graines oléagineuses (Balanites, Neem, etc.) pour la production de savon, d'aliment bétail, d'huiles alimentaires et cosmétiques ;
- La société Tigragro, pour la production de semences et la vente de tourteaux de *Jatropha curcas*.

Le projet Belwet a été lancé en 2007 (Vinay et Vermeulen, 2013). La société Belwet biocarburant dispose d'une presse d'une capacité de 4200 litres d'huile par jour et de matériel d'estérification d'une capacité de 1440 litres de biodiesel par jour.

La principale zone d'approvisionnement de Belwet se situe dans la zone du Plateau central (régions du Plateau central, du Centre, du Centre-Sud et du Centre-Ouest).

La superficie des plantations de *Jatropha curcas* ravitaillant le projet Belwet est estimée à 72 418 ha dont 203 ha appartiennent au promoteur. L'achat des graines est organisé autour de 10 comptoirs d'achat et de 3 centres de collecte. Belwet mobilise 85 collecteurs qui sont rémunérés par une marge sur la valeur de la production. Le prix d'achat des graines de *Jatropha curcas* est fixé à 70 F/kg bord-champ et 100 F/kg carreau-usine (Vinay et Vermeulen, 2013). Les quantités de graines collectées sont passées de 32 tonnes en 2010 à 114 tonnes en 2012, et la production d'huile de *Jatropha curcas* est passée de 19 629 litres à 23 360 litres pendant la même période (Vinay et Vermeulen, 2013).

II.2.5. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A)

Dans le cadre de la gestion intégrée de la fertilité des sols, des haies de *Jatropha curcas* ont été mises en place par l'INERA dans plusieurs terroirs de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso à partir de 1998. Le *Jatropha curcas* a été planté sur les courbes de niveau des bassins versants dégradés en remplacement des espèces appréciées (Traoré, 2009). Le choix de *Jatropha curcas* a été basé sur sa capacité à résister aux facteurs biotiques (notamment les animaux) et abiotiques (sécheresse, et feux de brousse). Les plantations constituent aujourd'hui une source de semences pour la plupart des promoteurs, qui récoltent les graines et les fournissent aux futurs planteurs de *Jatropha curcas*.

CHAPITRE III : SITES D'ETUDE

III.1. Sites d'enquête d'opinion des producteurs de *Jatropha curcas*

L'enquête d'opinion auprès des producteurs a été conduite en milieu paysan dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso entre juin 2013 et mars 2014. Elle a couvert 14 villages localisés dans 04 provinces et 2 régions administratives (Tableau I et Figure 3). Les sites d'enquête ont été choisis suivant un transect sud-ouest en prenant en compte l'expérience des producteurs dans la culture de *Jatropha curcas*. Le Tableau I synthétise la liste des villages choisis pour les enquêtes d'opinions.

Tableau I : Liste des villages choisis dans le cadre des enquêtes d'opinions sur le *Jatropha curcas*

Région administrative	Province	Nom du village	Structure promotrice de <i>Jatropha curcas</i>
Cascades	Comoé	Torokoro	APROJER
		Madiasso	APROJER
		Koflandé	APROJER
Hauts Bassins	KénéDougou	Tin	APROJER
		Lidara	APROJER
	Tuy	Béréba	APROJER
		Boni	AGRITECH
		GombèlèDougou	INERA
	Houet	Souroukoudougou	GENESE
		Farako-Ba	GENESE
		Bama	GENESE
		Matourkou	GENESE
		Darsalami	GENESE
Mê		GENESE	

GENESE= Société Genèse SARL ; APROJER= Association pour la Promotion du *Jatropha curcas* et des Energies Renouvelables ; INERA= Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles ; AGRITECH= Agriculture et Technologie du Faso.

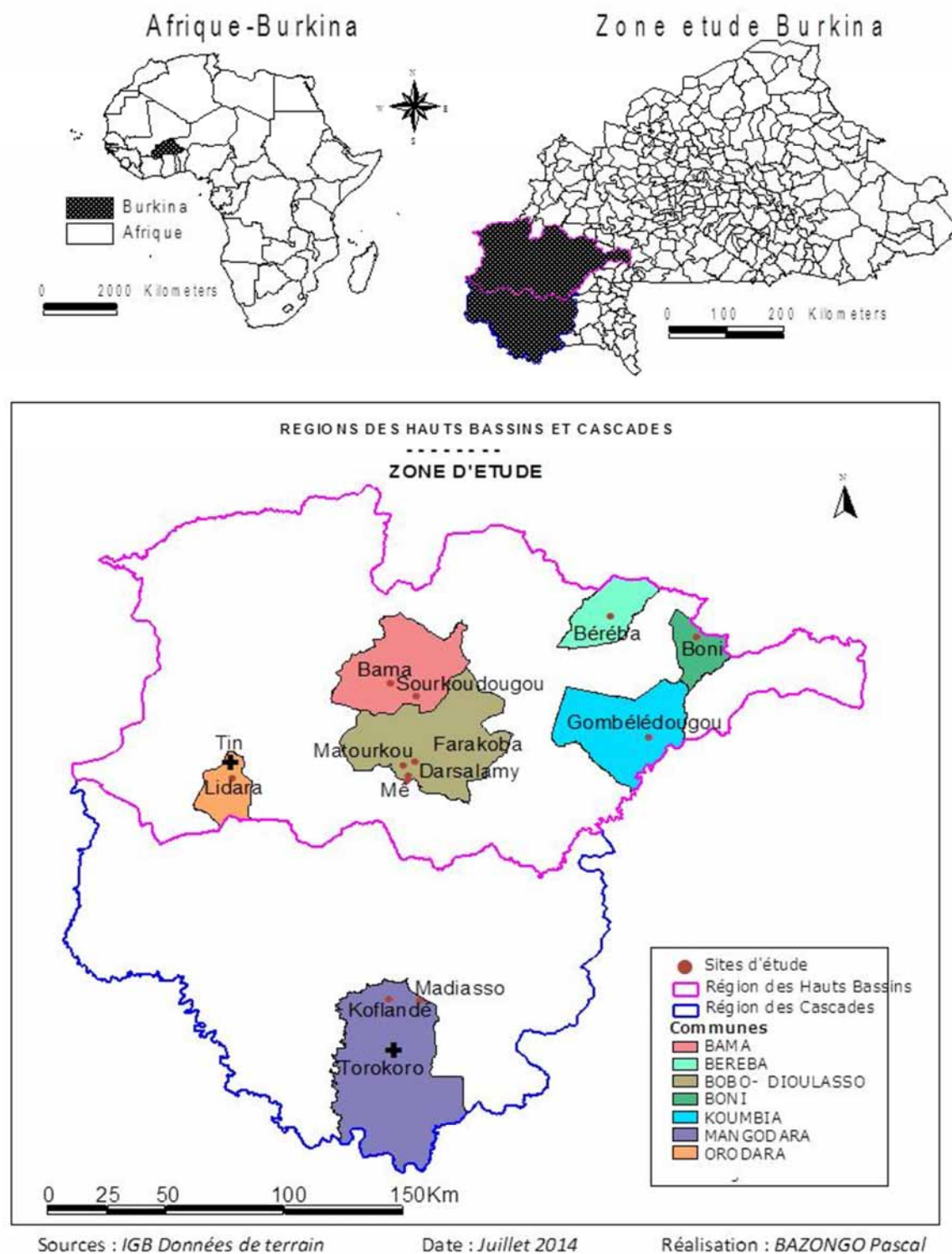


Figure 3: Zone d'enquête

III.2. Sites d'évaluation de l'impact de *Jatropha curcas* sur les propriétés des sols

Les évaluations ont été conduites sur deux terroirs (Tin et Torokoro) de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Le choix de ces terroirs tient au fait qu'ils ont bénéficié des

actions antérieures de vulgarisation par des promoteurs de *Jatropha curcas* (APROJER et Genèse). Les parcelles de *Jatropha* ont été retenues en fonction de l'âge de la plantation. Deux (02) tranches d'âges de plantations ont été retenues : les plantations de deux (02) ans et celles de six (06) ans. Selon des études antérieures (Gokhale, 2008), ces âges correspondent approximativement au début de la production et à la phase de pleine production.

III.2.1. Le terroir de Tin

Le terroir de Tin est situé à environ 15 km au nord de Orodara, chef lieu de la province du Kénédougou, entre 11°08' de latitude Nord, 04° 97' de longitude Ouest et 459 m d'altitude. Les principaux groupes ethniques qui partagent le terroir sont les Siamou, les Sénoufo, les Samogo, les Mossi, les Peulh, les Bobo et les Dioula (Bazongo, 2011).

✓ Climat et végétation

Le climat du site est du type sud-soudanien avec une pluviosité annuelle qui oscille entre 900 et 1200 mm (Figure 4). La zone est caractérisée par une saison sèche qui va de novembre à mai et une saison pluvieuse qui s'étale de mi-mai à mi-octobre.

La végétation est composée de formations mixtes forestières et graminéennes comprenant des savanes et des forêts claires (Guinko, 1984; Fontès et Guinko, 1995). Les espèces couramment rencontrées sont : *Andropogon pseudapricus* Stapf. et *Loudetia simplex* (Pilger) C.E. Hubbard pour les herbacées annuelles les plus dominantes. Les herbacées pérennes sont représentées par *Andropogon gayanus* Kunth et *Andropogon ascinodis* C.B.Cl. La végétation ligneuse est représentée par les Combretaceae, les Mimosaceae et les Cesalpiniaceae. Les espèces dominantes sont *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr., *Acacia macrostachya* Reichenb. Ex Benth., *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. et *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn (MECV, 2006).

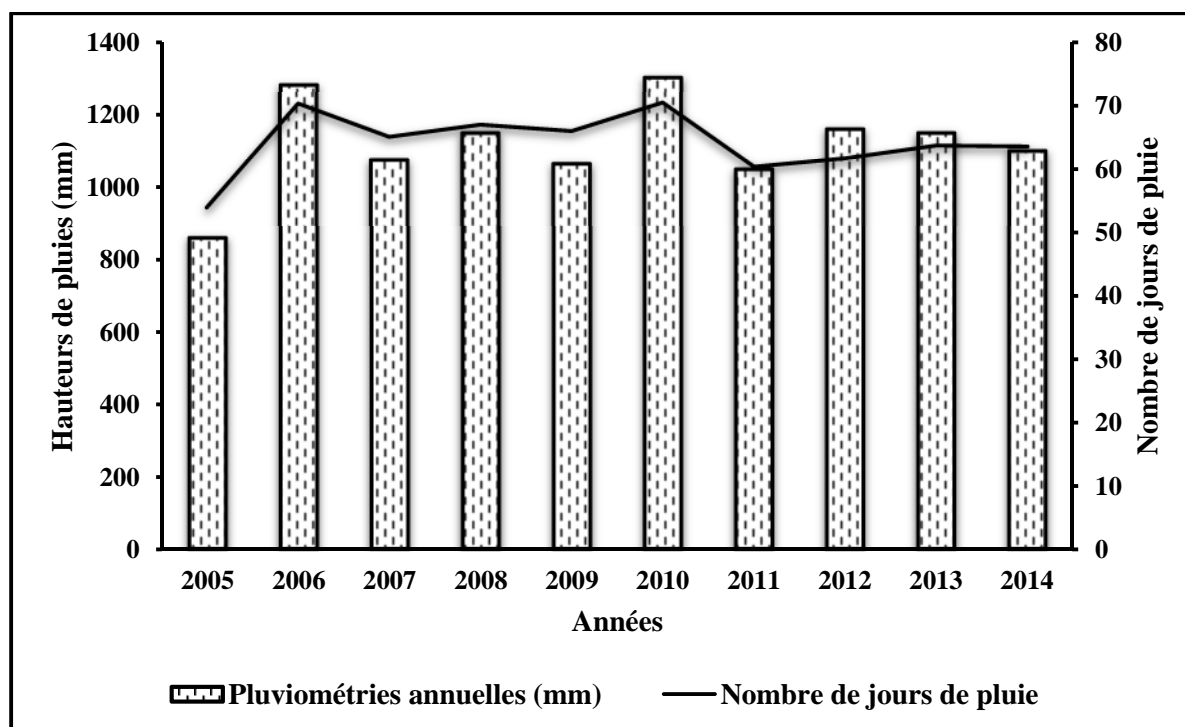


Figure 4: Pluviosité des dix dernières années (2005-2014), site de Tin

(Source: Direction Régionale de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire (DRARHASA) Hauts-Bassins, 2014)

✓ Sols

Les principaux types de sols rencontrés dans ce site sont les sols ferralitiques faiblement désaturés, remaniés caractérisés par la présence de quartz, d'argile kaolinitique et de fer (CPCS, 1967 et FAO, 1998). Sur les matériaux sableux et argilo sableux on rencontre des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés (BUNASOLS, 2002). Les sols hydromorphes minéraux à pseudogley sont rencontrés sur des matériaux à texture variée. Les sols peu évolués d'érosion sont observés sur matériau gravillonnaire (BUNASOLS, 1985). Le site abrite des lithosols sur diverses roches et cuirasses, caractérisés par la très faible épaisseur (FAO, 1998). Ce sont des sols acides, perméables, à potentialité chimique faible (BUNASOLS, 1987).

III.2.2. Le terroir de Torokoro

Le terroir de Torokoro est situé à 14 km de Mangodara et à 84 km de Banfora, chef lieu de la province de la Comoé, entre 4°20' - 4°30' de longitude Ouest et 9°59' - 10°05' de latitude Nord et 297 m d'altitude (Youl, 2009). Les ethnies qui occupent le terroir sont : les Doghossé

(autochtones) et les peuples migrants composés de Mossi (majoritaires), Lobi, Dagara, Gouin, Turka, Karaboro, Peulh, Samo, Bobo, Dafing (Bazongo, 2011).

✓ Climat et végétation

Le climat du site est du type sud-soudanien avec des températures annuelles moyennes se situant entre 27 et 28 °C (Guinko, 1984). La zone reçoit une pluviosité annuelle allant de 900 à 1200 mm, avec une saison pluvieuse qui dure de 5 à 6 mois (Figure 5). Le couvert végétal est une formation mixte ligneuse et herbeuse comprenant des savanes et des forêts claires (Djarra, 1998; Yé, 2002 ; Botoni *et al.*, 2003, N'Dali, 2004). Le type de végétation rencontré est la savane boisée et arborée (Palé, 2004). Les essences végétales fréquemment rencontrées sont *Acacia* spp. *Ziziphus mauritiana*, *Bombax costatum*, *Cassia sieberiana*, *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. On rencontre aussi des savanes arbustives où dominent les combrétacées et des césalpinacées dont *Piliostigma reticulatum* et *Piliostigma thonningii*. Les graminées pérennes sont représentées par *Andropogon gayanus* Kunth et *Andropogon ascinodis* C.B.Cl. Les espèces couramment rencontrées dans les forêts sont *Burkea africana*, *Isoberlinia dalzielii*, *Detarium microcarpum*. Une des caractéristiques de cette localité est la présence de galeries forestières le long des rivières et dans les ravins à humidité permanente. Dans ces formations hygrophiles denses, les espèces les plus fréquentes sont *Berlinia grandiflora*, *Ficus platyphylla*, *Syzygium guineense*, *Cola cordifolia*.

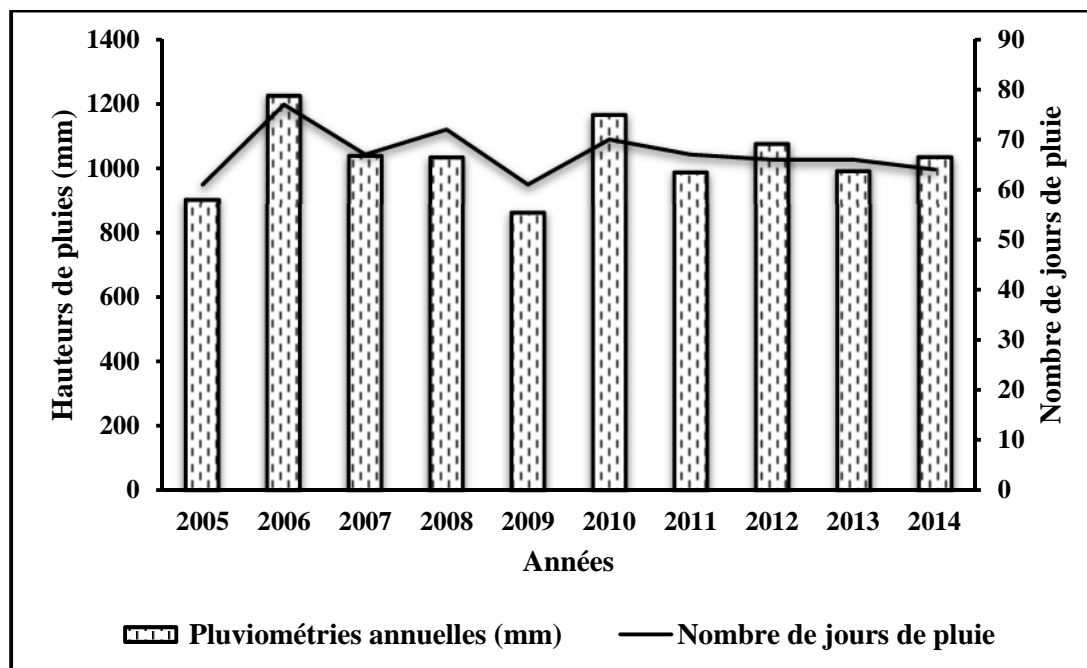


Figure 5: Pluviosité des dix dernières années (2005-2014), site de Torokoro
(Source: DRARHASA Cascades, 2014)

✓ Sols

La zone est couverte par cinq (5) unités géomorphologiques : les buttes cuirassées, les glacis de raccordement, les ensembles fluviaux alluviaux, les bas-fonds, vallons et levées alluviales (BUNASOLS, 1989). Les sols sont surtout de type ferrugineux tropical lessivé sur les versants. Quelques sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble sont observés dans les interfluves, tandis que les hauts de pente de glacis sont occupés par des lithosols (Rieffel et Moreau, 1968; Rieffel et Moreau, 1969; Boulet, 1976; Youl, 2009). Le site abrite aussi des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions (BUNASOLS, 1989).

**DEUXIEME PARTIE: ETUDE DES EFFETS DE *JATROPHA CURCAS*
SUR LES PROPRIETES DES SOLS ET LES RENDEMENTS DU
SORGHO**

CHAPITRE IV: CARACTERISATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION DE *JATROPHA CURCAS* DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES DE LA ZONE SUD-SOUDANIENNE DU BURKINA FASO¹

IV.1. Introduction

Le *Jatropha curcas* jadis utilisé comme haie vive pour lutter contre la divagation des animaux et délimiter les espaces agricoles, est considéré aujourd'hui comme une piste sérieuse pour l'atténuation des émissions de Gaz à Effet de Serre et l'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques (Ouédraogo, 2000 ; Neff et Scheid, 2008; Endelevu *et al.*, 2009 ; Datinon *et al.*, 2013). Le *Jatropha curcas* est considéré par plusieurs auteurs (Neff et Scheid, 2008 ; Assogbadjo *et al.*, 2009 ; Traoré *et al.*, 2012) comme une plante bénéfique. En effet, le fait que la plante se développe sans beaucoup d'exigence et pousse bien dans les pays tropicaux, arides, semi-arides et humides, lui enlève tout risque de compétition avec les autres cultures. Le *Jatropha curcas* est perçu comme une espèce pouvant permettre de verdir et de restaurer les sols grâce à ses feuilles et aux graines perdues (Blin *et al.*, 2009). Sa culture permet ainsi de protéger les sols contre l'érosion, de retenir l'eau, et n'exige aucun entretien (Vinay et Vermeulen, 2013). L'impact positif de la plante sur les cultures qui lui sont associées est également rapporté par plusieurs auteurs. En effet, Tapsoba (2011) rapporte une augmentation de rendement en maïs grain de 89,2% dans une association de culture *Jatropha curcas*-maïs. Cependant, plusieurs auteurs considèrent la plante comme envahissante et toxique (Low et Booth, 2007 ; Legendre, 2008, Endelevu *et al.*, 2009). Neff et Scheid (2008) indiquent que son introduction entre en concurrence avec les productions agroalimentaires. Selon Alfons (2008), la plante est considérée comme un véritable poison pour l'homme et les sols. Au Burkina Faso, l'introduction du *Jatropha curcas* est récente et sa production s'est beaucoup développée au cours des 10 dernières années (CIRAD-2IE, 2008; Traoré, 2009). Les initiatives de promotion de la plante au Burkina Faso ont été surtout l'œuvre d'acteurs privés et d'organisations de producteurs (Bazongo, 2011).

¹ Les résultats présentés dans ce chapitre ont fait l'objet d'un article publié : **Pascal BAZONGO**, Karim TRAORE, Ouola TRAORE, Ablassé BILGO, Barthelemy YELEMOU, B Kadidia SANON, Victor HIEN, Bismarck H NACRO, 2015. Caractérisation des systèmes de production de *Jatropha* dans les exploitations agricoles de la zone Ouest du Burkina Faso. Pages 2432-2445. Int. J. Biol. Chem. Sci., Octobre 2015, Volume 9, Number 5. (Annexe 2)

Malgré le regain d'intérêt pour cette culture, très peu d'informations existent sur les systèmes de production à base de *Jatropha curcas* en zone (semi-aride) sub-saharienne. En plus, les itinéraires techniques adoptés par les producteurs sont méconnus, ce qui laisse des doutes quant à la durabilité des systèmes de production. L'objectif global de ce chapitre est de contribuer à une meilleure connaissance des systèmes de production à base de *Jatropha curcas* au Burkina, en vue d'assurer la durabilité des systèmes de production au niveau du sahel dans un contexte de dégradation climatique.

IV.2. Matériel et Méthodes

La perception des producteurs vis-à-vis de *Jatropha curcas* a été recueillie à travers des enquêtes d'opinion conduites en milieu paysan dans 14 sites répartis dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso, entre juin 2013 et mars 2014. Ces sites sont présentés au paragraphe III.1. et sur la Figure 3 (page 16 à 17). Pour cette étude, les deux sexes étaient concernés, mais très peu de femmes sont productrices du *Jatropha curcas*. Un échantillon de 15 producteurs a été retenu par site, soit au total 210 producteurs dont sept (07) femmes pour les 14 sites. L'âge moyen des producteurs était 43 ans. La base de données ayant servi à la sélection des exploitations a été obtenue avec les promoteurs de la culture dans la zone à savoir APROJER et Genèse. La sélection des producteurs à enquêter a été faite en collaboration avec les groupements de producteurs et les promoteurs de *Jatropha curcas*. Ce choix a tenu compte de trois (03) critères : (i) le mode de plantation, (ii) l'âge de la plantation, et (iii) la nature de la culture associée au *Jatropha curcas*. Le Tableau II donne les caractéristiques des plantations des producteurs enquêtés. Un questionnaire semi-structuré a été administré aux exploitations sélectionnées. Le questionnaire (Annexe 1) a été préalablement testé auprès de 5 producteurs du village de Matourkou avant son administration à l'ensemble de l'échantillon. Les principaux aspects abordés dans ce questionnaire ont porté sur les connaissances de l'exploitant sur la production du *Jatropha curcas*, l'acquisition des variétés, le mode de plantation, le système de culture, la fertilisation, le traitement phytosanitaire, les rendements et l'utilisation qui est faite de la production après la récolte. L'enquête a été faite en deux étapes : un entretien avec l'ensemble des membres de l'exploitation sous la direction du chef d'exploitation et une visite de terrain sur la parcelle de *Jatropha curcas*.

Tableau II : Caractéristiques des plantations des producteurs enquêtés (juin 2013 à mars 2014)

Région administrative	Province	Site (Nom du village)	Âge des plantations	Structure promotrice
Cascades	Comoé	Torokoro	2 - 8 ans	APROJER
		Madiasso	6 - 8 ans	APROJER
		Koflandé	6 - 8 ans	APROJER
Hauts-Bassins	Kénédougou	Tin	3 - 8 ans	APROJER
		Lidara	3 - 8 ans	APROJER
	Tuy	Béréba	3 - 7 ans	APROJER
		Boni	2 - 8 ans	AGRITECH
		Gombèlèdougou	4 - 8 ans	INERA
	Houet	Souroukoudougou	2 - 8 ans	GENESE
		Farako-Ba	2 - 8 ans	GENESE
		Bama	2 - 8 ans	GENESE
		Matourkou	3 - 8 ans	GENESE
		Darsalami	5 - 8 ans	GENESE
		Mê	5 - 8 ans	GENESE

IV.3. Analyses des données

Les données collectées ont été dépouillées, puis saisies dans le logiciel Excel. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 12 Fr et du logiciel XLSTAT version 2007. Les moyennes des traitements ont été séparées par le test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%.

IV.4. Résultats

IV.4.1. Expérience des producteurs dans la production de *Jatropha curcas*

Le Tableau III montre que l'expérience des producteurs dans la culture du *Jatropha curcas* varie entre 2 et 15 ans. Les producteurs les plus anciens sont ceux du village de Gombèlèdougou (environ 15 ans), un ancien site d'expérimentation de l'INERA. La plupart des producteurs (80,4%) déclare avoir 4 à 7 ans d'expérience dans la production de *Jatropha curcas*, et 14,2% ont plus de 7 ans d'expérience. Seulement 5,4% des producteurs ont moins de 4 ans d'expérience dans la culture du *Jatropha curcas*.

Tableau III : Répartition des producteurs en fonction du nombre d'années d'expérience dans la culture de *Jatropha curcas* (Enquête d'opinion 2013).

Site (Village)	Années d'expérience dans la culture de <i>Jatropha curcas</i>		
	Moins de 4 ans	4 à 7 ans	Plus de 7 ans
	Proportion de producteurs enquêtés (%)		
Souroukoudougou	6,7	80	13,3
Farako-Bâ	13,3	80	6,7
Bama	6,7	86,7	6,7
Matourkou	6,7	86,7	6,7
Darsalamy	0	93	7
Mê	0	93	7
Gombèlèdougou	0	40	60
Boni	6,7	86,7	6,7
Béréba	7	93	0
Torokoro	14	66	20
Madiasso	0	73	27
Koflandé	0	80	20
Tin	6,7	80	13,3
Lidara	6,7	86	6,7

IV.4.2. Superficies moyennes des plantations de *Jatropha curcas* par producteur et par site

Les résultats indiquent que les superficies moyennes des plantations de *Jatropha curcas* selon les sites, se situent entre 0,5 et 2 ha (Figure 6). Toutefois, les superficies des plantations des villages de Tin et de Torokoro sont deux fois plus élevées que celles des autres villages enquêtés. La majorité des producteurs (80%) indique posséder des plantations en pleine production, et que la quantité de graines récoltée serait autour de 300 à 700 kg/ha. Les producteurs les plus anciens dans cette activité ont constaté une stabilisation de la productivité à partir de la 7^{ème} année après la mise en place de la plantation.

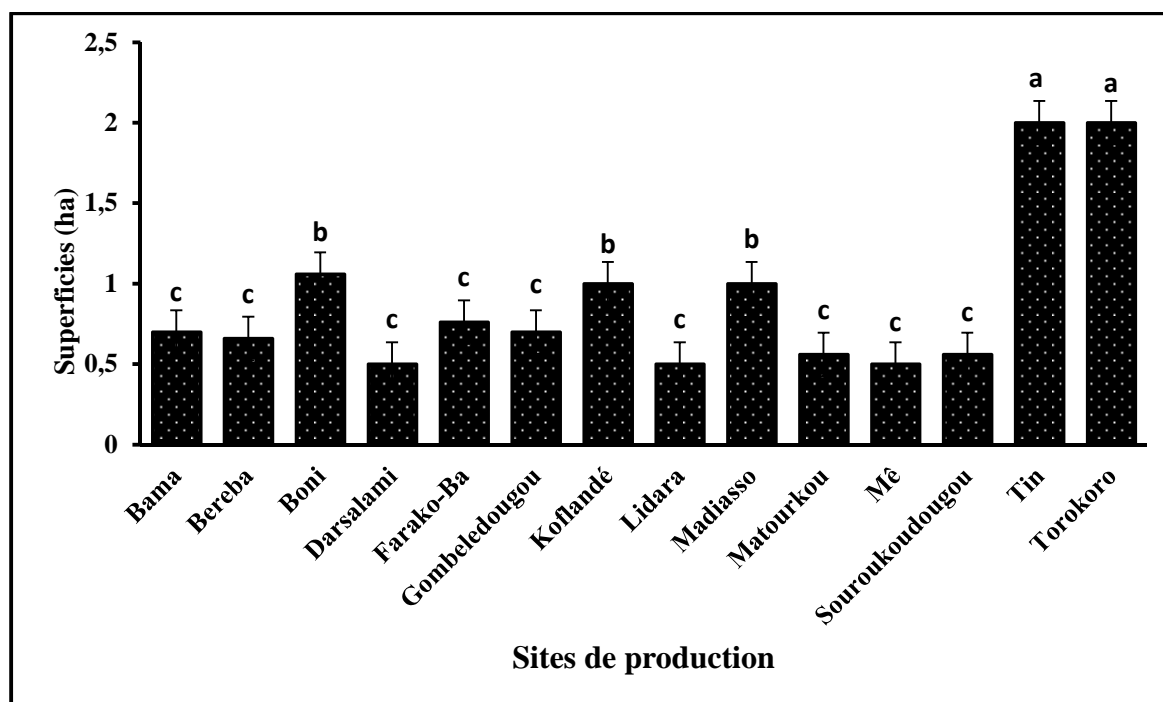


Figure 6 : Répartition des superficies moyennes par producteur selon le site

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité (test de Newman-Keuls).

IV.4.3. Raisons de l'engagement des producteurs dans la production de *Jatropha curcas*

Les déterminants de l'engagement des producteurs dans la production de *Jatropha curcas* sont présentés dans la Figure 7. La plupart des producteurs (78,5% des enquêtés) indique s'être engagée dans cette culture suite aux actions de sensibilisation et de formation menées par les structures promotrices de la culture. Certains producteurs indiquent s'être engagés dans la production de *Jatropha curcas* sous l'influence d'un ami (11,5% des enquêtés) ou d'un membre de la famille (10% des enquêtés). La motivation des producteurs à produire le *Jatropha curcas* réside dans le fait que la culture ne demande pas de gros investissements, n'entraîne pas une charge élevée de travail et permet de se procurer des revenus. Les producteurs considèrent le *Jatropha curcas* comme une culture de diversification et un moyen de lutte contre la pauvreté. Les résultats indiquent que le *Jatropha curcas* est cultivé pour occuper les espaces non mis en valeur (en général les terres dégradées).

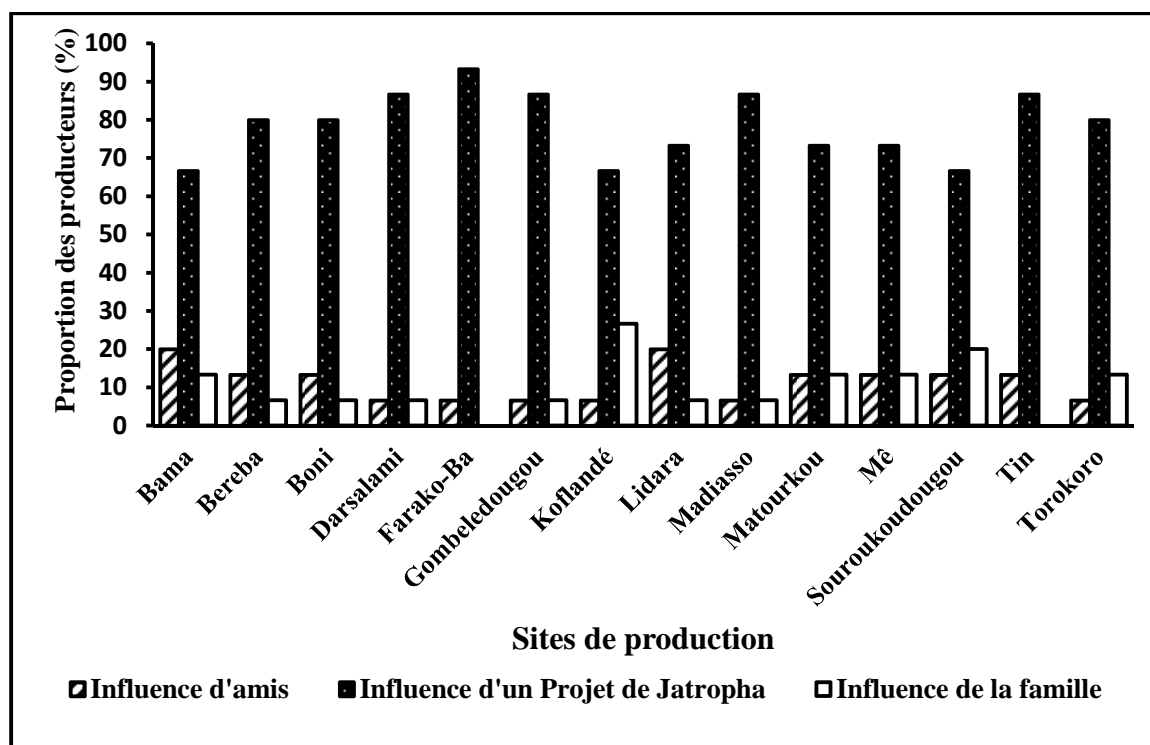


Figure 7 : Raisons de l'engagement des producteurs dans la production de *Jatropa curcas*.

IV.4.4. Mode de plantation de *Jatropa curcas*

La Figure 8 présente les différents modes de plantation de *Jatropa curcas*. Les résultats indiquent que plus de 80% des producteurs ignorent le nom de la variété de *Jatropa* qu'ils cultivent dans leur champ. Selon les promoteurs (APROJER et Genèse), l'espèce vulgarisée au Burkina Faso serait *Jatropa curcas* L.

Selon les producteurs, trois (03) méthodes de plantation de *Jatropa curcas* existent :

- la pratique de la pépinière-transplantation, utilisée par 90% des enquêtés. Cette méthode consiste à mettre en place des pépinières autour des habitations en saison sèche (entre janvier et avril), avant de transplanter les pieds sur le site définitif en début de saison pluvieuse ;
- le semis direct, pratiqué par 5,7% des enquêtés et qui consiste à semer directement les graines sur le site définitif de plantation ;
- la plantation en boutures, technique utilisée par 4,3% des enquêtés et qui consiste à prélever un fragment du végétal (branches) et à le mettre en terre verticalement.

Le *Jatropa curcas* est surtout cultivé sur des espaces dégradés afin d'éviter toute concurrence avec les autres cultures. Les producteurs considèrent la plante suffisamment rustique et pensent qu'elle ne nécessite aucun entretien et n'a pas besoin d'être fertilisée.

Cependant, certains producteurs, notamment ceux des villages de Matourkou, Gombèlédougou, Torokoro et Tin, ont constaté une meilleure productivité de *Jatropha curcas* sur les sols fertiles par rapport aux sols pauvres.

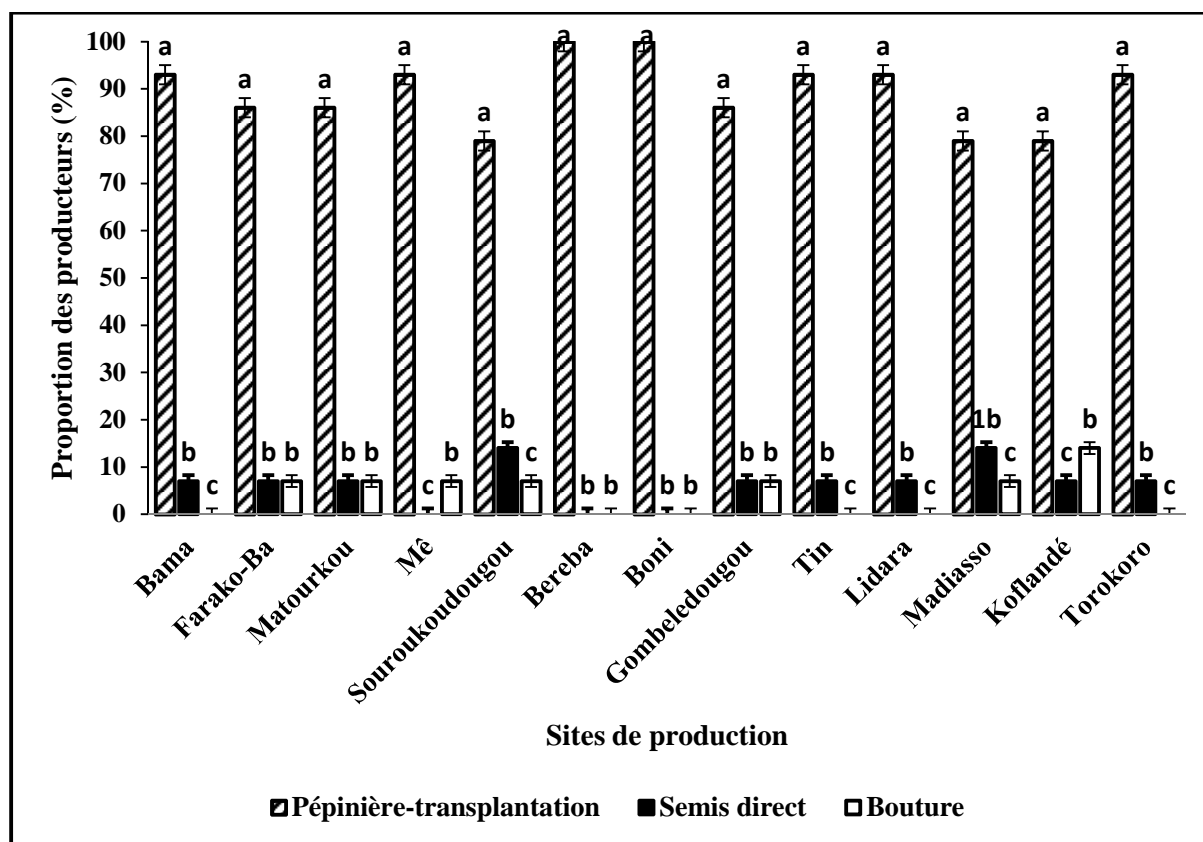


Figure 8 : Proportion des producteurs en fonction du mode de plantation du *Jatropha curcas* dans les différents sites.

Par site lorsque la paire d'histogramme est surmontée de lettres différentes, la différence est significative au seuil de 5% de probabilité (test de Newman-Keuls).

IV.4.5. Système de culture de *Jatropha curcas*

Les Figures 9 et 10 présentent les systèmes de culture de *Jatropha curcas* que l'on rencontre dans la zone d'enquête. Pour la plupart des producteurs (70% des producteurs), le *Jatropha curcas* est surtout cultivé en association avec les cultures. Dans ce cas, les écartements les plus courants sont de 5 m entre les lignes et de 2 m entre les pieds de *Jatropha curcas*, soit 1071 pieds par hectare. Cette technique aurait l'avantage de permettre aux producteurs d'exploiter leurs terres aussi bien pour les cultures vivrières que pour la plantation de *Jatropha curcas*. En plus, les plantes de *Jatropha curcas* bénéficient de l'entretien apporté aux cultures vivrières. Les enquêtes révèlent que 10% des producteurs pratiquent la plantation forêt, sans écartement précis entre les pieds.

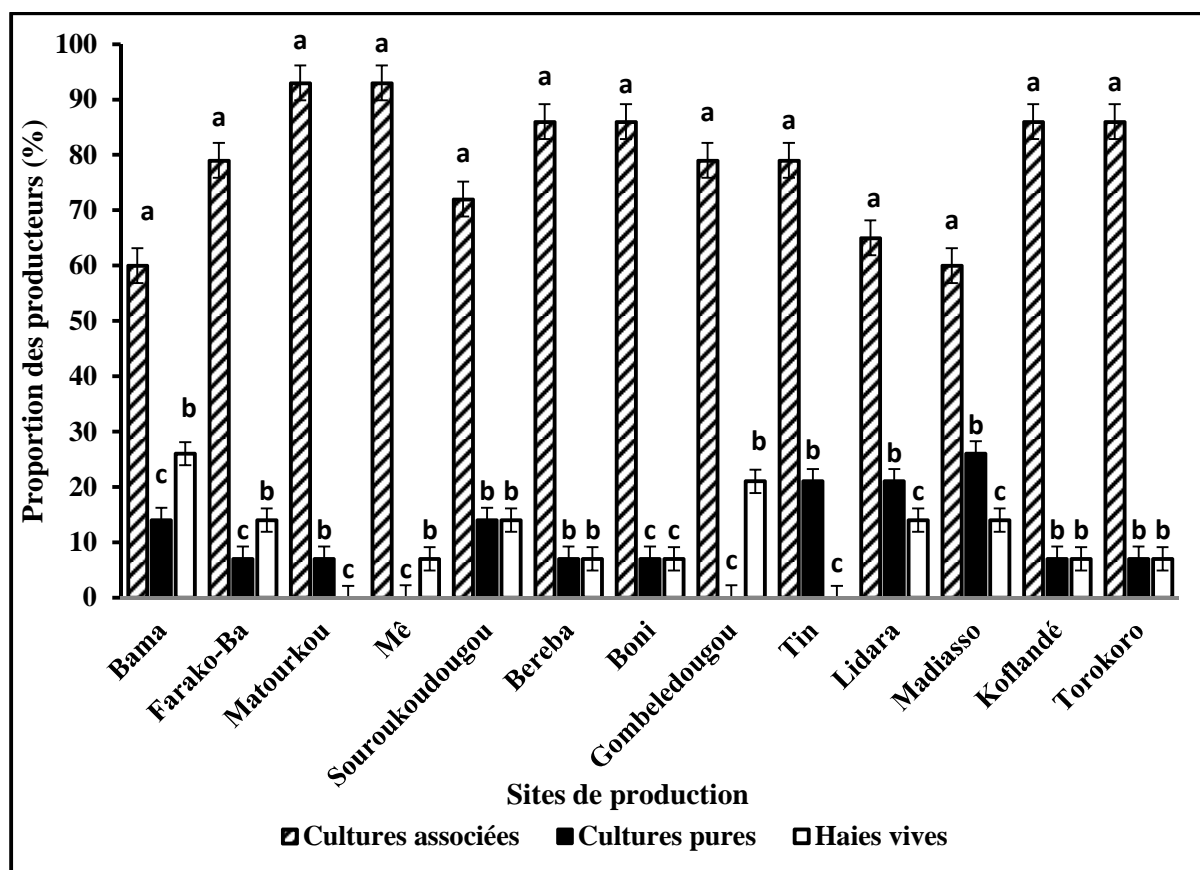


Figure 9 : Proportion des producteurs en fonction des systèmes de culture à base de *Jatropha curcas* dans la zone d'étude

Par site lorsque la paire d'histogramme est surmontée de lettres différentes, la différence est significative au seuil de 5% de probabilité (test de Newman-Keuls).

La plupart des producteurs (70% des enquêtés) déclarent associer la plante aux légumineuses (niébé, arachide et voandzou) ou aux céréales (28% des enquêtés). Peu de producteurs (2%) déclarent associer le *Jatropha curcas* aux cultures exigeantes comme le coton ou le maïs.

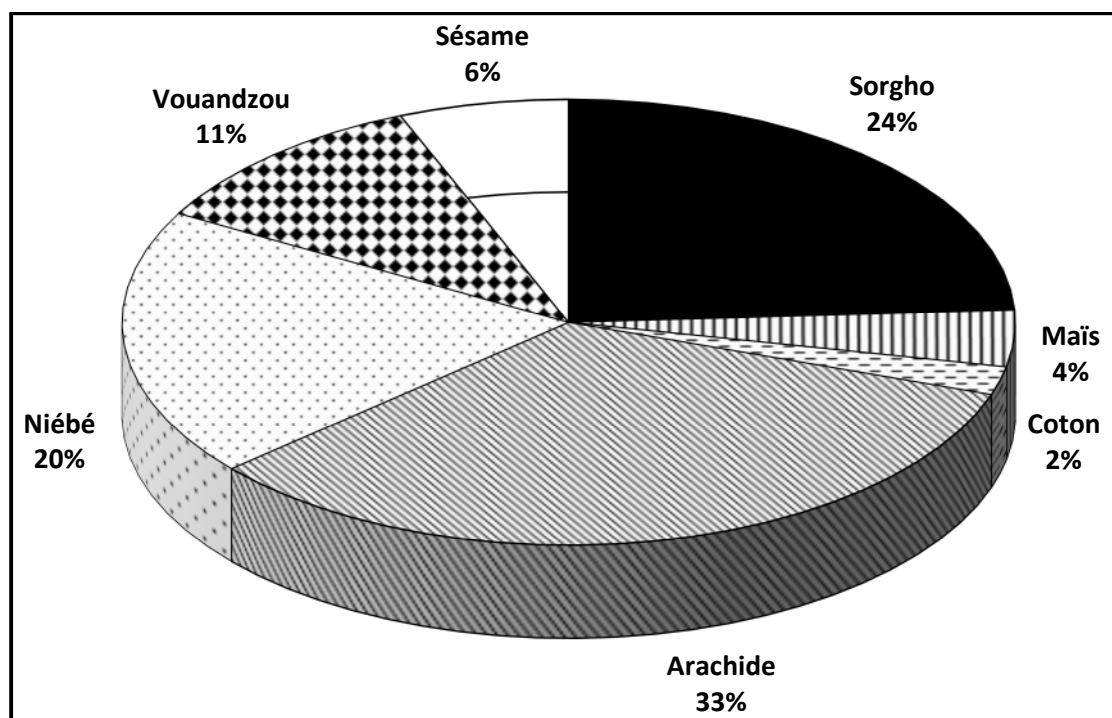
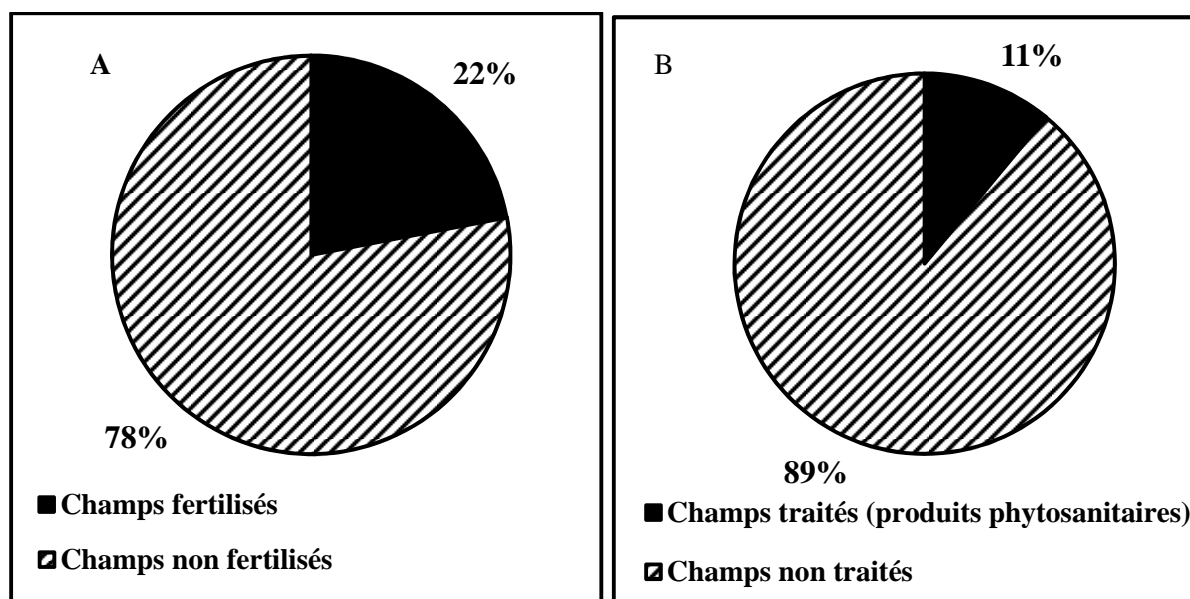


Figure 10 : Proportion des différentes cultures associées au *Jatropha curcas*.

IV.4.6. Fertilisations et traitements phytosanitaires de *Jatropha curcas*

Les résultats sont présentés dans la Figure 11. De façon générale, le *Jatropha curcas* ne bénéficie pas d'une attention particulière de la part des producteurs. Les opérations d'entretien (labour, sarclo-binage, etc.) apportées aux cultures vivrières associées profitent aux plants de *Jatropha curcas*. La seule forme de fertilisation rapportée par les producteurs est l'application de la fumure organique aux pieds des plants pendant les premiers stades de développement (Figure 11A). L'entretien des plantations se limite à la taille des haies lorsque celles-ci deviennent trop envahissantes. Pour ce qui concerne la protection phytosanitaire, les résultats montrent que seulement 11% des producteurs protègent les pépinières contre les insectes nuisibles (Figure 11B).



Figures 11 : Résultats de l'enquête sur A) la fertilisation et B) le traitement phytosanitaire des champs de *Jatropha curcas*

IV.5. Discussion

IV.5.1. Perception des producteurs sur la plantation de *Jatropha curcas*

L'enquête a révélé que les producteurs ont une expérience moyenne dans la production de *Jatropha curcas*. Cela pourrait s'expliquer par l'introduction assez récente de la culture du *Jatropha curcas* dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. La culture du *Jatropha curcas* est assez récente et s'est développée au cours de cette décennie au Burkina Faso (Traoré, 2009 ; Ouédraogo, 2012). Ce constat a également été fait par Mergeai (2016), qui a montré qu'il y a une dizaine d'années, de nombreuses parties du monde ont été frappées par la fièvre du *Jatropha curcas*. Les superficies des plantations sont très faibles tant au niveau des producteurs, que des sites. La taille réduite des plantations de *Jatropha curcas* par exploitant s'expliquerait d'une part, par une méfiance des producteurs à s'engager véritablement dans une culture dont ils ne mesurent pas les bénéfices réels et d'autre part, par une non-maîtrise de l'itinéraire technique de production de la plante. Au vu des rendements rapportés par les producteurs (300 à 700 kg/ha) et du prix d'achat de la graine proposé par les promoteurs qui varie entre 50 et 100 FCFA/kg, la marge des gains reste très limitée, ce qui aurait découragé les producteurs à augmenter significativement leurs superficies. Ce constat a été fait par Somé (2009). CIRAD-2IE (2008) et Vinay et Vermeulen (2013) ont évalué entre 70.000 et 150.000 ha, la superficie totale des exploitations de *Jatropha curcas* au Burkina Faso, et qui sont cultivées par près de 200 groupements.

La motivation des producteurs réside surtout dans le fait que la culture de *Jatropha curcas* ne demande pas d'investissement, n'entraîne pas une charge de travail élevée et peut procurer des bénéfices financiers certains. Les producteurs cultivent le *Jatropha curcas* pour valoriser les espaces vides ou pour mieux rentabiliser les exploitations. Ce constat a également été fait au Sénégal par Dieye (2016), qui a montré que la culture du *Jatropha curcas* n'exige pas de grands investissements. Les résultats des travaux de Pandey *et al.*, (2012) ont montré que la culture du *Jatropha curcas* n'exige pas de grandes machineries. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Sanou (2010), Bazongo (2011) et Sanogo (2014), qui ont montré que la culture de *J. curcas* L. ne demande pas d'investissement et n'entraîne pas une charge de travail élevée. De plus, l'engagement des producteurs à produire le *Jatropha curcas* vient principalement de l'influence de la sensibilisation menée par des promoteurs de cette culture. En effet, les messages à l'endroit des producteurs ont porté surtout sur l'amélioration des revenus et la lutte contre la dégradation des terres, ce qui a fortement intéressé les producteurs à la recherche de sources de revenus. Ces promoteurs ont axé leurs actions sur l'utilisation de la plante comme haie vive pour lutter contre l'érosion et protéger les exploitations contre les animaux en divagation (Zongo, 2007). Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Traoré (2009) et Vinay et Vermeulen (2013) dans le cadre des diagnostics réalisés dans la même zone.

IV.5.2. Systèmes de culture de *Jatropha curcas*

Le mode de plantation le plus utilisé par les producteurs est la pépinière transplantation sous forme de haie avec les écartements de 5 m entre les haies et de 2 m entre les pieds. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'avec ce mode de plantation, les plantes ne sont pas denses, ne présentent aucun risque de concurrence et peuvent ainsi se ramifier et croître. Sanou (2010) a conclu que dans ce type de plantation, les plantes sont moins denses et très bien aérées. Cette densité permet selon Sanogo (2014), d'avoir des plantes très bien aérées par rapport à la plantation en quinconce où les plantes ont tendance à occuper tout l'espace disponible. Selon Ouédraogo (2000) et (Barbier *et al.*, 2012), des écartements plus serrés (3 m × 2 m) ne permettent plus d'associer des cultures au-delà de la troisième année de croissance de l'arbre, à moins d'effectuer une taille des branches. Cependant, la densité pour les parcelles de plein champ, est fonction des conditions pédo-climatiques du site d'implantation et des objectifs recherchés par le producteur. Ainsi, les densités doivent être plus faibles en zone à forte pluviosité et plus fortes en zone plus sèche.

Le non recours aux engrais chimiques pour la fertilisation des plantations de *Jatropha curcas* s'explique par leur coût élevé, mais également par les effets indirects de la fertilisation des cultures associées sur le *Jatropha curcas*. Cette situation est liée en partie à la recommandation des promoteurs qui indiquent le *Jatropha curcas* comme une plante rustique qui n'aurait pas besoin d'être fertilisée. Selon Traoré (2009), les producteurs ont été informés par les promoteurs que le *Jatropha curcas* n'est pas exigeant en fertilisants pour son développement. Le fait de ne pas fertiliser le *Jatropha curcas* pourrait expliquer les faibles rendements observés par les producteurs, très en deçà de ceux rapportés par Vinay et Vermeulen (2013) pour le Burkina Faso. Les faibles rendements observés au cours de nos enquêtes sont comparables aux valeurs rapportées par plusieurs auteurs (Henning et Ramorafeno, 2005 ; Domergue et Pirot, 2008). Selon Pirot et Hamel (2012), l'obtention d'un rendement de 1500 kg. ha⁻¹ de graines de *Jatropha curcas* serait conditionnée par l'apport pendant les premières années, de 50 kg. ha⁻¹ de N, 20 kg. ha⁻¹ de P et 50 kg. ha⁻¹ de K. En cas de restitution du tourteau de *Jatropha curcas* pour amender le sol, il ne reste à apporter que 20 kg. ha⁻¹ de N, 5 kg. ha⁻¹ de P et 40 kg. ha⁻¹ de K pour la fertilisation des plants de *Jatropha curcas*. Une étude menée en Thaïlande sur *J. curcas* (Suriharn *et al.*, 2011), a montré que l'application annuelle de la fertilisation minérale (15 kg N·ha⁻¹, 15 kg P₂O₅·ha⁻¹, 15 kg K₂O·ha⁻¹) combinée à la taille des plantes, contribue efficacement à l'augmentation du rendement.

La quasi inexistence des traitements phytosanitaires dans la production de *Jatropha curcas* s'explique par le type de culture qui y est associée. Dans notre étude, les légumineuses et les céréales utilisées comme cultures associées au *Jatropha* sont des cultures rustiques et adaptées aux conditions du milieu. Pourtant, Ouédraogo (2000), Nyst (2010), Öhman (2011), Terren *et al.*, (2012), Minengu *et al.*, (2014a) indiquent que les hétéroptères (famille des *Nabideae*), les drosophiles, les hémiptères (famille des *Mucideae*) et les fourmis (famille des *Formicidae*) seraient de gros ravageurs de *Jatropha curcas*, empêchant de ce fait d'obtenir de bons rendements. Contrairement à ce qui avait été annoncé par ses promoteurs, le *Jatropha curcas* est très sensible aux attaques de nombreux ravageurs (Mergeai, 2016). Les dégâts les plus importants rapportés jusqu'à présent concernent les attaques de la fusariose (Shanker *et al.*, 2006 ; Terren *et al.*, 2012 ; Zarafi et Abdulkadir, 2013).

Pour assurer une meilleure rentabilité de l'exploitation, les cultures vivrières sont le plus souvent associées à la plantation de *Jatropha curcas*. Les enquêtes ont révélé que la majorité

des producteurs pratiquent l'association *Jatropha curcas*-légumineuses. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les légumineuses ne sont pas des cultures exigeantes. Ces observations sont en accord avec les résultats des travaux menés par Singh *et al.*, (2007), Loss (2008), Psee (2008), Loos (2009), Öhman (2011), Diedhiou *et al.*, (2012) qui proposent aux agriculteurs d'associer une culture intercalaire basse au *Jatropha curcas*, en utilisant des espèces adaptées comme la pastèque, le sésame et l'arachide. *Jatropha curcas* peut ainsi être cultivé en association avec les cultures saisonnières et fruitières (Gour, 2006). Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Kafara *et al.*, (2007), qui ont montré que les associations des cultures sont des pratiques anciennes bien connues et pratiquées par les paysans centrafricains. Selon Touckia *et al.*, (2016), l'interaction entre les plantes cultivées en intercalaire n'est pas préjudiciable à *J.curcas*, car les légumineuses cultivées en association sont des cultures à cycle court et ne développent pas un système racinaire et un ombrage nécessaire pour concurrencer le *J.curcas*. Selon les mêmes auteurs, les légumineuses ont une capacité d'enrichir le sol.

IV.6. Conclusion partielle

L'objectif de cette étude était de caractériser les systèmes de production de *Jatropha curca* dans un contexte de changements climatiques. De cette étude, nous pouvons retenir ce qui suit:

- i) la promotion de la culture de *Jatropha curcas* au Burkina Faso est récente et est surtout l'œuvre de promoteurs privés ou de projets de développement, et l'intérêt pour cette plante vient de ses avantages économiques et écologiques ;
- ii) plusieurs systèmes d'exploitation co-existent à savoir la culture de *Jatropha curcas* associée à d'autres plantes (cultures vivrières en l'occurrence), la culture pure de *Jatropha curcas* (champ type forêt) et l'utilisation de *Jatropha curcas* comme haie-vive dans la lutte antiérosive ;
- iii) le mode de plantation le plus utilisé est le système pépinière-transplantation avec une densité de plantation de 5 m entre les lignes et de 2 m entre les pieds, soit une densité de 1071 plants/ha ;
- iv) les rendements observés sont largement en dessous de ceux publiés par d'autres auteurs. Les producteurs restent méfiants quant à associer le *Jatropha curcas* aux cultures exigeantes comme le maïs ou le coton, ou à augmenter les superficies.

Il apparaît nécessaire de poursuivre la caractérisation des systèmes de culture à base de *Jatropha curcas*, en vue de proposer un itinéraire technique de sa culture pour chaque zone agro-écologique du pays.

CHAPITRE V: DENDROMETRIE ET PRODUCTION DE GRAINES DE *JATROPHA* EN ZONE SUD SOUDANIENNE DU BURKINA FASO

V.1. Introduction

La zone sud-soudanienne du Burkina Faso est l'un des sites pionniers ayant bénéficié de la promotion de la culture de *Jatropha curcas* au Burkina Faso, grâce aux activités de projets tel que le projet UA *Jatropha* « Union Africaine *Jatropha curcas* ». Cette zone possède des conditions agro-climatiques relativement favorables à la production végétale. Les producteurs de cette zone ont un savoir-faire dans la plantation des arbres fruitiers (manguiers, agrumes). De ce fait, la culture de *Jatropha curcas* a rapidement été adoptée avec l'accompagnement des promoteurs. La superficie actuelle des plantations de *Jatropha curcas* dans la zone ouest est estimée à plus de 10000 hectares, emblavés par près de 200 groupements villageois (Traoré, 2009 ; Bazongo, 2011). Si la culture de *Jatropha curcas* présente de nombreux avantages en ce sens que la plante s'adapte bien aux zones arides et est peu exigeante en nutriments, cependant, peu de travaux se sont intéressés à estimer la capacité de la plante à produire de la biomasse, facteur important pour la lutte contre la dégradation des terres agricoles. Aussi, les informations sur les rendements sont-elles isolées et très variables et ne se rapportent pas à la situation du Burkina Faso, ce qui peut laisser des doutes quant à la contribution de la plante à l'amélioration des revenus des producteurs. Domergue et Pirot (2008) indiquent des rendements de 250 kg/ha/an à 5 t /ha/an, pendant que Vinay et Vermeulen (2013) rapportent des valeurs de 300 g à 6 kg/plant en fonction des conditions de culture. Ces auteurs indiquent que les rendements sont plus faibles en condition de production sous forme de haie. Cette variabilité des rendements de *Jatropha curcas* n'a pas permis selon Janin et Ouédraogo (2009) et Ogunwole *et al.* (2007), d'étalonner parfaitement les rendements de *Jatropha curcas* en milieu sahélo-soudanien en raison de la diversité des modes de cultures et des potentialités des sols. Ainsi, des interrogations subsistent sur la productivité réelle ou supposée de la culture de *Jatropha curcas*, d'où la nécessité de réaliser cette étude.

V.2. Matériel et Méthodes

Cette étude a été conduite pendant 12 mois, de janvier à décembre 2014 dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso, dans les villages de Tin et de Torokoro, sites déjà décrits dans le paragraphe III.2. et présentés dans le Tableau I et sur la Figure 3 (page 16 à 21). Le

matériel végétal, constitué de plants de *Jatropha* âgés de 2 ans et 6 ans a déjà été décrit au paragraphe III.2 (page 18).

V.2.1. Dispositif de collecte des données

Sur chacun des deux sites (Tin et Torokoro), deux (02) producteurs ont été retenus pour la conduite des travaux, soit au total quatre (04) producteurs et quatre (04) champs de *Jatropha curcas*. Dans chaque parcelle, trois (03) répétitions de 400 m² (20 m x 20 m) comportant 5 haies de *Jatropha* ont été délimitées pour la collecte des données.

V.2.2. Paramètres mesurés

Afin de connaître les caractéristiques dendrométriques des différents plants de *Jatropha curcas*, les paramètres suivants ont été déterminés :

- **La hauteur des arbustes** : la hauteur a été mesurée à partir du collet jusqu'au sommet du rameau le plus élevé, de sorte que le ruban soit perpendiculaire au sol. Cette mesure de la hauteur permet de faire une étude comparée de la croissance des plants de *Jatropha curcas* ;
- **La hauteur du tronc** : il s'agit de la mesure de la hauteur du pied de l'arbuste à l'aide d'un ruban gradué, du sol jusqu'à la première branche qui se dégage du tronc ;
- **Le nombre de branches** : le nombre de branches situées entre le sol et une hauteur de 0,50 m a été compté afin d'estimer la production par pied car le nombre de branches est très souvent positivement corrélé à la production ;
- **Le diamètre au collet et le diamètre du houppier** : le houppier ou couronne est constitué par l'ensemble des branches formant la cime ; c'est la partie de l'arbuste constituée de l'ensemble des branches situées au sommet du tronc. Etant donné que le houppier n'a généralement pas une forme régulière, nous avons procédé comme Rondeux (1999), en déduisant le diamètre moyen (D) du houppier suivant la formule

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i)^2}{n}}$$

Où D représente le diamètre moyen du houppier (cm),

I, les diamètres Nord- Sud et Est- Ouest et

N, le nombre de mesures de diamètre effectuées.

- **Evaluation des rendements en graines et du taux de remplissage des graines de *Jatropha curcas*** : la production en graines a été évaluée sur vingt (20) mètres linéaires. Les fruits ont été récoltés par parcelle, séchés et décapsulés. Les graines

obtenues ont été pesées, et une moyenne a été déterminée pour les trois (03) mesures (répétitions) et rapportée à l'hectare. Le taux de remplissage des graines a été obtenu en faisant le rapport du poids des graines sur celui des fruits. De même, le rapport poids graine/poids capsule a été calculé. L'évaluation de ces deux paramètres a porté sur 100 fruits ;

- **Estimation de la production de litières** : une (01) placette carrée de 50 cm x 50 cm a été installée sous chaque haie, soit au total neuf (09) placettes par parcelle, ce qui donne dix huit (18) placettes par site. La litière est collectée tous les sept (07) jours et ce, pendant douze (12) semaines soit 84 jours. Ce temps correspond à la période allant de mars à mai, où le *Jatropha* perd ses feuilles. Au total, trente-six (36) échantillons ont été collectés sur les deux (02) sites, soit 2 parcelles x 3 placettes x 3 répétitions x 2 sites.

V.2.3. Analyses de laboratoire

Les échantillons de litières ont été séchés à température ambiante au laboratoire pendant 21 jours puis broyés et tamisés à 2 mm. Tous les résidus ont été séchés, pesés, calcinés et pesés de nouveau. Les teneurs en carbone organique et en azote ont été déterminées par combustion sèche à l'aide d'un analyseur élémentaire LECO FP 428 CHN et les teneurs en phosphore et en potassium total ont été déterminées par colorimétrie (Murphy et Riley, 1962).

V.3. Analyse des données

Les données collectées ont été saisies avec le tableur Excel et analysées à l'aide du logiciel XLSTAT version 2007. Les moyennes des traitements ont été séparées par le test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5% pour vérifier l'existence de différences significatives entre les moyennes.

V.4. Résultats

V.4.1. Paramètres dendrométriques

Les caractéristiques de *Jatropha curcas* en fonction du site et de l'âge des plantes sont données dans le Tableau IV. Le diamètre des troncs des plantes de Torokoro est significativement supérieur à celui des plantes de Tin aussi bien dans les plantations de six ans que de deux (02) ans. L'écart entre le diamètre moyen du tronc des plantes du site de Torokoro et celui des plantes de Tin est de 4,2 cm pour les plantations de 6 ans et de 3,4 cm pour celui de 2 ans. Pour le diamètre moyen du houppier, les résultats montrent également que

les plantes du site de Torokoro présentent des diamètres significativement supérieurs à ceux des plantes de Tin. Les écarts sont de 75,9 cm et de 7,5 cm entre le diamètre moyen du houppier des plantes du site de Torokoro et celui des plantes de Tin respectivement pour les plantations de 6 ans et de 2 ans. On ne distingue cependant pas de différence significative entre les hauteurs des troncs quels que soient l'âge des plantations et le site. Les résultats révèlent des différences significatives entre les hauteurs des plantes du site de Torokoro et celles de Tin. Les plantes du site de Torokoro sont significativement plus grandes. On constate que le nombre de branches sur le site de Torokoro est plus élevé que celui des plantes de Tin, avec en moyenne de 12 à 14 branches pour les plantes du site de Torokoro, contre 5 à 6 branches pour les plantes de Tin.

Tableau IV: Paramètres dendrométriques des plants de *Jatropha curcas*

Âge des plantes	Site/ parcelle	Diamètre du tronc (cm)	Diamètre moyen du Houppier (cm)	Hauteur tronc (cm)	Hauteur totale (cm)	Nombre de branches
2 ans	Torokoro	8,58b±0,46	149,55b±43,42	8,78a±2,83	188,67b±15,45	6a±0,38
	Tin	5,18a±0,6	142,5a±45,4	9,18a±2,71	177,56a±8,88	5,56a±0,58
Probabilité		0,021	0,012	0,232	0,017	0,432
6 ans	Torokoro	17,24b±1,13	328,69b±51,38	17,22a±7,12	220,89b±7,34	15,44b±0,69
	Tin	13,01a±0,95	252,71a±42,71	16,18a±7,12	204,56a±7,34	12,11a±1,64
Probabilité		0,014	0,002	0,237	0,009	0,035

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

V.4.2. Rendements graines

Les résultats sont présentés dans la Figure 12. Quel que soit le site, deux (02) ans après la plantation, le *Jatropha curcas* entre en production avec de faibles rendements. Pour les rendements, des différences significatives sont observées entre les plantations de *Jatropha curcas* du site de Tin et celles de Torokoro, aussi bien à 6 ans qu'à 2 ans. Dans les plantations de 6 ans, on obtient une augmentation de rendements graines de 68,7 kg.ha⁻¹ sur le site de Torokoro par rapport à celles de Tin. La même tendance est observée dans les plantations de 2 ans avec une augmentation de rendements graines de 58,3 kg.ha⁻¹ dans les plantations du site de Torokoro par rapport à celles de Tin. Dans les plantations âgées de 2 ans, les rendements les plus élevés sont de 295,6 kg.ha⁻¹ à Torokoro, contre 237,2 kg.ha⁻¹ à Tin. La même tendance est observée dans les plantations âgées de 6 ans avec des rendements de 796,3 kg.ha⁻¹

¹ à Torokoro, contre 727,5 kg.ha⁻¹ à Tin. Les meilleurs rendements sont obtenus sur le site de Torokoro aussi bien pour les plantations âgées de 6 ans que celles de 2 ans.

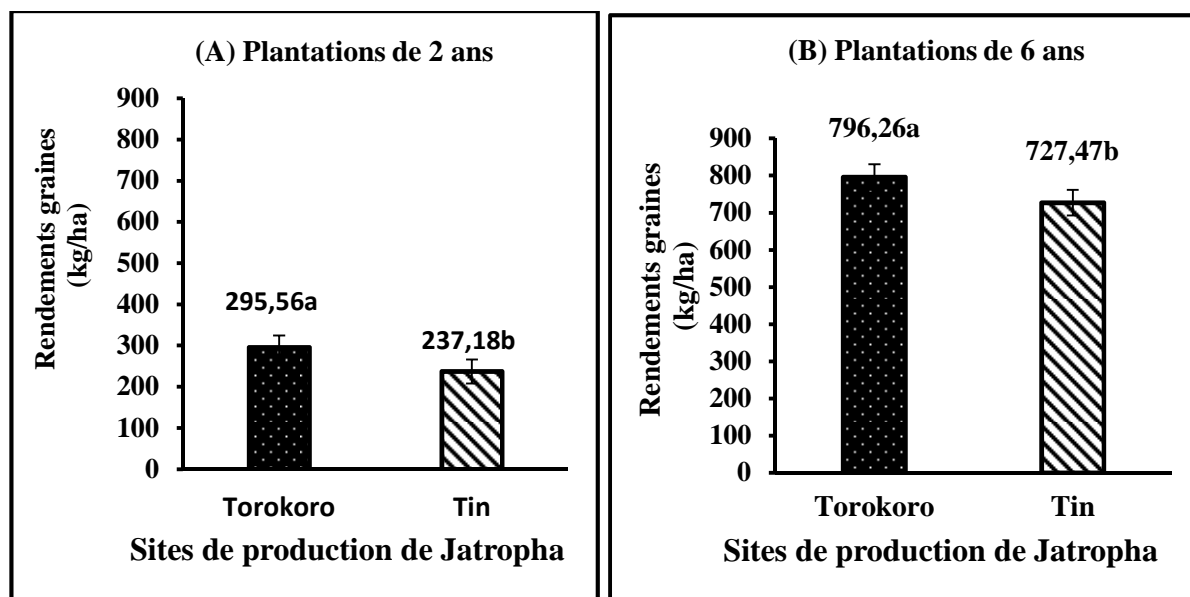


Figure 12: Moyenne des rendements grains dans les plantations de 2 ans (A) et de 6 ans (B).

Par site lorsque la paire d'histogramme est surmontée de lettres différentes, la différence est significative au seuil de 5% de probabilité (test de Newman-Keuls).

V.4.3. Taux de remplissage des graines

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le Tableau V. Ces résultats montrent une légère variabilité entre les sites, et indiquent également que l'âge de la plantation n'affecte pas le taux de remplissage des graines de *Jatropha curcas*. Cependant, le poids des fruits et celui de la graine sont nettement supérieurs dans les plantations de Torokoro. Les poids de 100 fruits et de 100 graines sont supérieurs de 7 % dans les plantations de Torokoro, comparativement à ceux obtenus sur le site de Tin dans les plantations de 2 ans. La même tendance est observée dans les plantations de 6 ans avec une augmentation de 8 % des poids de 100 fruits et de 100 graines pour les plantes de Torokoro, par rapport à ceux des plantes de Tin.

Tableau V: Poids de 100 fruits, de 100 graines et taux de remplissage des graines

Sites/ Age plantation	Poids 100 fruits (g)	Poids 100 graines (g)	Taux de remplissage (%)
Torokoro-2 ans	158	120	65
Tin-2 ans	137	90	62
Torokoro-6 ans	239	169	67
Tin-6 ans	204	132	64

V.4.4. Quantité de litière sous houppiers

La Figure 13 donne les quantités de litière collectées sous houppier. Quel que soit l'âge de la plantation, la quantité de litière collectée sous houppier varie en fonction du site. La quantité de litière augmente significativement au fur et à mesure que la plantation avance en âge. La quantité de litière collectée sous houppier de *Jatropha curcas* du site de Torokoro est supérieure à celle collectée sous houppier à Tin. Cette quantité collectée est significativement supérieure de 8 % dans les plantations âgées de 2 ans et de 10 % dans celle de 6 ans sur le site de Torokoro par rapport à celle du site de Tin. On observe que la production de litière croît avec l'âge de la plantation de *Jatropha curcas*. Une évaluation hebdomadaire donne des quantités de 23 g/semaine dans les plantations de Tin, et de 27 g/semaine dans celles de Torokoro. Cette production est évidemment plus importante avec les plantations âgées de 6 ans, avec 74 g/semaine et 61 g/semaine, respectivement dans les plantations de Torokoro, et de Tin. Les plus grandes quantités de litière collectées sous houppier de *Jatropha curcas* sont obtenues sur le site de Torokoro quel que soit l'âge de la plantation.

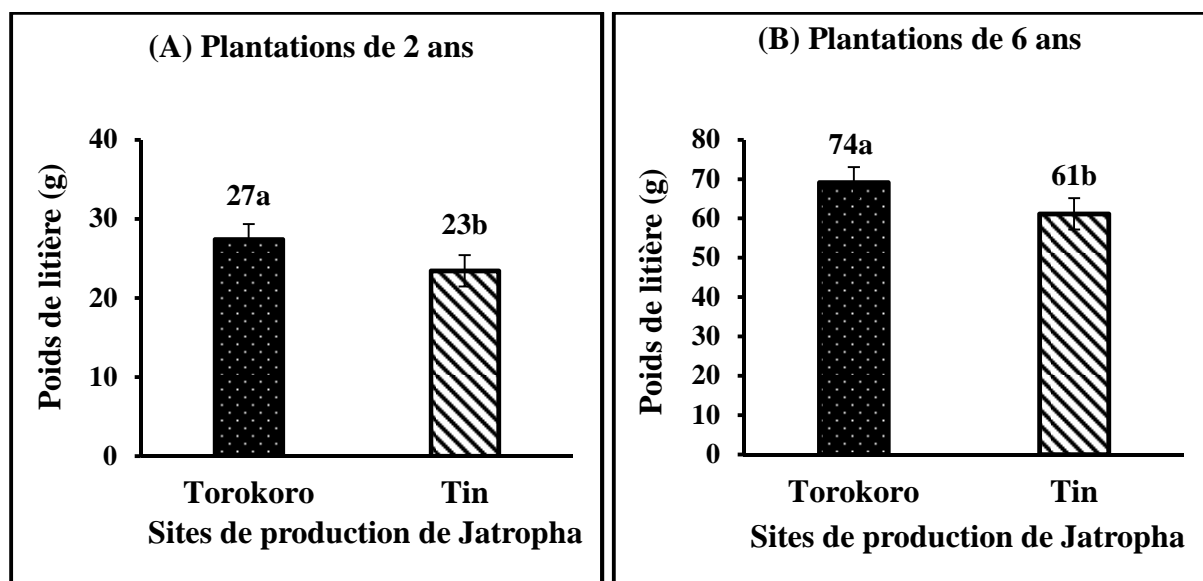


Figure 13: Quantités moyennes de litière produite par semaine sur les plantations de 2 ans (A) et de 6 ans (B).

Par site lorsque la paire d'histogramme est surmontée de lettres différentes, la différence est significative au seuil de 5% de probabilité (test de Newman-Keuls).

V.4.5. Caractéristiques chimiques de la biomasse foliaire

Les résultats du Tableau VI montrent quelques caractéristiques chimiques des feuilles de *Jatropha curcas*. On note de forts taux de carbone (7 à 10%) avec cependant de faibles teneurs en phosphore et en potassium dans les feuilles issues des plantations de Torokoro. Quel que soit l'âge des plantes, on observe des différences significatives entre les teneurs en carbone de la biomasse issues du site de Torokoro et celles de la biomasse des plantes de Tin. Pour le taux d'azote, de phosphore et de potassium, l'analyse ne révèle aucune différence entre la biomasse issue des plantes âgées de 2 ans du site de Torokoro et celle issue des plantes de Tin. Des différences significatives sont observées entre la biomasse provenant des plantes âgées de 6 ans du site de Torokoro et celle des plantes de Tin pour les teneurs en phosphore et en potassium. La biomasse issue des plantations de *Jatropha curcas* de 6 ans renferme les plus fortes concentrations en P et en K sur le site de Tin. Ces litières se caractérisent par de fortes teneurs en phosphore (1688,34 mg.kg⁻¹) et en potassium (21994,62 mg.kg⁻¹) par rapport à celles issues des plantations de *Jatropha curcas* de Torokoro.

Tableau VI: Caractéristiques chimiques de la biomasse foliaire de *Jatropha curcas*

Age des plantes	Site	C (%)	N total (%)	P total (mg.kg ⁻¹)	K total (mg.kg ⁻¹)
2 ans	Torokoro	57,96b ±1,09	2,38a ±0,46	1223,33a ±214,7	15057,50a ±707,27
	Tin	50,66a ±0,5	3,49a ±0,49	1212,50a ±86,17	15042,18a ±375,31
Probabilité		0,041	0,105	0,219	0,146
6 ans	Torokoro	62,36a ±0,72	2,78a ±0,29	1159,17b±87,43	16122,42b ±29,54
	Tin	51,61b ±1,03	3,15a ±0,37	1688,34a±324,82	21994,62a ±40,24
Probabilité		0,038	0,314	0,001	0,001

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

V.5. Discussion

V.5.1. Paramètres dendrométriques

Les valeurs les plus élevées observées pour les diamètres du tronc et du houppier, les hauteurs et le nombre de branches dans les plantations du site de Torokoro comparativement aux plantations de Tin pourraient être liées à la pluviosité et à la nature du sol. Même si la plante n'est pas exigeante en éléments fertilisants, elle assure sa croissance grâce aux éléments nutritifs présents dans le sol. Ces résultats sont en accord avec ceux de Yélémou *et al.* (2009), de Yélémou *et al.* (2013a), de Sanogo (2014) et de Ouédraogo (2015), qui ont montré que les paramètres dendrométriques évoluent avec la nature du sol. Les plantes âgées sont surtout confrontées à une concurrence pour l'espace, dans la recherche d'éléments nutritifs, mais aussi pour la lumière ce qui pourrait justifier leur faible croissance et développement. Les résultats obtenus par Domergue et Pirot (2008), ont montré que le *Jatropha curcas* est un arbuste, atteignant 5 à 8 m de haut. Cette compétition pour la lumière et les éléments nutritifs explique l'intérêt de l'utilisation du *Jatropha curcas* comme haie mais également pour son impact contre l'érosion et sur la restauration de la fertilité des sols (Brittaine *et al.*, 2010; Reubens *et al.*, 2010).

V.5.2. Production de graines et de litière

Les rendements et les taux de remplissage des graines varient d'un site à l'autre. L'étude a révélé que les rendements obtenus se situent selon les sites et l'âge des plantations, entre 237,1 et 796,2 kg.ha⁻¹. La disparité des rendements serait liée aux conditions pluviométriques et pédologiques, mais aussi à l'âge de la plantation. Ces valeurs sont similaires à celles obtenues au Sénégal en 5^{ème} année de production avec 500 kg.ha⁻¹ (Terren *et al.*, 2013) et en Tanzanie au bout de la 6^{ème} année de production avec 875 kg.ha⁻¹ (Wahl *et al.*, 2009). Les rendements en culture pure de *Jatropha* ne dépassent pas 500 kg.ha⁻¹ au Sénégal dans la vallée du fleuve (Terren *et al.*, 2012), 300 kg.ha⁻¹ au Burkina Faso, mais pouvant atteindre 1250 kg.ha⁻¹ dans une situation de mise en culture sur des sols fertiles (Derra, 2014). En outre, cette disparité des rendements a été soulignée par Ghinwal *et al.* (2005). Tout en admettant l'influence du facteur hydrique sur les plantes de *Jatropha*, il semble logique de considérer comme Üllenberg (2008), Trabucco *et al.* (2010), Rajaona *et al.* (2011), que les sols, source d'approvisionnement en nutriments pour les plantes, ont une grande influence sur la productivité de *Jatropha*. Selon Mergeai (2016), même cultivé en conditions favorables avec l'application de grande quantité d'intrants, le *Jatropha* produit

moins que ce qui avait été annoncé par les promoteurs. Le rendement en graines de *J. curcas* obtenu sur des terres marginales est très faible dans certaines régions d'Afrique (Achten *et al.*, 2008, Minengu, 2014b). La quantité élevée de litière produite dans les plantations de Torokoro, s'explique par le volume du houppier et le nombre élevé de branches. Cela pourrait être lié à la ramification précoce du *Jatropha curcas* avec des larges feuilles (Domergue et Pirot, 2008). Ce résultat confirme celui de Sanou (2010), qui a montré que la quantité de litière produite par le *Jatropha curcas* est liée à sa taille, le volume de son houppier et le nombre de branches qui favorise une production de litière importante. On note une importante biomasse foliaire sous la haie de *Jatropha curcas* en réponse au stress hydrique (Soulama, 2008). Cette condition défavorable oblige la plante à perdre ses feuilles pour réduire la transpiration (Henning et Ramorafeno, 2005). Les études de Reddy *et al.*, (2015) menées dans un climat semi-aride dans le sud de l'Inde ont montré que les plantations de *Jatropha curcas* apportent une grande quantité de litière au sol avec des valeurs annuelles de 2,74 tonnes.ha⁻¹, 2,48 tonnes.ha⁻¹, 2,41 tonnes.ha⁻¹, 1,81 tonnes.ha⁻¹, 1,79 tonnes.ha⁻¹ respectivement avec des écartements de 2 m x 2 m, 3 m x 2 m, 3 m x 3 m, 4 m x 2 m, 4 m x 3 m.

V.5.3. Paramètres chimiques de la biomasse foliaire de *Jatropha curcas*

La composition chimique de la biomasse récoltée dans ces deux sites dépend de la qualité du substrat. Quel que soit l'âge de la plantation, la teneur en carbone des feuilles diffère significativement entre les plantes du site de Torokoro et celles de Tin. Cela pourrait s'expliquer par la capacité de la plante à séquestrer le C organique. Les précédents travaux de Bazongo (2011), ont montré que la litière de *Jatropha curcas* se caractérise par de forts taux de C organique. La majeure partie de ces litières est d'origine foliaire et assure le retour des composantes biologiques au sol dont la décomposition est essentielle pour le flux des nutriments (Patricio *et al.*, 2012). Les plantations de *Jatropha curcas* apportent ainsi une grande quantité de litière donc de matière organique aux sols qui constitue une excellente source de carbone organique (Zhang *et al.*, 2013). Les litières de *Jatropha curcas* peuvent être considérées comme étant des litières en décomposition lente avec 72% de carbone recalcitrant (Dieye, 2016). Ainsi, la décomposition lente des litières de *Jatropha curcas* peut augmenter le taux de carbone (Vauramo et Setälä, 2011). Les feuilles de *Jatropha curcas* qui se décomposent facilement auraient des taux de carbone organique de 49,1% (Soulama, 2008). A l'image des travaux de Gobat *et al.* (2010) et de ceux de Girard *et al.* (2011), nos résultats ont montré que la biomasse issue des plantations de *Jatropha curcas* de Tin renferme

de faibles teneurs en carbone. Cela pourrait s'expliquer par la faible capacité des plantes du site à accumuler le C organique dans leurs feuilles. Le même constat a été fait par Ohta (1990) cité par Sanou (2010) dans les plantations de *Pinus Kesyia* âgées de 8 ans. Toutefois, l'âge des plantations de *Jatropha curcas* sur le site de Torokoro n'a pas induit de changement considérable pour le taux d'azote, les teneurs en phosphore et en potassium, contrairement à ce qui est observé sur le site de Tin. Sur le site de Tin, la biomasse issue des plantes de 6 ans se caractérise par de fortes teneurs en azote, en phosphore et en potassium. Cela pourrait être lié à la capacité des plantes âgées de *Jatropha curcas* à accumuler le N, P et K dans leurs feuilles. Des travaux conduits par Leye et *al.* (2009) ont montré que la mycorhization de *Jatropha curcas* L. avec des champignons du genre *Glomus*, améliore le taux d'éléments minéraux (N, P, K) dans les feuilles de la plante.

V.6. Conclusion partielle

L'objectif de cette étude était d'évaluer la productivité de *Jatropha curcas* dans les exploitations agricoles de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. La productivité et le taux de remplissage des graines sont faibles, et affichent une grande variabilité entre les sites. La quantité de biomasse sèche produite par le *Jatropha curcas* augmente considérablement avec l'âge de la plante. La biomasse de *Jatropha curcas* dans les plantations de 6 ans de Torokoro fournit un substrat contenant un fort taux de carbone. Sur le site de Tin, la litière se caractérise par de fortes teneurs en phosphore et en potassium aussi bien pour les plantes de 6 ans que celles de 2 ans. De ce fait, on peut imaginer que le *Jatropha curcas* est susceptible d'améliorer la fertilité chimique des sols.

CHAPITRE VI : EFFET DE *JATROPHA CURCAS* SUR LES PROPRIETES DES SOLS²

VI.1. Introduction

En Afrique de l'Ouest, les pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA) ont fait de la promotion des agro-carburants, un enjeu majeur de leur politique environnementale, économique, agricole et énergétique. Au Burkina Faso, le choix des espèces végétales productrices de carburant s'est porté sur *Jatropha curcas*. Le principal avantage de *Jatropha curcas* est sa capacité à croître sur les terres semi-arides où l'agriculture traditionnelle est dédiée à l'alimentation (Achten *et al.*, 2010). Il pourrait permettre la récupération et la protection des sols contre la dégradation et améliorer le niveau de la sécurité alimentaire (Laviola et Dias, 2008; Sreedevi *et al.*, 2009). Cette plante a la capacité de pousser sur des terres marginales (Paramathma *et al.*, 2007), de lutter contre l'érosion et de réhabiliter les terres peu fertiles (Henning, 2002 ; Blind *et al.*, 2008 ; Domergue et Pirot, 2008 ; Diédhiou, 2009). De nombreuses études ont ainsi montré les effets positifs de la plante sur les propriétés du sol (Brittaine *et al.*, 2010; Reubens *et al.*, 2010). Cependant, les connaissances liées à l'impact de la culture du *Jatropha curcas* sur les sols restent limitées (Assigbetse *et al.*, 2011) et sa culture suscite de vives polémiques (Blin *et al.*, 2009; Dia *et al.*, 2010; Audouin *et al.*, 2013). Compte tenu des substances toxiques qu'il produit (Paramathma *et al.*, 2007), le *Jatropha curcas* ne peut-il pas impacter négativement les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol? Ainsi, des interrogations subsistent sur les conséquences réelles de la culture du *Jatropha curcas* sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. C'est pour répondre à ces interrogations que cette étude a été initiée dans l'objectif de contribuer à une meilleure connaissance des effets du *Jatropha curcas* sur les propriétés des sols.

VI.2. Matériel et Méthodes

L'étude a été réalisée de 2013 à 2014 sur les sites de Tin et de Torokoro dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso déjà décrits dans le paragraphe III.2. et présentés dans le

² Les résultats présentés dans ce chapitre ont fait l'objet d'un article publié : **Pascal BAZONGO**, Karim TRAORE, Kadidia B. SANON, Barthelemy YELEMOU, Ouola TRAORE, Bismarck. H NACRO, Bernard BACYE, Mahamadi BELEM, Mamadou TRAORE, Victor HIEN, Michel. P. SEDEGO.; 2015. Impact of *Jatropha* plantation on soil chemical and biological properties in the South Sudanian region in Burkina Faso. Pages 1762-1778. Int. J. Biol. Chem. Sci., August 2015, Volume 9, Number 4. (Annexes 2)

Tableau I et sur la Figure 3 (page 16 à 21). Le matériel végétal, constitué de plants de *Jatropha curcas* âgés de 2 ans et 6 ans a déjà été décrit au paragraphe III.2 (page 18).

VI.2.1. Dispositif expérimental

Sur chaque site, deux (02) producteurs ont été retenus. Le dispositif expérimental est en blocs de Fisher comportant trois blocs. Chaque bloc est subdivisé en deux (2) sous-parcelles correspondant aux 2 traitements suivants : une (01) parcelle de plantation de *Jatropha curcas* et une (1) parcelle en jachère utilisée comme témoin. Dans chaque sous-parcelle, trois (03) placettes de 400 m² (20 m x 20 m) ont été délimitées pour la collecte des données. Les facteurs étudiés sont l'âge de la plantation et la distance de prélèvement du sol par rapport au houppier du *Jatropha curcas*.

VI.2.2. Collecte des données

Les prélèvements de sols ont été effectués avant la saison des pluies. Dans chaque bloc, trois (03) pieds de *Jatropha curcas* ont été choisis de façon aléatoire et les échantillons de sol prélevés en trois (03) points distincts: D0 = sous le houppier, D1 = 1 m du houppier et D2= 2 m du houppier de *Jatropha curcas*. Au total, trente (30) échantillons composites ont été constitués pour chaque parcelle, dont trois (03) échantillons témoins. Pour les deux (02) sites, ce sont cent-vingt (120) échantillons de sol qui ont été constitués. Les prélèvements ont été effectués sur la profondeur 0-20 cm, qui correspond généralement à la couche des sols travaillée en zone tropicale (Feller 1979 ; Feller, 1995).

VI.2.3. Analyses de laboratoire

VI.2.3.1. Détermination des paramètres physiques du sol

L'analyse granulométrique en trois fractions (argiles, sables, limons) a été déterminée en utilisant la méthode internationale adaptée à la pipette Robinson (BUNASOLS, 1987).

VI.2.3.2. Détermination des paramètres chimiques

Les analyses ont concerné le pH eau, le phosphore assimilable, le carbone organique (C), l'azote total (N) et le potassium total (K). Elles ont été réalisées au Laboratoire Sol-Eau-Plante de l'INERA.

- Le pH H₂O a été mesuré à partir d'une suspension de sol dans l'eau par la méthode électrométrique au pH-mètre à électrode de verre (AFNOR, 1999). Le rapport sol/solution est de 1/2,5 ;

- La teneur en carbone organique a été déterminée selon la méthode de Walkley et Black (1934), qui consiste en une oxydation à froid du carbone avec du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) 1N en présence d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4). L'excès du bichromate est dosé par du sel de Mohr $Fe (SO_4)_2 (NH)_2$ en présence d'un indicateur coloré. La teneur en matière organique a été déterminée à partir de la teneur en carbone organique, en utilisant le coefficient multiplicateur de 1,724 (Keeney et Nelson, 1982).
- La détermination du phosphore total (Pt), de l'azote total (Nt) et du potassium total (Kt) : les échantillons sont digérés dans un mélange d'acide sulfurique, de sélénium et d'eau oxygénée (H_2SO_4 -Se- H_2O_2) à 450°C pendant 4h, selon la méthode de Walinga *et al.*, (1995). Les éléments Nt, Pt ont été ensuite déterminés au spectrophotomètre (CECIL instrument, CE 3020, Serial N°126-288, Cambridge England) et la lecture du Kt a été effectuée à l'aide d'un photomètre à flamme (Jencons PFP 7, Jenway LTD, Felsted, England).
- Le phosphore assimilable a été extrait selon la méthode de Bray-1 (Bray et Kurtz, 1945). Cette méthode consiste à extraire les formes de phosphore solubles dans les acides en grande partie celle liée au calcium, à l'aluminium et au fer à l'aide d'une solution mixte d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,025 M et de fluorure d'ammonium (NH_4F) à 0,03 M.

VI.2.3.3. Détermination de l'activité biologique du sol

L'activité biologique globale du sol ($C-CO_2$ libéré) a été évaluée par la méthode d'essai respirométrique (Thiombiano et Dianou, 1999). Ce test consiste à mesurer le dioxyde de carbone qui se dégage lors de la dégradation de la matière organique par les micro-organismes. Les échantillons de sol sont séchés puis tamisés à 2 mm. Par la suite, 100 g de sol humidifié aux 2/3 de sa capacité au champ sont introduits dans un bocal en verre de 1 litre. Dans le même bocal, un bécher contenant 20 ml de NaOH 0,1 N est placé et permet de piéger le CO_2 dégagé ; un récipient contenant de l'eau y est également placé afin de maintenir l'humidité. Le bocal hermétiquement fermé a été mis en incubation à la température de 30°C. Un témoin constitué uniquement d'un flacon contenant de la soude et d'un autre contenant de l'eau distillée a été placé dans les mêmes conditions pour tenir compte de la carbonisation initiale de la soude dans le bocal. Le CO_2 dégagé et piégé dans la solution de NaOH est déterminé par colorimétrie avec l'acide chlorhydrique 0,1 N en utilisant la phénolphtaléine

comme indicateur. La mesure de CO₂ dégagé a été effectuée quotidiennement et ce, pendant trois semaines. Pour empêcher la fixation du CO₂ dans l'atmosphère à cause de la soude placée dans le bécher, 4 ml de chlorure de baryum di-hydraté (BaCl₂, 2H₂O) ont été ajoutés à la solution. La quantité de C-CO₂ (mg pour 100 g de sol) libérée a été déterminée selon la formule suivante:

$$C - CO_2 \text{ (mg .100 g sol}^{-1}\text{)} = (\text{Volume HCl}_{\text{Témoïn}} - \text{Volume HCl}_{\text{Traitement}}) * 2,2$$

Volume HCl_{Témoïn} correspond au volume de HCl utilisé dans les bocaux témoins;

V HCl_{Traitement} est le volume de HCl utilisé dans les bocaux contenant des échantillons de sol;

2,2 est le taux de minéralisation constante (Dommergues, 1960).

Le coefficient de minéralisation exprime l'aptitude à la minéralisation de la matière organique du sol en fonction de sa qualité (Dommergues, 1960). Il est obtenu par le rapport suivant :

$$C_m \text{ (\%)} = \frac{C - CO_2 \times 100}{C_{\text{total}}}$$

C_m, représente le coefficient de minéralisation du carbone ;

C - CO, représente la quantité exprimée en mg de carbone de gaz carbonique dégagé en 7 jours pour un échantillon de 100 g de sol dans les conditions expérimentales ;

C total représente le carbone total déterminé par la méthode Walkley (2) et exprimé également en mg pour 100 g de sol.

VI.2.3.3.1. Biomasse microbienne

La technique de fumigation-incubation (Wu *et al.*, 1990) a été utilisée pour la détermination de la biomasse microbienne. Ainsi, 100 g de sols séchés et tamisés à 2 mm, puis humidifiés aux 2/3 de la capacité au champ afin de stimuler l'activité biologique, sont introduits dans un pot de verre de 1 litre. Ces sols sont ensuite traités avec de la vapeur de chloroforme pour éliminer les micro-organismes qu'ils contiennent. Les échantillons sont incubés à 28° C pendant 14 jours. Le CO₂ produit par les micro-organismes est piégé par une solution de NaOH 0,1 N et déterminé par titrage avec du HCl 0,1 N (Fardoux *et al.*, 2000 et Asimi *et al.*, 2000a). La biomasse microbienne (BM) est alors estimée à partir de la formule proposée par Chaussod *et al.* (1986).

$$BM \text{ (mg)} = \frac{[F (0 - 7)] - [F (7 - 14)]}{K_c}$$

où F (0-7) et F (7-14) représentent respectivement la quantité de CO₂ libéré le 7^{ème} jour et le 14^{ème} jour ;

BM en mg pour 100 g de sol correspond à la biomasse microbienne ;

K_c = 0,41 est le coefficient de proportionnalité représentant la fraction minéralisable en CO₂ du carbone de la biomasse (Nicolardot *et al.*, 1982, Asimi *et al.*, 2000b et Lompo, 2007).

VI.2.3.3.2. Densité des spores mycorhiziennes arbusculaires

Comme la plupart des plantes tropicales, le *Jatropha curcas* vit en symbiose avec les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) (Leye *et al.*, 2009). La méthode habituelle de l'estimation de la présence des CMA implique la numération des spores. Les communautés de ces champignons présents dans un sol peuvent être estimées en termes de nombre d'espèces et de l'abondance de chacun d'eux dans la communauté. L'estimation de l'abondance des CMA peut être faite par l'observation directe du nombre de spores dans le sol (Brundrett *et al.*, 1994). L'influence de *Jatropha curcas* sur l'abondance des spores des CMA a été évaluée. La méthode de tamisage humide développée par Gerdmann et Nicolson (1963) a été utilisée. Les spores ont été extraites à partir de 100 g de sol sec. Pour chaque échantillon, trois répétitions ont été effectuées. Les spores sont ensuite comptées sous une loupe binoculaire pour évaluer l'effet de *Jatropha curcas* sur la densité des CMA du sol sous-jacent.

VI.3. Analyse statistique

Les données des deux sites ont été assemblées pour une analyse statistique. Les données recueillies ont été saisies avec le logiciel Excel et analysées à l'aide du logiciel XLSTAT-PRO, version 7.5.2 (2007). Les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5%, pour vérifier l'existence de différences significatives. Le test de la corrélation de Pearson a été utilisé pour déterminer les relations entre les variables mesurées.

VI.4. Résultats

VI.4.1. Effet de *Jatropha curcas* sur les propriétés physiques des sols

Le Tableau VII donne la composition granulométrique des sols sous culture de *Jatropha curcas*. Quel que soit l'âge de la parcelle, les taux d'argile, de limons et de sables fins baissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la haie de *Jatropha curcas*. Par contre, l'effet inverse est observé avec les taux de limons et de sables grossiers, qui augmentent jusqu'à 2 m du houppier. Toutefois, les textures des sols prélevés à 0 m (D0), 1 m (D1) et 2 m (D2) du houppier des arbustes de *Jatropha curcas* ne sont pas significativement différentes et ce, aussi bien pour les plantes de 2 ans que pour celles de 6 ans. Contrairement à ce que l'on peut observer dans les plantations de *Jatropha curcas*, les taux d'argile, de limons et de sables fins sont légèrement plus élevés dans le sol témoin, comparativement à ceux des sols prélevés sous le houppier, et ce, jusqu'à 2 m de la haie de *Jatropha curcas*.

Tableau VII : Composition granulométrique du sol sous culture de *Jatropha curcas*

Age des plantes	Distance de prélèvement	Argile (%)	Limons Fins (%)	Limons Grossiers (%)	Sables Fins (%)	Sables Grossiers (%)
2 ans	0 m	8,19a±2,12	5,91a±1,42	5,89a±1,23	32,06a±2,99	45,39a±6,15
	1 m	8,06a±3,04	5,83a±1,43	6,18a±1,32	31,91a±2,83	45,82a±5,69
	2 m	7,44a±3,62	5,71a±1,22	6,51a±1,61	31,43a±3,22	46,36a±5,83
	Témoin	11,40a±1,14	8,49a±0,01	5,38a±1,48	32,85a±2,17	43,94a±1,58
	Probabilité	0,989	0,971	0,979	0,944	0,987
	<i>Signification</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
6 ans	0 m	8,84a±1,19	8,42a±0,03	9,24a±0,17	31,59a±3,05	35,15a±4,4
	1 m	8,76a±0,11	8,36a±0,72	9,39a±0,95	31,49a±4,24	38,64a±5,29
	2 m	8,21a±0,04	8,24a±0,35	9,69a±0,14	31,43a±3,4	39,03a±4,13
	Témoin	7,73a±1,42	7,31a±0,78	9,11a±0,03	21,98a±2,85	38,82a±0,69
	Probabilité	0,397	0,532	0,583	0,968	0,136
	<i>Signification</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>

Les données portant la même lettre dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Newman et Keuls.

VI.4.2. Effet de *Jatropha curcas* sur les propriétés chimiques des sols

Les résultats présentés dans le Tableau VIII montrent une baisse de la teneur des éléments chimiques au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la haie. On n'observe aucune différence entre le sol de la parcelle témoin et celui des parcelles de *Jatropha curcas* pour ce qui concerne les teneurs en azote, en potassium ainsi que du rapport C/N et ce, quels que soient l'âge des plantes de *Jatropha curcas* et la distance de prélèvement du sol. Les taux d'azote et de potassium ainsi que le rapport C/N des sols témoins sans *Jatropha curcas* sont équivalents à ceux des sols prélevés sous le houppier de *Jatropha curcas*. On observe par contre des différences significatives entre la parcelle témoin et les parcelles de *Jatropha curcas*, pour les valeurs de pH, de C organique et de P assimilable suivant la distance de prélèvement du sol par rapport au houppier.

Le pH du sol sous *Jatropha curcas* est plus élevé par rapport à celui du sol témoin. Dans la plantation de *Jatropha curcas* de 2 ans, le pH du sol passe de 6,6 sous le houppier à 5,2 pour le sol témoin. On observe également une baisse du pH jusqu'à 2 m du houppier où la valeur chute à 6,5. La même tendance est observée dans les sols des plantations de 6 ans. Les sols dans leur ensemble sont acides. On observe une différence entre les valeurs des pH des sols issus des plantations de 2 ans et celles de 6 ans. La valeur moyenne du pH est plus élevée dans la plantation de *Jatropha curcas* de 2 ans (6,3) par rapport à celle de 6 ans (6,1).

Le taux de carbone organique des sols issus des plantations de 6 ans a une valeur supérieure de 23% par rapport à celle des sols prélevés dans les plantations de *Jatropha curcas* de 2 ans. On observe une baisse du taux de carbone organique du sol au fur et à mesure que l'on s'éloigne du houppier. Par rapport à la valeur du C organique obtenue dans le sol prélevé sous le houppier, cette baisse est de 18% pour le sol prélevé à 1 m du houppier et de 22% pour le sol prélevé à 2 m du houppier dans la plantation de *Jatropha curcas* de 2 ans. La même tendance est observée dans les plantations de *Jatropha curcas* de 6 ans, avec une baisse du taux de carbone organique des sols au fur et à mesure que l'on s'éloigne du houppier. La baisse du taux de carbone organique du sol par rapport au taux de carbone observé sous houppier (D0) est de 22% pour le sol prélevé à 1 m du houppier (D1), et de 25% pour le sol prélevé à 2 m du houppier (D2). Le taux de carbone organique de la parcelle témoin est plus élevé comparativement à celui des parcelles sous *Jatropha curcas* de 2 ans, alors qu'il est de 30% plus bas par rapport à celui observé dans les sols sous plantation de *Jatropha curcas* de 6

ans. Il n'y a pas de différence significative entre le sol issu de la parcelle témoin et le sol provenant des parcelles de *Jatropha curcas* pour le taux d'azote, et ce, quelle que soit la distance de prélèvement du sol dans les parcelles de *Jatropha curcas*.

Dans les plantations de *Jatropha curcas* de 2 ans, la teneur du sol en phosphore assimilable est proportionnelle à la distance de prélèvement du sol sous houppier. Par rapport à la teneur en P assimilable observée dans le sol prélevé sous le houppier, la teneur du sol prélevé à 1 m du houppier augmente de 3% et celle du sol prélevé à 2 m augmente de 4%. Par contre, la tendance inverse est observée dans les sols des plantations âgées de 6 ans, où la teneur du sol en phosphore assimilable baisse de 23% pour le sol prélevé à 1 m du houppier (D1) et de 24% pour le sol prélevé à 2 m du houppier (D2). La teneur en phosphore assimilable dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas* a une valeur de 2% plus faible par rapport à celle observée dans le sol témoin pour la plantation de *Jatropha curcas* de 2 ans. On observe une tendance inverse dans les sols des plantations de *Jatropha curcas* de 6 ans, où la teneur en phosphore assimilable a une valeur supérieure de 28% pour le sol prélevé sous houppier de *Jatropha curcas* par rapport à celle du sol témoin. La valeur moyenne de la teneur en phosphore assimilable du sol est plus élevée dans la plantation de *Jatropha curcas* de 6 ans ($1,65 \text{ mg.kg}^{-1}$) comparativement à celle observée dans la plantation de *Jatropha curcas* de 2 ans ($1,57 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Tableau VIII: Caractéristiques chimiques des sols sous culture de *Jatropha curcas* (2013)

Age des plantes	Distance de prélèvement	pHeau	Carbone (%)	N (%)	C/N	K_total mg.kg ⁻¹ sol	P_assimilable mg.kg ⁻¹ sol
2 ans	0 m	6,65a±0,22	0,50b±0,07	0,05a±0,01	12,79a±2,33	736,49a±82,08	1,53a±0,36
	1 m	6,63a±0,32	0,41ab±0,12	0,04a±0,01	11,98a±1,14	739,61a±17,11	1,58a±0,59
	2 m	6,54a±0,17	0,39ab±0,14	0,04a±0,02	12,52a±1,11	738,12a±27,44	1,61a±1,70
	Témoin	5,24b±0,01	0,80a±0,11	0,05a±0,01	12,54a±0,18	788,13a±81,02	1,56a±0,13
	<i>Pr>F</i>	<i>0,011</i>	<i>0,014</i>	<i>0,112</i>	<i>0,611</i>	<i>0,312</i>	<i>0,111</i>
	<i>Signification</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
6 ans	0 m	6,57b±0,17	0,67a±0,11	0,05a±0,02	13,01a±3,01	758,21a±14,22	1,96a±0,11
	1 m	6,32ab±0,15	0,52b±0,10	0,05a±0,01	12,18a±1,41	761,78a±25,61	1,51b±0,08
	2 m	6,29ab±0,12	0,50b±0,16	0,05a±0,01	12,29a±1,71	759,54a±11,21	1,49b±0,17
	Témoin	5,77a±0,21	0,47b±0,04	0,05a±0,02	12,38a±0,13	760,11a±25,12	1,42b±0,42
	<i>Pr>F</i>	<i>0,021</i>	<i>0,016</i>	<i>0,440</i>	<i>0,381</i>	<i>0,121</i>	<i>0,018</i>
	<i>Signification</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>S</i>

Les données portant la même lettre dans la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Newman et Keuls.
pH= Potentiel d'Hydrogène, N= Azote, K= Potassium, P Ass= Phosphore Assimilable, HS=Hautement significatif, S=Significatif, NS=Non significatif.

VI.4.3. Corrélations entre les propriétés chimiques et physiques des sols sous plantations de *Jatropha curcas*.

Les résultats montrent des corrélations positives entre certains paramètres chimiques et granulométriques des sols (Tableau IX). Le carbone organique est fortement et positivement corrélé à l'argile ($r^2 = 0,973$), aux limons fins ($r^2 = 0,967$) et aux limons grossiers ($r^2 = 0,694$). Par contre, le carbone organique est négativement corrélé aux sables fins ($r^2 = -0,494$) et aux sables grossiers ($r^2 = -0,678$). L'azote est positivement corrélé à l'argile ($r^2 = 0,829$) et aux limons fins ($r^2 = 0,793$). On note que le phosphore assimilable est positivement corrélée à l'argile ($r^2 = 0,834$) et aux limons fins ($r^2 = 0,804$). Les sables fins sont négativement corrélés à l'azote ($r^2 = -0,683$) et au phosphore assimilable ($r^2 = -0,648$).

Tableau IX: Coefficients de corrélation entre les paramètres chimiques et physiques des sols

Granulométrie	C organique	N total	P ass
Argile	0,973	0,829	0,834
Limons fins	0,967	0,793	0,804
Limons grossiers	0,694	0,096	0,163
Sables fins	-0,494	-0,683	-0,648
Sables grossiers	-0,678	-0,203	-0,260

C organique : Carbone organique, N total : Azote total, P Ass: Phosphore Assimilable

VI.4.4. Effet de la culture de *Jatropha curcas* sur les propriétés biologiques

VI.4.4.1. Evolution du Cumul de C-CO₂ dégagé pendant les 21 jours

De façon générale, l'activité biologique varie (Figure 14). On observe que les quantités cumulées de C-CO₂ sont fonction des distances de prélèvement du sol et ce, quel que soit l'âge de la plantation de *Jatropha curcas*. La comparaison des sols en fonction de l'âge des plantations de *Jatropha curcas*, montre que les plus fortes valeurs cumulées de CO₂ sont obtenues avec des sols issus des plantations de 2 ans par rapport aux sols prélevés dans les plantations de 6 ans. L'activité respiratoire baisse au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la haie de *Jatropha curcas* et ce, quel que soit l'âge de la plantation. Toutefois, les résultats ne montrent aucune différence significative pour les quantités cumulées de C-CO₂ dans les sols des plantations de *Jatropha curcas* âgées de 2 ans ainsi que celles de 6 ans. L'activité respiratoire observée avec le sol prélevé sous houppier de *Jatropha curcas* (D0) est supérieure à celle du témoin. Toutefois, dans les plantations de *Jatropha curcas* âgées de 2 ans, les

dégagements cumulés de C-CO₂ baissent à 119,7 mg C 100g⁻¹ de sol à 1 m du houppier (D1) et à 117,8 mg C 100g⁻¹ de sol à 2 m du houppier (D2). Dans les plantations âgées de 6 ans, les dégagements cumulés de C-CO₂ baissent également à 1 m et à 2 m du houppier pour atteindre respectivement les valeurs de 116,11 et 113 mg C 100g⁻¹ de sol. Les plus faibles dégagements cumulés de C-CO₂ ont été observés dans les sols témoins.

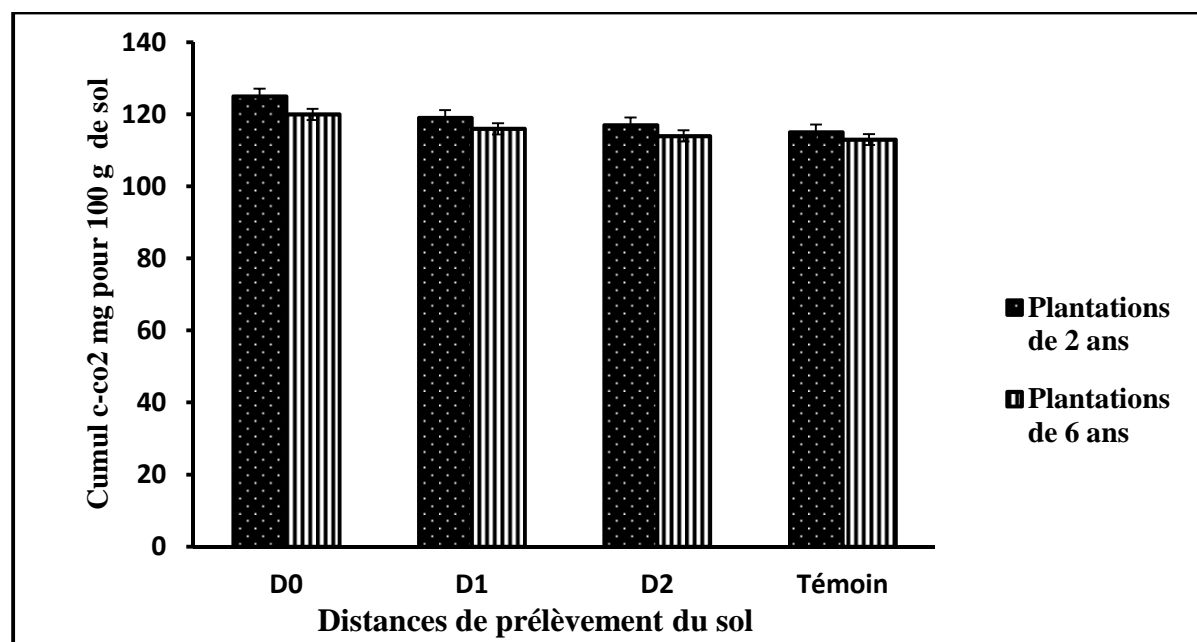


Figure 14: Cumul C-CO₂ dégagé pendant 21 jours d'incubation des sols

Par site lorsque la paire d'histogramme est surmontée de lettres différentes, la différence est significative au seuil de 5% de probabilité (test de Newman-Keuls). D0, D1 et D2 représentent les distances de prélèvement des sols à 0, 1 et 2 m du houppier des pieds de *Jatropha curcas*

VI.4.4.2. Coefficients de minéralisation [(C-CO₂/C)%] des sols

Les coefficients de minéralisation du carbone, calculés à sept jours, sont présentés dans le Tableau X. Quel que soit l'âge des plantations, les coefficients de minéralisation baissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du houppier de *Jatropha curcas*. Il résulte qu'au niveau des parcelles de 6 ans, la jachère, considérée comme témoin, entraîne un ralentissement des phénomènes de minéralisation avec le plus fort coefficient (0,77). Par contre, on observe un accroissement du taux de minéralisation sous houppier de *Jatropha curcas* (de 0,57 à 1,77 dans les parcelles de 2 ans et de 0,71 à 0,77 dans les plantations de 6 ans) par rapport à celui du témoin.

Tableau X: Variation des coefficients de minéralisation du carbone des sols [(C-Co₂/C)%]

Distance de prélèvement	Plantation-2 ans	Plantation-6 ans
<i>Coéfficients de minéralisation [(C-Co₂/C)%] des sols</i>		
D0 (0 m)	1,77	0,71
D1 (1 m)	1,72	0,69
D2 (2 m)	1,53	0,59
Témoin	0,57	0,77

D0, D1 et D2 représentent les distances de prélèvement des sols à 0, 1 et 2 m du houppier des pieds de *Jatropha curcas*; témoin : sol sous jachère sans *Jatropha*

VI.4.4.3. Biomasse microbienne des sols

Les résultats du Tableau XI montrent que la biomasse microbienne des sols varie selon l'âge des plantations de *Jatropha curcas*. Des différences significatives ont été observées entre le sol témoin et les autres distances de prélèvement du sol, et ce, dans les plantations de *Jatropha* de 2 ans que celles de 6 ans. L'analyse montre que dans les plantations de *Jatropha curcas* de 2 ans, la biomasse microbienne des sols à 1 m du houppier (D1) a baissé de 12% par rapport à la biomasse du sol sous houppier. Cette baisse atteint 22% à 2 m du houppier (D2). Le même constat est fait avec les sols provenant des plantations de *Jatropha curcas* âgées de 6 ans. En effet, par rapport à la biomasse microbienne évaluée dans le sol prélevé sous houppier, la biomasse microbienne du sol à 1 m du houppier baisse de 11,7% tandis que celle du sol à 2 m du houppier de *Jatropha curcas* chute de 10%. Par ailleurs, la biomasse microbienne des sols sous houppier de *Jatropha curcas* est élevée par rapport à celle du sol témoin et ce, quel que soit l'âge de la plantation. On observe des différences significatives entre les distances de prélèvement du sol pour la valeur de la biomasse microbienne.

Tableau XI: Variation de la biomasse microbienne des sols

Biomasse microbienne (mg.100 g ⁻¹ de sol)		
Distance de prélèvement	Plantation-2 ans	Plantation-6 ans
D0 (0 m)	64,30a ±7,11	144a ±54,01
D1 (1 m)	56,6b ±4,21	127,05ab ±22,13
D2 (2 m)	50,04ab ±1,14	129,65ab ±1,14
Témoin	47,86ab ±3,23	96,36b ±2,04
<i>Pr>F</i>	<0,011	<0,021
<i>Signification</i>	<i>S</i>	<i>S</i>

Les données portant la même lettre dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Newman et Keuls. D0, D1 et D2 représentent les distances de prélèvement des sols à 0, 1 et 2 m du houppier des pieds de *Jatropha*, Témoin : sol sous jachère sans *Jatropha* S= Significatif.

VI.4.4.4. Densité de spores des Champignons Mycorhiziens Arbusculaires (CMA)

Les résultats du Tableau XII montrent que les sols ont une forte densité en spores de champignons mycorhiziens. Le nombre de spores fongiques varie significativement entre les distances de prélèvement du sol quel que soit l'âge de la plantation. Dans les plantations de *Jatropha curcas* âgées de 2 ans, le nombre de spores fongiques dans le sol diminue lorsque l'on s'éloigne du houppier de *Jatropha curcas*. L'analyse des sols provenant des plantations de *Jatropha curcas* de 2 ans montre qu'à 1 m du houppier, la densité de spores dans le sol baisse de 13,7% et cette baisse atteint 14% pour le sol prélevé à 2 m du houppier (D2) par rapport à la densité de spores observée sous le houppier (D0). Le nombre de spores dans le sol est inversement proportionnel à la distance de prélèvement du sol par rapport au houppier. Dans les plantations de *Jatropha curcas* âgées de 6 ans, comparativement à la densité observée sous houppier, on observe une augmentation de la densité de spores de 11,4% pour le sol à 1 m du houppier et de 12% à 2 m du houppier de *Jatropha curcas*. Par rapport à la densité des spores du sol témoin, la densité des spores sous houppier baisse de 14% dans le sol issu des plantations de *Jatropha curcas* de 2 ans et de 23% dans le sol des plantations de *Jatropha curcas* de 6 ans.

Tableau XII: Variation de la biomasse en spores des champignons endomycorhiziens des sols sous culture de *Jatropha curcas*

Densité de spores (mg.100 g ⁻¹ de sol)		
Distance de prélèvement	Plantation-2 ans	Plantation-6 ans
D0 (0 m)	902,12b ±21,11	743,11b±11,55
D1 (1 m)	778,49ab±74,21	839ab,55±27,04
D2 (2 m)	776,19ab±80,12	844,83ab±67,32
Témoin	1054,66a±67,22	970,54a±27,53
Pr>F	<0,041	<0,035
Signification	S	S

Les données portant la même lettre dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Newman et Keuls. D0, D1 et D2 représentent les distances de prélèvement des sols à 0, 1 et 2 m du houppier des pieds de *Jatropha*, Témoin : sol sous jachère sans *Jatropha*; S= Significatif.

VI.4.5. Corrélations entre les propriétés chimiques et biologiques des sols sous culture de *Jatropha*.

Les résultats du Tableau XIII montrent une forte corrélation entre les propriétés chimiques du sol et la biomasse microbienne. On observe que le cumul de C-CO₂ est significativement corrélé au pH ($r^2 = 0,708$), à l'azote ($r^2 = 0,547$), au carbone organique ($r^2 = 0,630$), au rapport C/N ($r^2 = 0,648$) et au P ass ($r^2 = 0,415$). La biomasse microbienne est positivement et fortement corrélée au pH ($r^2 = 0,931$), à l'azote ($r^2 = 0,948$), au carbone organique ($r^2 = 0,952$) et au rapport C/N ($r^2 = 0,685$). Par contre, une forte corrélation négative est observée entre la biomasse microbienne et le P assimilable ($r^2 = -0,913$). Le nombre de spores est positivement et fortement lié au P assimilable ($r^2 = 0,992$) et négativement corrélé à l'azote ($r^2 = -0,495$), au carbone organique ($r^2 = -0,462$) et au K Total ($r^2 = -0,490$).

Tableau XIII: Coefficients de corrélation entre les paramètres chimiques et biologiques du sol.

Paramètres chimiques	Cumul C-CO2	Biomasse microbienne	Nombre de spores
pH (H₂O)	0,708	0,931	-0,321
N total	0,547	0,948	-0,495
C total	0,631	0,952	-0,462
C/N	0,648	0,685	-0,174
K total	0,180	0,019	-0,490
P Ass	0,415	-0,913	0,992

P Ass: Phosphore Assimilable

VI.5. Discussion

VI.5.1. Propriétés physiques des sols sous culture de *Jatropha curcas*

L'analyse granulométrique n'a montré aucune différence significative entre les sols prélevés dans la parcelle témoin et ceux prélevés à différentes distances du houppier de *Jatropha curcas*. Le fait que les plantations soient jeunes ne permet pas de percevoir pour le moment, les signes d'une modification notable de la texture du sol sur les horizons de surface. Les teneurs en terre fine (argiles, limons et sable) diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la haie. Les taux d'argile et de terre fine sont plus élevés sous houppier de *Jatropha curcas* et dans les couches superficielles du sol. Cela pourrait être lié à l'accumulation de la terre fine sous la haie qui joue un rôle de barrière physique. Yaméogo (2012) a conclu que ceci était probablement dû d'une part, à la nature du substratum géologique plus favorable à la production de cette fraction qu'à la formation des argiles et, d'autre part, à la pluviosité élevée qui favorise le lessivage des argiles. L'érosion hydrique latérale faible sous les houppiers des ligneux pourrait réduire sensiblement l'effet de battance et l'érosion sélective (Traoré *et al.*, 2007 ; Holl *et al.*, 2007). Ces processus pourraient être à l'origine du phénomène de rétention des particules fines sous houppier. En outre, les résultats des travaux de Sanogo (2014) ont montré que l'humidité est plus élevée sous houppier de *Jatropha curcas*, et cela pourrait favoriser l'accumulation des terres fines sous son houppier. Nos résultats rejoignent ceux de Reubens *et al.* (2010), qui ont évoqué la légère prédominance de terre fine sous houppier de *Jatropha curcas*. Une tendance similaire a été observée sur un transect allant du Nord au Sud du Burkina Faso et renfermant les espèces du genre *Piliostigma* (Yélémo, 2010 et Yélémo 2013b) avec une légère prédominance du taux d'argile et de limons fins sous houppier. A l'Est du Burkina Faso, en présence de vertisols, l'étude de Traoré *et al.*, (2007) a montré que le taux d'argile était important sous couvert d'*Acacia*. Par contre, les taux de limons et de sables grossiers augmentent avec la distance de prélèvement du sol par rapport au houppier, et ce, quel que soit l'âge de la plantation. Les fortes valeurs mesurées hors houppier de *Jatropha curcas* pourraient être dues à la taille des particules qui ne favorise pas leur mobilité. Selon Soulama (2008), on doit alors considérer que la fraction grossière diminue la capacité nutritive du sol en réduisant le volume de terre fine mise à la disposition des végétaux. Toutefois, les sols des sites sont généralement de textures sablo-limoneuse et gravillonnaire. La teneur en terre fine est plus élevée dans le sol témoin comparativement à la teneur observée dans le sol sous culture de *Jatropha curcas*.

Cela pourrait être lié à la densité du couvert végétal des sites qui constitue une barrière contre l'érosion et par conséquent pourrait retenir les éléments fins. Cette densité a probablement contribué à réduire la vitesse de l'eau de ruissellement et par conséquent, l'érosion hydrique, ce qui pourrait expliquer la rétention et l'accumulation des éléments fins. Une tendance similaire a été observée sur le site de Torokoro avec les espèces du genre *Andropogon* dans une jachère proche de la plantation de *Jatropha curcas* (Sanogo, 2014). En effet, cet auteur a montré que cette graminée bloque la terre fine et la stabilise sur les horizons de surface du sol. Nous pouvons déduire que sur les horizons de surface, le *Jatropha curcas*, jusqu'à 6 ans après sa plantation, ne semble pas perturber la texture du sol.

VI.5.2. Variation des propriétés chimiques des sols sous *Jatropha curcas*

Les résultats montrent que les sols sont acides dans leur ensemble. Le pH des sols sous culture de *Jatropha curcas* est plus élevé sous le houppier de *Jatropha curcas*. Cela pourrait s'expliquer par l'accumulation de certains nutriments dans la biomasse végétale épigée et dans la litière ou par la nature chimique du sol (Bado *et al.*, 1997; Pernes et Tessier, 2002 ; Pallo *et al.*, 2007). Les pH des sols sont compris entre 5,24 et 6,65, et sont par conséquent, peu favorables à la pratique de la culture de *Jatropha curcas*, selon les normes du Bureau National des Sols du Burkina Faso (BUNASOLS, 1985). Nos résultats sont similaires à ceux de Diedhiou (2009), Ayele (2011) et Sanogo (2014) qui ont observé respectivement au Sénégal, en Ethiopie et au Burkina Faso, que le pH du sol diminuait au fur et à mesure que l'on s'éloignait du houppier de *Jatropha curcas*. Les travaux de Bazongo (2011) ont montré que les sols des deux sites sont acides. On pourrait donc conclure que la culture de *Jatropha curcas* n'a pas entraîné une acidification des sols, mais aurait plutôt maintenu le pH à des valeurs faiblement acides à neutres, les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions étant selon Pallo et Thiombiano (1989) de type acide à légèrement acide et quelquefois neutre. La culture de *Jatropha curcas* n'a donc pas modifié l'acidité du sol.

La teneur en carbone organique des sols issus des plantations de *Jatropha curcas* de 6 ans est plus élevée que celle des sols prélevés dans les plantations de *Jatropha curcas* de 2 ans. Ce résultat peut être attribué à une intensité respiratoire élevée des sols et à un accroissement de la biomasse microbienne des sols. Le taux de carbone organique sous houppier est supérieur à celui observé hors houppier à 2 m, quel que soit l'âge de la plantation. Ceci pourrait s'expliquer par une forte accumulation de la biomasse foliaire sous houppier. En effet, le sol sous *Jatropha curcas* accumule plus de carbone quel que soit l'âge

des plantations. Ces résultats sont en accord avec ceux de Topan (2015), qui ont montré que la litière de *Jatropha curcas* contiendrait de forts taux de carbone organique. Le taux de carbone élevé observé dans le sol sous le houppier par rapport à ceux mesurés dans les sols prélevés à 1 m et à 2 m du houppier, peut être attribué à l'effet des racines de *Jatropha curcas* dans la séquestration du carbone. En effet, les racines présentent des teneurs en C organique de 54,3% (Soulama, 2008). Les racines des plantes modifient la composition physico-chimique de la rhizosphère et apportent des substrats aux microorganismes (Paterson, 2003) à travers l'exsudation racinaire qui est un processus clé pour le transfert du carbone dans le sol (Srivastava *et al.*, 2012). La rhizosphère est alors caractérisée par une grande disponibilité du carbone (Koranda *et al.*, 2011). Le taux de C est plus élevé dans le sol témoin que dans le sol sous houppier pour des parcelles de *Jatropha curcas* de 2 ans. Par contre, l'inverse est observé dans le sol sous culture de *Jatropha curcas* de 6 ans où le taux de C organique est plus élevé comparativement au sol témoin sans *Jatropha curcas*. Une forte proportion du C serait liée à l'argile et aux limons fins présents sous le houppier de *Jatropha curcas* dans les plantations âgées. La fraction fine du sol renferme plus de carbone que les fractions grossières (Soulama, 2008). En effet, les exsudats racinaires des plantes âgées de *Jatropha curcas* pourraient être une source de carbone organique pour le sol (Soulama, 2008). Les résultats des travaux de Nacro (1997) ont montré que la plus grande partie du C organique du sol est associée aux fractions organo-minérales fines. Le carbone organique libre représenté par cette fraction, participe efficacement à la fertilité du sol, en nourrissant la biomasse microbienne responsable des processus de minéralisation (Soltner, 2003). L'activité microbienne est plus intense dans le sol prélevé sous la haie de *Jatropha curcas* comparativement à celle observée dans le sol prélevé à 1 m et à 2 m du houppier. Nos résultats montrent que *Jatropha curcas* aurait amélioré le taux de C organique dans le sol. La production de la litière de *Jatropha curcas* conduit à retrouver des taux élevés de carbone au voisinage des pieds de *Jatropha curcas*. Les taux élevés de carbone observés sous le houppier de *Jatropha curcas* sont des résultats en accord avec ceux de Legendre (2008) et de Leye *et al.* (2009).

Le taux d'azote dans les sols demeure faible aussi bien dans le sol sous *Jatropha curcas* que dans les sols témoins et ce, quel que soit l'âge des plantes de *Jatropha curcas*. Le taux d'azote des sols sous culture de *Jatropha curcas* est faible, y compris celui des sols sous houppier. Cela peut se justifier par le fait que le *Jatropha curcas* utilise les éléments minéraux, notamment l'azote, pour sa croissance mais également par la lixiviation des éléments minéraux. Les résultats de cette étude se rapprochent des conclusions de l'étude

réalisée au Philippines par Ohta (1990) cité par Sanou (2010), qui a constaté une dégradation de l'azote sous *Acacia auriculiformis* âgé de 5 ans. De plus, le faible taux d'azote pourrait s'expliquer par la baisse de l'accumulation de la matière organique, mais également par le travail du sol qui conduit à une perte d'azote par minéralisation et par érosion hydrique (Koulibaly, 2011).

La teneur en P assimilable du sol témoin est supérieure à celle du sol sous houppier des plants de *Jatropha curcas* âgés de 2 ans. La diminution de la teneur en P assimilable du sol sous houppier dans les plantations de *Jatropha curcas*, signifie que la plante utilise cet élément pour son métabolisme. De plus, la baisse de la teneur en phosphore assimilable traduit la prolifération des spores de champignons mycorhiziens arbusculaires dans le sol. Ces résultats sont en accord avec ceux de Haro (2016), qui ont montré que la teneur en P assimilable réduit l'abondance des spores de champignons mycorhiziens arbusculaires dans le sol. La teneur du sol en P assimilable diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du houppier pour les plantations de *Jatropha curcas* âgées de 6 ans. Cela montre bien l'effet positif de *Jatropha* sur l'amélioration de la disponibilité du phosphore dans le sol. L'augmentation de la disponibilité des nutriments pourrait s'expliquer par la biomasse de *Jatropha curcas* qui retourne dans le sol sous houppier. Le P assimilable sous houppier est accessible aux racines de la plante de *Jatropha curcas*. Ces résultats confirment ceux de Topan (2015) et de Sanou (2010) qui ont montré que les teneurs du P assimilable sont plus élevées sous houppier des plantes de *Jatropha curcas* âgées de 5 ans par rapport au sol témoin. Par ailleurs, les résultats des analyses des sols ont montré de faibles teneurs en P assimilable ($P \text{ assimilable} \leq 5 \text{ mg/kg}$) par rapport aux normes du Bureau National des Sols du Burkina Faso (BUNASOLS, 1990).

Le rapport C/N caractérise la dynamique de transformation de la matière organique. Selon Soltner (2003), les rapports C/N permettent de suivre l'évolution de la matière organique, d'apprécier la richesse de l'humus en azote et de rendre compte de la minéralisation. Les rapports C/N du sol au voisinage de la haie de *Jatropha curcas* ont des valeurs élevées. Cela pourrait s'expliquer par une accumulation de C organique dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas*. Il pourrait y avoir l'influence de l'humidité sous le houppier et la réduction de la température influençant la minéralisation de la litière. Nos résultats sont similaires à ceux de Soulama (2008), qui ont montré que le rapport C/N est plus élevé sous houppier de *Jatropha curcas* que hors houppier. Les litières de *Jatropha curcas*

sont des litières à décomposition lente avec des ratios C/N élevés (Pfeiffer *et al.*, 2013 ; Dieye, 2016). Les substances émises par la biomasse de *Jatropha curcas* pourraient avoir au cours de leur décomposition, une action nocive sur la faune du sol, et expliquer le faible niveau de minéralisation du carbone sous la haie de *Jatropha curcas*.

La teneur du K total sous houppier de *Jatropha* est faible, alors que le *Jatropha* est cité comme une source de potassium dans le sol (Latalpie, 2007; Legendre, 2008; Laviola et Dias., 2008).

VI.5.3. Variation des propriétés biologiques des sols sous *Jatropha curcas*

VI.5.3.1. Effet du *Jatropha curcas* sur la respiration du sol

L'activité biologique est un bon indicateur de la fertilité d'un sol, puisqu'elle permet de suivre la dynamique des processus de décomposition et de transformation de la matière organique (Somé *et al.*, 2007). Selon Chaussod (1996) et Zombré (2006), les grandes composantes de la biologie des sols sont sous la dépendance des facteurs pédoclimatiques (type de sol et climat) et des facteurs agronomiques. Il existe, bien entendu, des interactions entre ces facteurs. L'activité respiratoire est moins importante dans les sols issus des plantations de *Jatropha curcas* de 6 ans que celle des sols provenant des plantations de *Jatropha* de 2 ans. La faible respiration constatée dans les plantations de 6 ans, pourrait s'expliquer par les conditions environnementales peu favorables à l'activité des micro-organismes, et à une proportion plus élevée de carbone difficilement métabolisable. En effet, les coefficients de minéralisation du carbone montrent que les substrats organiques sous la plantation de 2 ans sont beaucoup plus facilement minéralisables que ceux des parcelles de 6 ans (du simple au double). La qualité des composés organiques baisse au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la haie de *Jatropha curcas*, mais elle reste globalement supérieure à celle du sol témoin. Ceci suggère qu'en dépit de leur propriété biocide, les résidus de *Jatropha curcas* induisent une activité microbienne plus importante que la matière organique initialement présente dans le sol. La quantité totale de CO₂ dégagée au bout d'un temps donné ne dépend pas seulement de la quantité de carbone disponible, mais également de sa qualité chimique et de son degré de protection (Nacro, 1997). Un apport supplémentaire d'azote minéral stimulerait davantage les processus de minéralisation des composés organiques (*priming effect*).

Dans les plantations de *Jatropha* âgées de 2 ans, les valeurs élevées du cumul de CO₂ dégagé dans le sol sous culture de *Jatropha* par rapport à celles observées avec le sol témoin sont

prises en exergue et témoignent de la corrélation positive observée entre le cumul de C-CO₂ et le C organique. Les études de Sawamoto *et al.* (2000) ont montré que dans les plantations forestières, plus le taux de carbone organique est élevé, plus la respiration du sol est intense. Thiombiano et Dianou (1999) ont également trouvé dans des états de surface des sols sahéliens, une corrélation significative et positive entre la respiration du sol, l'azote et le carbone organique. La matière organique participe efficacement à la fertilité du sol en nourrissant la biomasse microbienne responsable du processus de minéralisation (Gunapala, 1998 ; Soltner, 2003). On devrait s'attendre de ce fait à une activité microbienne plus élevée dans le sol sous la haie comparativement au sol témoin. Ce constat a également été fait par Ouédraogo (2011). L'augmentation du flux de CO₂ suggère une augmentation de l'activité microbienne correspondant à l'utilisation des composés facilement minéralisables contenus dans les litières (Sall *et al.*, 2003 ; Dossa *et al.*, 2009 ; Esperschütz *et al.*, 2013).

Plus les teneurs du sol sous houppier en carbone organique, en azote, en P total et en K total augmentent, plus la respiration du sol est élevée. La corrélation positive entre le C-CO₂ et le taux de carbone organique confirme ces résultats et sont en accord avec ceux de Lavelle *et al.* (2006) et Römbke *et al.* (2006) qui ont montré une relation linéaire entre le taux de C organique du sol et l'activité biologique. Les travaux de Bilgo *et al.* (2006); Traoré *et al.* (2007); Belem (2013), ont montré qu'une activité respiratoire plus élevée dans le sol serait liée au taux de C organique. Les rhizodépôts sont essentiellement constitués d'exsudats racinaires et d'enzymes chez de nombreuses espèces végétales (Gobat *et al.*, 2010). Ces substances peuvent avoir des effets stimulateurs de l'activité microbienne et expliquer l'intensité respiratoire du sol sous houppier de *Jatropha curcas*.

La biomasse microbienne du sol témoin est faible par rapport à celle des sols sous houppier de *Jatropha curcas*, quel que soit l'âge de la plantation. Cela pourrait s'expliquer par l'acidité des sols témoins, car selon ITAB (2002) et Yoni (2005), le pH influence la taille de la biomasse et la diversité des populations microbiennes.

La biomasse microbienne est plus importante dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas* que dans le sol hors houppier. Ceci est probablement dû à l'accroissement du taux de carbone issu de la biomasse microbienne qui pourrait favoriser une prolifération microbienne suivie d'une mobilisation du carbone, principale source d'énergie pour ces micro-organismes (Cleveland *et al.*, 2004 ; Demoling *et al.*, 2007) comme le suggèrent les résultats des travaux de Chaussod *et al.* (1992) ; Sédogo (1993) ; Zombré (2006) ; Coulibaly (2008) qui ont montré que la matière organique constitue une source d'énergie pour la microflore tellurique. Par

conséquent, toute influence sur le statut organique du sol a des répercussions sur la microflore du sol et ses activités. Nos résultats sont comparables à ceux de Traoré *et al.*, (2007) qui ont montré avec un sol prélevé sous houppier, l'existence d'une corrélation positive entre le carbone et la biomasse microbienne du sol. On peut donc s'interroger sur le caractère biocide de *Jatropha*, évoqué par certains auteurs.

VI.5.3.2. Effet de *Jatropha curcas* sur les micro-organismes symbiotiques du sol

Le *Jatropha*, comme la plupart des plantes, vit en symbiose avec des champignons mycorhiziens arbusculaires. Les résultats sur l'abondance des spores montrent des variabilités sur l'ensemble des sites d'étude. Dans les plantations de 2 ans, les spores des champignons mycorhiziens arbusculaires du sol sont significativement plus élevées dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas* que dans les sols prélevés hors houppier. En effet, la symbiose mycorhizienne est connue pour conférer à leur hôte, une amélioration de la nutrition minérale, en particulier phosphatée. En retour, la plante fournit aux champignons les produits de la photosynthèse nécessaires à leur développement. Ceci suggère une prolifération des spores de champignons mycorhiziens dans le sol sous le houppier, ce qui a amené Somé *et al.* (2007) à conclure que le transfert des éléments nutritifs vers les parties aériennes, la rhizodéposition et la libération de nouveaux produits métabolisables, stimulent l'activité bactérienne et augmentent la population microbienne avec une plus grande action de minéralisation.

Dans les plantations de 6 ans, les spores des champignons mycorhiziens arbusculaires sont plus élevées dans les sols prélevés hors houppier que dans les sols sous houppier de *Jatropha curcas*. Les spores du sol témoin sont plus élevées comparés à ceux du sol sous culture de *Jatropha* et ce, quel que soit l'âge des plantations. Cela pourrait s'expliquer par la diversité des herbacées présentes dans le sol témoin et pouvant contribuer à l'augmentation de la densité de spores. Les corrélations négatives entre les éléments C et N et la densité des spores traduisent les conditions difficiles à l'épanouissement des spores des champignons mycorhiziens arbusculaires dans les sols étudiés. Ainsi donc, le nombre de spores est inversement proportionnel à la teneur du sol en P assimilable. Ce qui ne favorise pas la prolifération des spores de champignons mycorhiziens arbusculaires. Ces résultats sont en accord avec ceux de Olsson *et al.* (1997), Saidou *et al.* (2009), Van Diepen *et al.* (2010) et de Alguacil *et al.* (2010), qui ont montré que la richesse d'un sol en phosphore diminue l'abondance en spores de ce sol. Aussi, les travaux de Mure (2005), Asimi (2009), Haro (2011) et Haro (2016) ont montré que la fertilisation réduit l'abondance des hyphes des champignons mycorhiziens arbusculaires dans le sol.

VI.6. Conclusion partielle

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de *Jatropha curcas* sur les propriétés des sols. Dans la zone sud-soudanienne, de nombreuses inquiétudes se sont posées quant aux impacts négatifs de la culture de *Jatropha curcas* sur l'environnement et sur les sols. Pour les classes texturales, aucune différence significative n'a été observée entre les différents traitements. Nous pouvons alors déduire que sur les horizons de surface, le *Jatropha curcas* ne semble pas perturber la texture du sol. Les résultats ont montré que les propriétés chimiques des sols varient en fonction de la distance de la haie de *Jatropha curcas*. La qualité des composés organiques baisse légèrement au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la haie de *Jatropha* et reste globalement supérieure à celle du sol témoin, suggérant que les résidus de *Jatropha curcas* induisent une activité microbienne plus importante que la matière organique initialement présente dans le sol. On peut donc s'interroger sur le caractère biocide du *Jatropha curcas*, évoqué par certains auteurs. La densité des spores des endomycorhizes est restée liée à la disponibilité des nutriments. La forte corrélation entre la densité des spores et le phosphore disponible du sol indique que le *Jatropha curcas* pourrait contribuer à l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques du sol.

CHAPITRE VII : INFLUENCE DES HAIES DE *JATROPHA CURCAS* L. SUR LE RENDEMENT DU SORGHO (*SORGHUM VULGARE* PERS)³

VII.1. Introduction

Les changements climatiques demeurent l'une des menaces les plus graves qui pèsent sur le développement durable (PANA, 2006). Au Burkina Faso, les manifestations les plus visibles des changements climatiques se rapportent à la sécheresse qui accélère le déboisement. C'est dans ce contexte de dégradation du couvert végétal, que certains acteurs du monde rural se sont intéressés à des espèces d'arbres à usages multiples. Le *Jatropha curcas* est alors apparu comme l'arbre idéal pour répondre à cette préoccupation. Le fait que la plante pousse bien sans trop d'exigences dans les pays tropicaux, arides, semi-arides et humides, supprime tout risque de concurrence avec d'autres cultures (Low et Booth, 2007, Endelevu, 2009). Elle fait l'objet d'association de cultures vivrières en couloir sans compétition nuisible avec celles-ci (Bazongo, 2011). La curcine de *Jatropha curcas* est une substance proche de la ricine qui a des propriétés insecticides (Adebowale et Adelire, 2006), fongicides (Ogbebor *et al.*, 2007) et nématocides (Vedie et Geffroy, 2005). Cependant, depuis cette ferveur pour le *Jatropha curcas* au Burkina Faso, très peu d'études se sont intéressées à son impact sur l'environnement. De même, il existe très peu d'informations scientifiques sur les impacts de la culture de *Jatropha curcas* sur les rendements des cultures, et plus particulièrement du sorgho qui lui est souvent associé. Les associations de cultures sorgho-*Jatropha curcas* posent des inquiétudes car certains auteurs comme Low et Booth (2007) et Endelevu (2009), trouvent que le *Jatropha curcas* est envahissant. La possibilité que les producteurs adoptent cette culture au détriment des cultures vivrières a été évoquée par Guillaume (2009), qui soutient le caractère envahissant de cette plante en évoquant un risque d'insécurité alimentaire avec son adoption par les agriculteurs. Par ailleurs, le *Jatropha curcas* produit des substances toxiques comme la curcine et l'acide cyanidrique (Henning et Ramorafeno, 2005) dont les effets sur la croissance et le rendement de la culture de sorgho associé sont peu connus. C'est pour apporter des éléments de réponse à ces préoccupations que la présente étude a été conduite en

³ Les résultats présentés dans ce chapitre ont fait l'objet d'un article publié : **Pascal BAZONGO**, Karim TRAORE, Ouola TRAORE, Barthelémy YELEMOU, B Kadidia SANON, Salifou KABORE, Victor HIEN, Bismarck H. NACRO.; 2015. Influence des haies de *Jatropha* sur le rendement d'une culture de sorgho (*Sorghum vulgare*) dans la zone ouest du Burkina Faso: cas du terroir de Torokoro. Pages 2595-2607. Int. J. Biol. Chem. Sci., Décembre 2015, Volume 9, Number 6. (Annexe 2)

vue d'évaluer l'effet d'une haie de *Jatropha curcas* L. sur la croissance et le rendement du sorgho.

VII.2. Matériel et Méthodes

Les travaux ont été conduits en milieu paysan dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso, sur les sites de Torokoro et de Tin précédemment décrits au paragraphe III.2. et présentés dans le Tableau I et sur la Figure 3 (page 16 à 21). Le sorgho, principale céréale associée à la plante au Burkina Faso par les producteurs, a été retenu dans le cadre de notre travail pour servir de culture de référence. La variété de sorgho utilisée est la Sariasso 1, ayant un cycle de 120 jours et un potentiel de rendement de 3 tonnes/ha (INERA, 1990) ; au moment de l'étude, les haies de *Jatropha curcas* avaient été mises en place depuis 6 ans.

VII.2.1. Choix des producteurs expérimentateurs

Trois producteurs ont été choisis par site, sur la base de leur capacité à respecter les itinéraires techniques des cultures mises en place et leur ouverture d'esprit à accepter l'innovation.

VII.2.2. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit pendant 3 années, de 2012 à 2014, sur six (6) parcelles de plantes de *Jatropha curcas* âgées de 6 ans. L'âge de 6 ans représente l'âge de la pleine production de *Jatropha curcas*. Le dispositif expérimental comporte trois blocs, et chaque bloc est composé de deux parcelles correspondant aux 2 traitements suivants : (i) une parcelle avec l'association sorgho-*Jatropha curcas*, et (ii) une parcelle en culture pure de sorgho servant de témoin. Chaque parcelle a une superficie de 400 m² (20 m x 20 m). Les blocs sont séparés de 20 m et les traitements de 5 m. Les parcelles en culture pure de sorgho servant de témoins ont été implantées sur une jachère de 10 ans. La culture du *Jatropha curcas* a été implantée sur une partie de cette jachère lorsqu'elle était âgée de 4 ans. Le principe a consisté à former des groupes d'unités expérimentales homogènes, contiguës. Chaque groupe est appelé bloc. Dans chaque bloc, tous les traitements de l'essai sont représentés une seule fois. Il y a donc autant de blocs que de répétitions des traitements dans l'essai. Le tirage au sort pour l'affectation des traitements aux unités expérimentales s'est fait bloc par bloc. Le *Jatropha curcas* a été planté aux écartements de 5 m entre les lignes, et de 2 m entre les plantes, soit une densité de 1071 plantes/ha. Le sorgho a été semé en couloir dans l'espace se trouvant entre les lignes de *Jatropha curcas*, soit sur une superficie de 100 m² (20 m x 5 m). Quatre (4) lignes de sorgho

ont été semées par couloir sans apport de fertilisant. Ainsi, dans le traitement correspondant à l'association sorgho-*Jatropha curcas*, le sorgho occupe quatre (4) couloirs.

VII.2.3. Collecte des données

VII.2.3.1. Hauteur des plants de sorgho

Les données ont été collectées sur une superficie de 25 m² délimitée dans chaque traitement. Dix (10) plantes ont été retenues par traitement pour la mesure de la hauteur du sorgho à 30, 60 et 90 jours après semis, soit au total 60 plantes (10 plants x 2 traitements x 3 blocs). Les mesures ont été effectuées sur les mêmes plantes durant tout le cycle de la plante.

VII.2.3.2. Les composantes du rendement de sorgho

Le poids total de panicules, le rendement paille et le rendement grains ont été déterminés à partir de la collecte des données sur une superficie de 25 m² délimitée dans chaque traitement. Les composantes du rendement comme le poids de panicules, le nombre de grains par panicule et le poids de 1000 grains, le rendement grains et le rendement paille en sorgho, ont également été évaluées.

VII.3. Analyses statistiques des données

Les données des deux sites ont été assemblées pour une analyse statistique. Les données collectées ont été traitées à l'aide du tableur Excel 2007, et soumises à une analyse de variance. Les moyennes des variables ont été comparées en utilisant le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité 5% à l'aide du logiciel XLSTAT-pro 7.5.2 version 2007. Les boîtes à moustaches (diagrammes de Tukey) ont été réalisées à l'aide du logiciel PASW STAT 18.

VII.4. Résultats

VII.4.1. Paramètres physiologiques

VII.4.1.1. Taux de levée du sorgho

Le nombre de poquets ayant des plants levés selon les traitements et les sites montre qu'à Torokoro, le taux de levée du sorgho en culture pure est supérieur (99%) à celui du système sorgho-*Jatropha curcas* (97%) en 1^{ère} année. Par contre, au cours de la 2^{ème} et de la 3^{ème} année, le taux de levée du sorgho n'a pas révélé de différence entre le système sorgho-*Jatropha curcas* et celui du sorgho en culture pure sur l'ensemble des sites. Dans l'ensemble, la culture de sorgho associée au *Jatropha curcas* et celle du sorgho en culture pure, présentent tous un bon taux de levée quel que soit le site.

VII.4.1.2. Hauteur des plants de sorgho

D'une manière générale, les résultats montrent que les plants de sorgho associés au *Jatropha curcas* présentent une hauteur supérieure à celle des plants du sorgho en culture pure. Trente jours après semis (30 JAS), on observe des différences significatives entre les hauteurs des plants issus du sorgho associé au *Jatropha curcas*, et celles provenant de la culture pure de sorgho ($P < 0,05$), tant en première qu'en deuxième année d'expérimentation (Tableau XIV). Les plants de sorgho sous culture de *Jatropha curcas* présentent une hauteur supérieure de 19% et de 15% à celle du sorgho en culture pure, respectivement en première et en deuxième années. En troisième année et à soixante jours après semis (60 JAS), on observe des différences significatives ($P < 0,05$) entre les hauteurs des plants issus de sorgho associés au *Jatropha curcas* et celles provenant de la culture pure de sorgho. Le sorgho en culture associée au *Jatropha curcas* présente une hauteur supérieure de 12% à celle de la culture pure de sorgho. Quatre-vingt-dix jours après semis (90 JAS) et pendant les trois années d'expérimentation, on observe des différences significatives entre les hauteurs des plants de sorgho associé au *Jatropha curcas* et ceux de la culture pure ($P < 0,05$). Les plants de sorgho sous culture de *Jatropha curcas* présentent une hauteur plus importante (9% au cours de la 1^{ère} année, 10% au cours de la 2^{ème} année et 11% au cours de la 3^{ème} année) par rapport au témoin sans *Jatropha curcas*.

Tableau XIV : Evolution de la hauteur des plants de sorgho

Année d'expérimentation	Système de culture	Hauteurs des plants (cm)		
		30 JAS	60 JAS	90 JAS
1 ^{ère} année	Sorgho- <i>Jatropha</i>	54,53 a \pm 2,42	111,85 a \pm 9,07	242,35 a \pm 17,10
	Sorgho pur	37,35 b \pm 3,11	106,21 a \pm 11,13	202,03 b \pm 8,21
	<i>Pr>F</i>	0,017	0,319	0,037
	<i>Signification</i>	S	NS	S
2 ^{ème} année	Sorgho- <i>Jatropha</i>	52,75 a \pm 2,24	115,14 a \pm 14,34	253,18 a \pm 11,25
	Sorgho pur	39,34 b \pm 4,22	111,54 a \pm 17,74	205,08 b \pm 6,33
	<i>Pr>F</i>	0,031	0,689	0,038
	<i>Signification</i>	S	NS	S
3 ^{ème} année	Sorgho- <i>Jatropha</i>	64,18 a \pm 4,65	168,58 a \pm 2,18	289,55 a \pm 21,21
	Sorgho pur	58,21 a \pm 3,31	132,41 b \pm 4,32	231,37 b \pm 24,19
	<i>Pr>F</i>	0,311	0,012	0,029
	<i>Signification</i>	NS	S	S

Les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité 5%. JAS : Jours Après Semis ; **Pr>F** Probabilité observée ; **S** : Significatif ; **NS** : Non significatif

VII.4.1.3. Evolution du nombre de feuilles

La Figure 15 montre l'évolution du nombre de feuilles des plants de sorgho. Au 30^{ème} jour après semis, le nombre moyen de feuilles était de 4 feuilles par plant. A 60 jours après semis, le nombre de feuilles a atteint 6 pour le sorgho associé au *Jatropha curcas*, contre 5 feuilles pour le sorgho en culture pure. Au 90^{ème} jour après semis, on dénombre 11 feuilles sur les plants de sorgho associé au *Jatropha curcas*, contre 10 feuilles pour les plants provenant de la culture pure de sorgho.

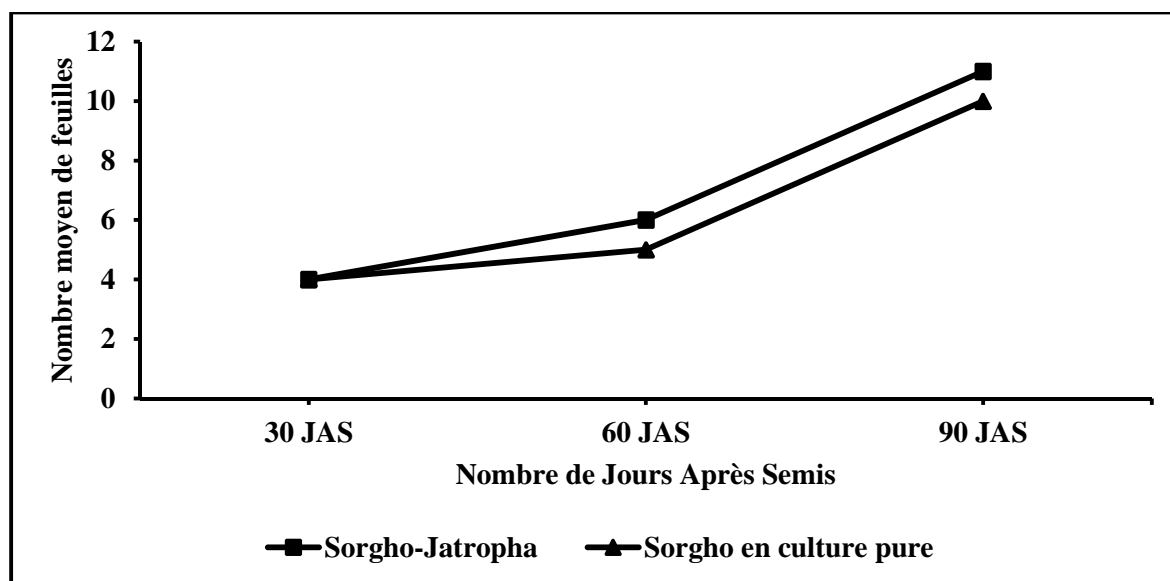


Figure 15: Evolution du nombre de feuilles par plant

VII.4.2. Paramètres de rendement

VII.4.2.1. Poids des panicules

Le résultat est donné dans le Tableau XV. De manière générale, le poids des panicules varie en 3^{ème} année de production. Les résultats n'indiquent aucune différence significative entre le poids des panicules issues de l'association sorgho-*Jatropha curcas* et celui des plants de sorgho en culture pure, au cours des 2 premières années ($p > 0,05$). En 3^{ème} année par contre, on observe une différence significative entre le poids des panicules des deux lots de plantes. Le poids moyen des panicules de sorgho issues de l'association sorgho-*Jatropha curcas* est de $1361,2 \text{ kg.ha}^{-1} \pm 68,7$ contre $1114,3 \text{ kg.ha}^{-1} \pm 33,9$ pour les panicules de sorgho en culture pure.

Tableau XV: Poids des panicules de sorgho en fonction du système de culture

Années	Systèmes de cultures	Poids panicules (kg.ha ⁻¹)
1 ^{ère} année	Sorgho-Jatropha	1256,1 a ± 81,3
	Sorgho pur	1203,4 a ± 62,7
	<i>Pr>F</i>	0,340
	<i>Signification</i>	NS
2 ^{ème} année	Sorgho-Jatropha	1295,7 a ± 41,2
	Sorgho pur	1254,6 a ± 23,4
	<i>Pr>F</i>	0.360
	<i>Signification</i>	NS
3 ^{ème} année	Sorgho-Jatropha	1361,2 a ± 68,7
	Sorgho pur	1114,3 b ± 33,9
	<i>Pr>F</i>	0,041
	<i>Signification</i>	S

Les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différent au seuil de probabilité 5%. **Pr>F** : Probabilité observée ; **S** : Significatif ; **NS** : Non significatif.

VII.4.2.2. Nombre de grains par panicule et poids de mille (1000) grains

Les résultats sont présentés dans le Tableau XVI. Le nombre de grains par panicule et le poids de 1000 grains n'ont pas varié, quel que soit le système de culture. On n'observe aucune différence significative entre le nombre de grains par panicule issue de l'association sorgho-*Jatropha curcas* et celui provenant de la culture pure de sorgho et ce, pendant les trois années de culture. Le même résultat est observé pour le poids de 1000 grains.

Tableau XVI: Variation du nombre de grains par panicule et du poids de 1000 grains de sorgho en fonction du système de culture

Années	Systèmes de cultures	Nombre de grains/Panicule	Poids de 1000 grains (g)
1 ^{ère} année	Sorgho- <i>Jatropha</i>	785,9a ± 67,4	20,4a ± 0,7
	Sorgho pur	768,7a ± 11,2	19,6a ± 0,4
	<i>Pr>F</i>	0,101	0,392
	<i>Signification</i>	NS	NS
2 ^{ème} année	Sorgho- <i>Jatropha</i>	839,8a ± 89,3	21,8a ± 1,6
	Sorgho pur	832,1a ± 95,4	21,4a ± 1,3
	<i>Pr>F</i>	0,949	0,989
	<i>Signification</i>	NS	NS
3 ^{ème} année	Sorgho- <i>Jatropha</i>	858,4a ± 85,2	21,2a ± 0,4
	Sorgho pur	847,5a ± 75,6	20,5a ± 0,6
	<i>Pr>F</i>	0,942	0,247
	<i>Signification</i>	NS	NS

Les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différent au seuil de probabilité 5%. **Pr>F** : Probabilité observée ; **NS** : Non significatif.

VII.4.2.3. Rendement grains du sorgho

Les résultats sont présentés à la Figure 16. On note des différences significatives entre les traitements mis en comparaison aussi bien en première année, en deuxième année, qu'en troisième année.

En première année, le rendement grains de sorgho issu du système sorgho-*Jatropha curcas* a augmenté de 244 kg.ha⁻¹ par rapport à celui du sorgho en culture pure. En deuxième année, on observe une augmentation de 356 kg.ha⁻¹ du rendement grains de sorgho provenant de l'association sorgho-*Jatropha*, par rapport à celui de la culture pure de sorgho. En troisième année, on observe également une augmentation des rendements grains provenant des 2 systèmes de culture. En effet, le rendement a augmenté de 494 kg.ha⁻¹ pour le sorgho associé au *Jatropha curcas*, par rapport à celui du sorgho en culture pure.

Durant ces trois années, les rendements de l'association sorgho-*Jatropha curcas* ont été supérieurs à ceux de la culture pure de sorgho. Les rendements de sorgho en troisième année sont restés supérieurs à ceux obtenus en première et en deuxième année. Par rapport à la première année, les rendements en sorgho ont augmenté de 112 kg.ha⁻¹ et de 250 kg.ha⁻¹ respectivement en deuxième et troisième années.

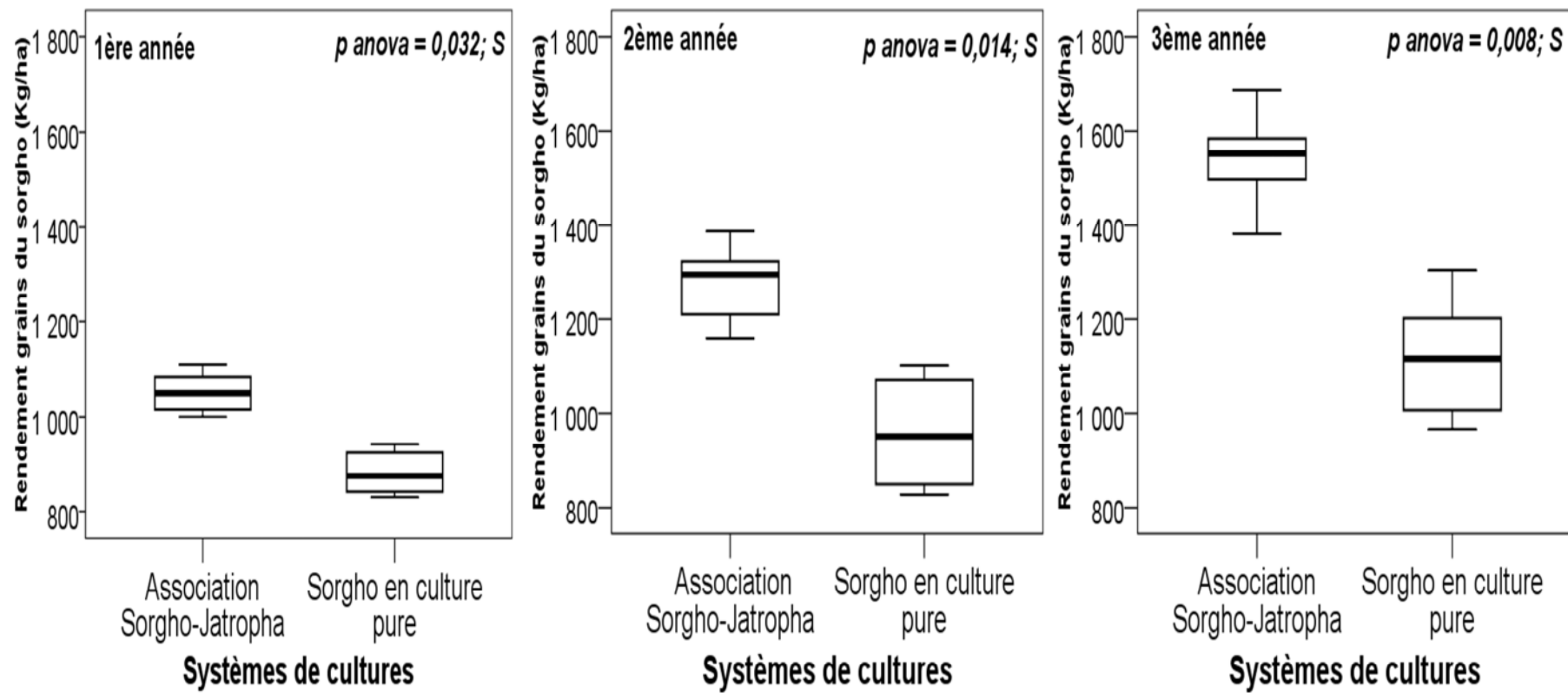


Figure 16: Evolution des rendements grains en fonction des systèmes de culture.

Les barres horizontales dans le boxe représentent les médianes

VII.4.2.4. Rendement paille du sorgho

Les rendements en paille du sorgho associé au *Jatropha curcas*, présentent les mêmes tendances évolutives que les rendements grains pendant les trois années de l'étude (Figure 17). Les résultats montrent que les parcelles du système sorgho-*Jatropha curcas* produisent plus de biomasse aérienne que celles du sorgho en culture pure.

Dès la première année, on observe des différences significatives entre le rendement paille du système sorgho-*Jatropha curcas* et celui du sorgho en culture pure. La quantité de biomasse provenant du sorgho cultivé en association avec le *Jatropha curcas* a augmenté de 524 kg.ha^{-1} par rapport à celle du sorgho en culture pure.

En deuxième année, l'analyse révèle une différence significative entre le rendement paille du sorgho associé au *Jatropha curcas* et celui du sorgho en culture pure. Le rendement paille a été augmenté dans le système sorgho-*Jatropha curcas*. L'augmentation de la production de paille dans l'association sorgho-*Jatropha curcas* est de 708 kg.ha^{-1} par rapport à celle de la culture pure de sorgho.

En troisième année, l'analyse montre également une différence significative entre les traitements. Le rendement paille du sorgho de l'association sorgho-*Jatropha curcas* a fortement augmenté de 1011 kg.ha^{-1} par rapport à celui de la culture pure de sorgho. Toutefois, les rendements paille ont augmenté significativement dans le système sorgho-*Jatropha curcas* de 184 kg.ha^{-1} et de 487 kg.ha^{-1} par rapport à ceux observés en culture pure de sorgho respectivement en deuxième et troisième année.

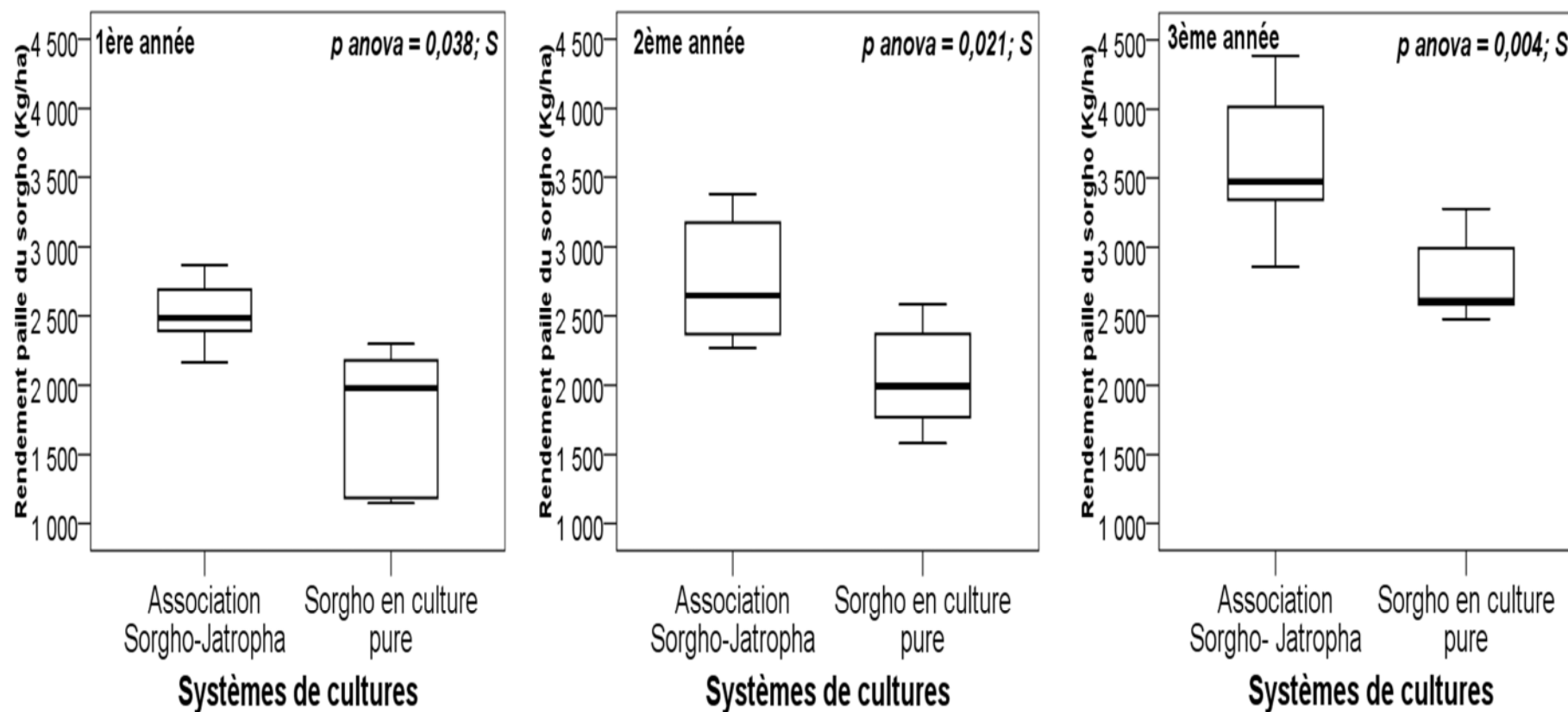


Figure 17: Evolution des rendements paille en fonction des systèmes de culture.

Les barres horizontales dans le boxe représentent les médianes.

VII.5. Discussion

VII.5.1. Effet des haies de *Jatropha curcas* sur la croissance et le développement du sorgho

Pour le taux de levée, tous les systèmes ont donné de bons taux de levée, supérieurs à 97%. Ceci s'expliquerait par le fait que la germination des grains n'exige pas de conditions particulières, le facteur limitant pour cette phase étant principalement l'humidité du sol. A cela s'ajoute le fait que les parcelles ont été labourées, des conditions qui, selon Yaméogo (2012), favoriseraient l'homogénéité du taux de levée du sorgho. Ces résultats sont en accord avec ceux de Touckia *et al.* (2016), qui n'ont observé aucune différence significative entre deux systèmes de culture (maïs associé au *Jatropha curcas* et maïs en culture pure) en Centrafrique sur le taux de levée du maïs.

Le sorgho issu du système sorgho-*Jatropha curcas* croît plus vite que le sorgho en culture pure. Les différences significatives observées entre la croissance des plants de sorgho, avec une meilleure taille pour les plants de sorgho de l'association sorgho-*Jatropha curcas* par rapport à ceux de la culture pure, pourrait s'expliquer par le niveau de la fertilité du sol. Les études de DuPont *et al.*, (2014) et de Dieye (2016) ont montré que les sols cultivés avec les cultures annuelles ont des teneurs en carbone plus faibles que les sols cultivés avec des plantes pérennes du fait de la biomasse racinaire qui est plus élevée chez les plantes pérennes. Les quantités de substances excrétées par les racines sont déterminées par l'état de fonctionnement et par l'état de croissance (De Rassac *et al.*, 1998). Dans l'association sorgho-*Jatropha curcas*, la matière organique en se décomposant, serait une source de nutriments pour les plants de sorgho. Nos résultats sont similaires à ceux de Gnoumou *et al.* (2017), qui ont montré que la matière organique, en se dégradant, libère les éléments minéraux essentiels pour la nutrition de la plante. Selon Soulama (2008) et Sene (2009), l'enfouissement dans le sol des feuilles de *Jatropha curcas* permet d'améliorer les propriétés chimiques du sol et la croissance des plants. Comme nous l'avons montré au chapitre VI, la présence du *Jatropha curcas* se traduit par l'augmentation de la teneur du sol en matière organique. La minéralisation de la litière de *Jatropha curcas* aurait contribué à améliorer la teneur du sol en azote et en phosphore, favorisant ainsi la croissance des plants de sorgho. Ces résultats sont en accord avec ceux de Soulama (2008) et de Samaké (1992) qui stipulent que le taux de matière organique issu de *Jatropha curcas* a un effet positif sur la croissance des plants de maïs. En outre, l'amélioration du statut hydrique du sol pourrait aussi expliquer cette performance des plants de sorgho, car selon Burgess *et al.* (1998) cités par Topan (2015), les arbres ont la capacité d'humidifier les horizons superficiels par leurs racines. On peut donc dire que le *Jatropha curcas* en améliorant les teneurs en C organique et en phosphore assimilable du sol, contribue à accélérer la croissance du sorgho. Ce résultat corrobore celui de

Bazongo (2011), qui a montré que le *Jatropha curcas* avait un effet favorable sur la croissance des plants. Les résultats obtenus par Tapsoba (2011) ont également montré que le *Jatropha curcas* peut même être cultivé en association avec plusieurs cultures alimentaires, sans compétition. La culture du *Jatropha curcas* n'entraîne pas de compétition avec les cultures vivrières annuelles (Hammer et Heller, 1998 ; Singh et Ghoshal, 2011).

VII.5.2. Effet des haies de *Jatropha curcas* sur le poids des panicules, le rendement grains et paille du sorgho

Le poids total des panicules issues du sorgho associé au *Jatropha curcas* est supérieur à celui des panicules provenant de la culture pure de sorgho. Toutefois, les haies de *Jatropha curcas* n'ont montré aucun impact positif sur le poids des panicules les deux premières années. En revanche, les haies de *Jatropha curcas* ont eu des effets améliorants sur le poids des panicules issues de l'association sorgho-*Jatropha curcas* à la troisième année. Ces résultats s'expliquent par la différence de fertilité des sols dans les deux systèmes de culture. L'amélioration de la teneur du sol en phosphore pourrait contribuer à la formation des panicules des plants de sorgho et à accélérer leurs mises en grain (Kaboré, 2014). Sous culture de *Jatropha curcas*, le phosphore assimilable serait accessible aux plants de sorgho pour la formation des panicules et la mise en grain, et le potassium pourrait, selon Latalpie (2007); Legendre (2008) et Laviola et Dias (2008), stimuler la constitution de la réserve nutritive. Ceci confirme les résultats des travaux de Bazongo (2011) et de Yélémou *et al.* (2013), qui ont montré que le phosphore contribue à accélérer la mise en grain du sorgho respectivement dans un système de culture sorgho-*Jatropha curcas* et de sorgho-*Piliostigma*. Pour Traoré *et al.* (2012), le *Jatropha curcas* contribuerait à l'augmentation du poids total de panicules à l'hectare.

Le nombre de grains par panicule et le poids de 1000 grains ne sont pas significativement différents dans les deux systèmes de culture au cours des trois années de production. Ces résultats confirment ceux de l'INERA (1990), qui ont montré que le poids de 1000 grains de la variété de sorgho Sariasso 01 est compris entre 20 et 23 g. La culture de *Jatropha curcas* n'a donc pas eu d'effets améliorants sur le nombre de grains par panicule et le poids de 1000 grains.

Les rendements grains sont faibles par rapport au potentiel de la variété. Durant les trois années de culture, les rendements grains obtenus avec le sorgho associé au *Jatropha curcas* sont plus importants que ceux du sorgho en culture pure. Ces résultats s'expliquent par le fait que les pieds de *J. curcas* n'ont pas encore développé un système racinaire et un ombrage important pour entraîner une compétition entre les deux espèces en présence. Newman *et al.* (1998), rapportent que lorsque

l'arbre développe un ombrage important sur les cultures intercalaires, cela a un impact négatif sur la hauteur et le rendement des cultures vivrières cultivées en intercalaires. Aussi, les rendements grains obtenus avec le sorgho associé s'expliquent probablement par le bon enracinement du sorgho à cause de l'ameublissement du sol par la matière organique issue de la litière de *Jatropha curcas*, avec pour conséquence, une bonne alimentation hydrique et minérale du sorgho associé. De plus, l'amélioration des rendements du sorgho dans le système sorgho-*Jatropha curcas* pourrait provenir de la matière organique qui, à travers sa minéralisation et son importance dans la dynamique de l'azote (Pieri 1989 ; Yaméogo 2012), a une influence directe sur la nutrition de la plante et sur les propriétés chimiques du sol. La matière organique améliore également la capacité de rétention en eau du sol. Ce facteur améliore la production de matière sèche qui se traduit par des plantes de bonnes vigueur résistant mieux aux aléas climatiques avec pour conséquence de meilleurs rendements (Koulibaly *et al.*, 2009 ; Kantiono, 2010). La promotion de la culture intercalaire de *Jatropha curcas* avec les cultures vivrières permet de réduire le labour qui n'est pas nécessaire avec la culture de *Jatropha curcas* permettant ainsi une amélioration de la qualité en sols par la teneur de carbone organique (Razafimbelo *et al.*, 2006 ; Favretto *et al.*, 2014). Des résultats similaires ont été obtenus en Centrafrique (Touckia *et al.*, 2016) et au Ghana (Abugre *et al.*, 2011b) avec l'association maïs-*J. curcas*. L'action positive du *Jatropha curcas* sur le rendement d'une culture de sorgho a été citée par Bazongo (2011), pour qui, les meilleurs rendements sont obtenus avec du sorgho distant de la haie de *Jatropha curcas* de 2 m. Ces résultats sont en accord avec ceux de Kaboré (2014) et de Topan (2015) qui stipulent que les rendements grains de sorgho sont plus élevés dans le système sorgho-*Jatropha curcas* par rapport à ceux d'une parcelle de sorgho en culture pure. Tapsoba (2011) en comparant les rendements du maïs en culture pure à ceux du maïs obtenus dans l'association maïs-*Jatropha curcas*, a abouti au même résultat avec de meilleurs rendements avec l'association maïs-*Jatropha curcas*.

La production de biomasse aérienne a été significativement supérieure dans le système de culture sorgho-*Jatropha curcas* par rapport à celle obtenue en culture pure. Ceci pourrait s'expliquer par les fortes teneurs du sol en éléments nutritifs issus de la litière de *Jatropha curcas* et des exsudats racinaires qui ont contribué à la croissance et au développement végétatif du sorgho associé. Aussi, cela pourrait s'expliquer par la forte disponibilité des nutriments, comme le laisse suggérer le coefficient de minéralisation du carbone. En effet, pour Traoré *et al.* (2012) et Yélémo *et al.* (2013b), le développement de la biomasse aérienne d'une culture est d'autant plus important que le sol est lui-même riche en éléments fertilisants. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bazongo (2011), qui ont montré que les meilleurs rendements de biomasse sont obtenus avec des plants de

sorgho distants des plantations de *Jatropha* de 1 m et de 2,5 m. Minengu (2014b) affirme que pour une association culturale avec *J.curcas*, les facteurs à prendre en compte sont la morphologie, la phénologie des cultures associées, la densité de plantation, le calendrier de plantation, la fertilité du sol et la disponibilité en eau. Pour Reubens *et al.* (2010), le développement des racines latérales et superficielles des plantes de *J.curcas* est important quand les plantes sont âgées de plus de 6 ans et c'est à ce stade que peut intervenir la concurrence entre ces plantes de *Jatropha* et les cultures associées.

Les faibles valeurs des composantes du rendement dans le système en culture pure de sorgho seraient dues à la croissance lente et au faible développement de l'appareil végétatif des plants. Dans la présente étude, beaucoup de plants n'ont pas atteint le stade d'épiaison et certains ont flétris sous l'effet des poches de sécheresse. Cette tendance du développement des plants pourrait s'expliquer aussi par le faible niveau de fertilité des sols dans ce traitement. Le fait que certains plants de sorgho ne puissent boucler leur cycle végétatif dans les parcelles de sorgho en culture pure à cause des poches de sécheresse a été rapporté par Sawadogo *et al.* (2008) et Yaméogo *et al.* (2013).

Les résultats obtenus démontrent l'intérêt de l'association sorgho-*Jatropha curcas* comme un ouvrage de conservation de l'humidité des sols. La semence améliorée (Sariasso 1), associée à cette technique, permet d'améliorer efficacement les rendements grains et paille du sorgho dans les sites d'étude grâce aux potentiels de la semence qui s'adapterait mieux aux variations climatiques.

VII.6. Conclusion Partielle

Afin d'évaluer l'influence de *Jatropha curcas* sur la croissance et la productivité du sorgho, des essais ont été implantés dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Les résultats montrent que le *Jatropha curcas* aurait un effet positif sur la croissance du sorgho qui lui est associé. Les travaux ont mis en évidence l'influence des haies de *Jatropha curcas* sur les composantes du rendement du sorgho. *Jatropha curcas* L. pourrait contribuer à améliorer la production de la biomasse et le rendement du sorgho qui lui est associé. L'association « *Jatropha curcas*-céréale » peut être une solution au manque de fourrage. Il conviendrait d'étendre cette étude à d'autres zones pédoclimatiques, tout en testant l'association du *Jatropha curcas* à d'autres cultures comme les cultures maraîchères et les plantes à tubercules.

CHAPITRE VIII : DISCUSSION GENERALE

Cette thèse vise à caractériser les systèmes de production à base de *Jatropha curcas*, la productivité de *Jatropha curcas*, à étudier l'influence de la plante sur les propriétés physico-chimiques, biologiques du sol et à évaluer le rendement du sorgho qui lui est associé.

Il s'est agi de répondre aux trois questions suivantes: (i) Quels sont les systèmes de culture à base de *Jatropha curcas* présents dans les exploitations agricoles de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso? (ii) la culture du *Jatropha curcas* a-t-elle un effet sur le taux de C organique et la vie du sol? (iii) les données actuelles permettent-elles d'établir des référentiels pour déterminer l'impact du *Jatropha curcas* sur le sorgho utilisé en culture associée?

Pour répondre à ces questions, des travaux ont été conduits en milieu paysan. Ces travaux ont permis de caractériser les systèmes de production du *Jatropha curcas*, de déterminer la productivité du *Jatropha curcas*, le taux de C organique et biologique des sols et d'évaluer les impacts de la culture du *Jatropha curcas* sur les rendements du sorgho associé au *Jatropha curcas*.

VIII.1. Quels diagnostics pour améliorer la production de *Jatropha curcas* dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso?

Au chapitre IV, les travaux ont mis en évidence une diversité de stratégies et de techniques de production de *Jatropha curcas*. Les producteurs ont développé des outils et des modes de culture pour relever les défis de la production de *Jatropha curcas*. Cependant, on constate au fil des années, une stagnation des superficies des plantations qui s'explique par une méfiance des producteurs liée à la non-maîtrise de la culture du *Jatropha curcas*. La culture du *Jatropha curcas* est récente, car elle s'est développée seulement au cours de cette décennie (Traoré, 2009). En outre, on constate une baisse des rendements, qui est la résultante des mauvaises pratiques de gestion des terres agricoles. Pour assurer une meilleure rentabilité de l'exploitation, les cultures vivrières sont le plus souvent associées à la culture du *Jatropha curcas*. Les conclusions issues de la caractérisation des systèmes de production ont montré la limite des informations visant à promouvoir l'association des cultures exigeantes comme le maïs ou le coton, ou à augmenter les superficies de *Jatropha curcas*.

Nous avons étudié au chapitre V, la productivité du *Jatropha curcas* dans les conditions de culture de la zone sud-soudannienne du Burkina Faso. Le diamètre et la hauteur maximale observés sur les plantes de *Jatropha curcas* âgées de 6 ans peuvent s'expliquer par la disponibilité des éléments minéraux indispensables pour la croissance des plantes mais aussi

par la capacité des racines à utiliser ces éléments minéraux du sol. Les plantes âgées de 6 ans, ont des ports bien ramifiés et ont tendance à occuper tout l'espace disponible. Les rendements de *Jatropha curcas* et le taux de remplissage des graines demeurent faibles quel que soit l'âge des plantations. Ces rendements restent en deçà de ceux rapportés par Lélé (2008) qui a obtenu une production de graines comprise entre 2 et 5 t/ha.

VIII.2. Quel impact la culture de *Jatropha curcas* peut-elle avoir sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols et sur les rendements de la culture associée (*Sorghum vulgare*).

L'étude de l'influence de la culture du *Jatropha curcas* sur les propriétés des sols et sur la culture associée a révélé des pistes pour une gestion efficiente et durable de la fertilité des sols.

L'exploitation des données aux chapitres VI et VII a montré le rôle prépondérant de *Jatropha curcas* sur les propriétés des sols et sur la culture associée. Le taux d'argile est plus élevé dans le sol sous houppier comparativement au sol hors houppier de *Jatropha curcas*. Nous avons observé une activité biologique importante dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas*. Cette activité biologique entraînerait, selon Traoré *et al.* (2007), une remontée des éléments fins vers les horizons de surface et expliquerait la présence des argiles sous le houppier de *Jatropha curcas*. Par ailleurs, aucune différence n'a été mise en évidence entre les classes texturales, en comparant le sol sous culture de *Jatropha curcas* et le sol témoin sans *Jatropha curcas*. Nous pouvons alors déduire que le *Jatropha curcas* ne semble pas perturber la texture du sol sur les horizons de surface.

Les analyses de sols présentées au chapitre VI ont montré l'influence de *Jatropha curcas* sur le pH du sol qui, selon ITAB (2002) et Yoni (2005), a un effet sur la taille de la biomasse et sur la diversité des populations microbiennes. Plus le sol est acide, plus la biomasse microbienne est faible. Les résultats confirment les propos de Yélérou (2013b) pour qui, le degré d'accumulation des matières organiques dans le sol dépend d'une part de la quantité et de la qualité des substances organiques, et d'autre part, de leur vitesse de décomposition par les micro-organismes. La dynamique du carbone organique du sol qui est sous le contrôle de plusieurs facteurs physiques, chimiques et biologiques, parfois très internes sous les tropiques, conduit à un temps de séjour relativement court du carbone organique dans les sols (Yoni, 2005). En outre, l'horizon de surface est marqué par de nombreuses racines de *Jatropha curcas* constamment renouvelées, et ces racines mortes

joueraient selon Sanou (2010), un rôle important dans le métabolisme du carbone organique et de l'azote total du sol sous *Jatropha curcas*. Parallèlement, l'activité des enzymes est plus importante dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas* comparée au sol hors houppier (Diedhou *et al.*, 2009).

Les dégagements de C-CO₂ du sol baissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du houppier de *Jatropha curcas*. La faible respiration constatée dans le sol hors houppier de *Jatropha curcas* pourrait s'expliquer par les conditions environnementales peu favorables à l'activité des micro-organismes.

La biomasse microbienne dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas* est toujours plus élevée que celle obtenue dans le sol hors houppier. Nos travaux mettent en évidence l'existence d'une forte corrélation positive entre la biomasse microbienne et certains éléments chimiques du sol comme le carbone organique et l'azote total, et corroborent les propos de ITAB (2002) et de Lee et Jose (2003) pour qui, la quantité de biomasse microbienne et son activité sont fonction de la quantité du carbone organique et notamment de sa fraction libre. L'abondance des spores dans le sol sous houppier pourrait s'expliquer par la forte densité des racines fines de *Jatropha curcas*, siège de la formation des mycorhizes.

L'étude présentée au chapitre VII montre l'avantage d'associer le sorgho au *Jatropha curcas*. Les résultats montrent une meilleure croissance du sorgho associé au *Jatropha curcas* par rapport au sorgho en culture pure. Ces résultats sont la traduction de l'apport du carbone organique et de la biomasse microbienne au développement du sorgho, et confirment les conclusions de Yougbaré (2008) montrant que l'apport de carbone organique induit un bon développement végétatif du sorgho. Nos résultats sont en accord avec ceux de Koulibaly *et al.* (2009), qui indiquent que l'apport localisé du carbone organique entraîne une amélioration des rendements du sorgho. L'amélioration des rendements du sorgho semble être liée à l'action de la matière organique que Pieri (1989) et Yaméogo (2012) résument en trois rôles essentiels à savoir :

- la stimulation de la formation des racines de la culture ;
- la stabilité de la structure du sol ;
- l'influence sur la nutrition de la plante et sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Selon Kaboré (2014), le carbone organique issu de la litière de *Jatropha curcas* augmente la disponibilité des éléments nutritifs et l'humidité du sol. En effet, la matière organique en tant que substrat organique favorise une accumulation d'eau (Zougmore *et al.*,

2004). En outre, la décomposition de la matière organique libère des éléments minéraux et des micro-éléments indispensables à la croissance des cultures. Ainsi, les plantes y trouvent l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à la synthèse de la matière sèche. Naitormbaidé (2012) signale également que le rendement du sorgho est fortement lié à la teneur du sol en matière organique. La forte corrélation entre la densité de spores et le P assimilable des sols étudiés indique que le *Jatropha curcas* pourrait contribuer à l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques du sol et par conséquent, à la croissance et au rendement du sorgho.

Les travaux ont mis en évidence l'influence des haies de *Jatropha curcas* sur les composantes du rendement du sorgho. Le *Jatropha curcas* contribue à améliorer la production de biomasse et le rendement du sorgho qui lui est associé. L'association culture céréalière-*Jatropha curcas* peut être une solution au manque de fourrage.

Enfin, cette étude a permis de générer et de capitaliser une base de données sur différents systèmes de production à base de *Jatropha curcas*, pouvant servir de base pour d'autres études agro-pédologiques pour l'amélioration de la fertilité des terres dégradées dans d'autres zones pédoclimatiques.

Conclusion Générale, Recommandations et Perspectives

Conclusion Générale

La présente étude est une contribution à une meilleure connaissance des systèmes de production à base de *Jatropha curcas*, en vue d'assurer la durabilité des systèmes de production au sahel. A partir des résultats obtenus au cours de ces trois années de travail, nous pouvons retenir ce qui suit :

- i) le développement de la culture de *Jatropha curcas* est récente au Burkina Faso, et sa promotion est l'œuvre d'acteurs privés, de projets de développement et des services étatiques, qui se sont fortement impliqués pour son intégration dans les systèmes de culture des producteurs ;
- ii) le mode de plantation de *Jatropha curcas* le plus adopté est celui recommandé par les promoteurs, à savoir l'écartement de 5 m entre les lignes et de 2 m entre les pieds, soit une densité de 1071 plants/ha ;
- iii) la productivité des champs de *Jatropha curcas* reste faible (entre 300 et 700 kg/ha) et ne permet pas aux producteurs d'obtenir des revenus substantiels au vu du prix d'achat des graines de *Jatropha curcas*. Les rendements sont très variables et semblent être influencés par la fertilité des sols ;
- iv) les producteurs sont réservés quant à associer au *Jatropha* des cultures exigeantes comme le maïs ou le coton, ou à augmenter les superficies de *Jatropha curcas* ;
- v) les teneurs en matière organique du sol, l'activité biologique et la biomasse microbienne sont plus importantes dans le sol sous le houppier de *Jatropha curcas* par rapport au sol hors houppier, ce qui constitue un avantage certain dans la lutte contre la dégradation des terres agricoles. Les teneurs en éléments nutritifs sont plus élevées dans les champs de *Jatropha curcas* par rapport aux champs témoins sans *Jatropha curcas* ;
- vi) les rendements grains et paille du sorgho sont plus élevés dans les associations sorgho- *Jatropha curcas* comparativement à la culture pure de sorgho.

La quantité de biomasse sèche produite par le *Jatropha curcas* augmente considérablement avec l'âge de la plantation. Cette biomasse est riche en carbone, en phosphore et en

potassium. Une forte densité des spores des endomycorhizes et une bonne corrélation entre celle-ci et le phosphore disponible du sol, ont été observées. Tout ceci, indique que le *Jatropha curcas* est susceptible d'améliorer de façon significative, la fertilité chimique et biologique des sols. Les travaux ont également montré que le *Jatropha curcas* contribue à améliorer la production de biomasse et le rendement du sorgho qui lui est associé. L'association *Jatropha curcas*-culture céréalière peut donc être une solution à l'amélioration de la sécurité alimentaire des populations et à l'augmentation du disponible fourrager.

De nos résultats, il apparaît que notre première hypothèse n'est pas vérifiée, car le système de plantation recommandé par les promoteurs est celui adopté par l'ensemble des producteurs, indépendamment de la disponibilité en terre et des connaissances des producteurs sur la culture. L'hypothèse 2 est en partie vérifiée, car la plantation de *Jatropha curcas* permet d'améliorer les propriétés chimiques et biologiques des sols, mais affecte très peu leurs propriétés physiques. Notre dernière hypothèse de travail est vérifiée car les résultats indiquent que la plantation de *Jatropha curcas* permet d'améliorer la productivité de la culture de sorgho qui lui est associée.

Recommandations

Au terme de notre étude nous recommandons ce qui suit :

A l'endroit des producteurs de *Jatropha curcas* :

- conserver la densité de semis proposée par les promoteurs, c'est-à-dire 2 m entre les plants et 5 m entre les haies, pour mieux valoriser les terres agricoles et lutter contre la dégradation des sols ;
- maintenir l'association sorgho-*Jatropha curcas* pendant au moins 6 ans, afin d'accroître la production du sorgho ;

A l'endroit des services de vulgarisation et promoteurs de la culture de *Jatropha curcas* :

- poursuivre la sensibilisation et la formation des producteurs sur l'itinéraire technique de production de *Jatropha curcas* ;
- renforcer les capacités techniques et organisationnelles des producteurs pour une meilleure connaissance de la culture. Pour ce faire, créer un cadre de collaboration entre les acteurs de la filière, les services de la recherche et ceux de la vulgarisation agricole.

Perspectives

Les résultats de ce travail de thèse ont permis d'identifier plusieurs perspectives de recherches. Les résultats obtenus ont suscité des interrogations sur le statut du sol sous culture de *Jatropha curcas*, et nécessitent de ce fait, d'autres investigations. Il apparaît nécessaire de poursuivre la caractérisation des systèmes de culture à base de *Jatropha curcas* dans d'autres zones agro-écologiques du pays en vue de proposer des itinéraires techniques pour chaque zone agro-écologique.

Face au problème de maintien de la fertilité des sols, la litière apparaît comme une contribution efficace. Nos travaux ont mis en évidence la qualité de la litière de *Jatropha curcas* qui demeure une source importante de C organique. La prise en compte de l'azote (teneurs, dynamique-minéralisation) est un élément important pour une meilleure compréhension de la contribution du *Jatropha curcas* dans le fonctionnement du système « sol-cultures associées-*Jatropha curcas* ». Il est important d'évaluer la valeur agronomique de la biomasse de *Jatropha curcas* sur des sols dégradés. Les feuilles de *Jatropha curcas* pourraient participer à l'amélioration de la gestion des terres et à la lutte contre la dégradation des terres et la déforestation. En somme, les résidus de *Jatropha curcas* présentent un intérêt agronomique en vue d'une gestion durable des terres. Le carbone organique issu des résidus de *Jatropha curcas* demeure la solution pour assurer la pérennité des systèmes de productions agricoles. Il serait indiqué d'évaluer l'adaptation de cette plante à la sécheresse. Ce travail pourrait être un atout pour la réhabilitation des terres dégradées dans la zone sud-soudanienne. Nos travaux indiquent la nécessité de valoriser le système de culture sorgho-*Jatropha curcas*, et d'entreprendre des études dans d'autres zones pédoclimatiques en utilisant comme cultures associées les cultures maraîchères et les plantes à tubercules. L'utilisation des plantes à tubercules permettrait de comprendre leurs interactions racinaires avec le *Jatropha curcas*, et d'étudier le phénomène de toxicité induite par le *Jatropha curcas*.

Compte tenu de la présence de la curcine, il est impératif de procéder à une évaluation fine de son effet biocide sur les microorganismes du sol, et de son éventuel transfert dans les organes de la culture associée (paille, grains).

Références bibliographiques

- Abugre S, Oti-Boateng C, Yeboah M., 2011a.** Litter fall and decomposition trend of *Jatropha curcas* L. Leaves mulches under two environmental conditions“. *Agriculture and Biology Journal of North America*. **2**: 462-470.
- Abugre S, Oti-Boateng C, Adu-Gyamfi A., 2011b.** “Effect of distance from *Jatropha curcas* hedgerow on growth and yield of Zea mays“. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2151-7525.
- Achten W.M.J, Mathis E, Verchot L, Singh V.P, Aerts R, Muys B., 2007.** *Jatropha* biodiesel fueling sustainability? *Biofuels, Bioprod, Biorefining*. **1**: 283-291.
- Achten W.M.J, Verchot. L, Franken Y.J, Mathis E, Singh V.P, Aerts R, Muys B., 2008.** *Jatropha* biodiesel production and use. *Biomass and Bioenergy*. **32** (12) 1063-1084.
- Achten W.M.J, Maes W.H, Aerts R, Verchot L, Trabucco A, Mathijs E, Singh V.P, Muys B., 2010.** *Jatropha* From global hype to local opportunity. *Journal of Arid Environments*; **74**: 164-165.
- Adebowale K.O, Adedire C.O., 2006.** Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *African Journal of Biotechnology*. **5** (10): 901-906.
- AFDI., 2009.** Agrocarburants : quels enjeux pour les pays en développement ? Formation 4 Mars 2009. Agriculteurs Français et Développement International (AFDI), France 4 p.
- AFNOR., 1999.** Détermination du pH. (Association Française de Normalisation) NF ISO103 90, AFNOR Qualité des sols, Paris, pp. 339-348.
- Alfons Ü., 2008.** *Jatropha* à Madagascar-Rapport sur l'état actuel du secteur – Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) Madagascar, 32 p.
- Alguacil Md.M, Lozano Z, Campoy M.J, Roldan A., 2010.** Phosphorus fertilisation management modifies the biodiversity of AM fungi in a tropical forage savanna system. *Soil Biology and biochemistry*. **42** (7): 1114-1122.
- Aponte C.H., 1978.** Estudio de *Jatropha curcas* L. como recurso biotico. Diploma thesis. Xalapa-Enríquez. University Veracruz, Mexico. p 104.

- Asimi S., 2009.** Influence des modes de gestion de la fertilité des sols sur l'activité microbienne dans un système de cultures de longue durée au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'état ès-sciences naturelles, Institut du Développement Rural/ Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 177 p.
- Asimi S, Glaninazzi-Pearson V, Sedogo P. M, Assa A., 2000a.** Influence de différents types de fumures sur la nodulation et la mycorhization des plantes de niébé dans une rotation de cultures sorgho-niébé. Science et technique, *Sciences naturelles et agronomie*, **24** (1): 21-32.
- Asimi S, Sedogo P. M, Assa A, Lompo F., 2000b.** Influence des modes de gestion des terres sur la respiration du sol et le carbone de la biomasse microbienne, *Science et technique, Sciences naturelles et agronomie*, **24** (1): 42-53.
- Assigbetse K, Chotte J.L, Ndour Y., 2011.** Impact de la culture de *Jatropha curcas* L. et de ses tourteaux sur les propriétés chimiques et biologiques des sols dans un contexte de changement climatique. Atelier final du programme RIPIESCA: Recueils des résumés. Cotonou, Bénin. 131p.
- Assogbadjo A. E, Amadji G, Glèlè Kakaï R, Mama A, Sinsin B, Van Damme P., 2009.** "Evaluation écologique et ethnobotanique de *Jatropha curcas* L. au Bénin". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. **3** (5), 1065-1077.
- Audouin S, Chapuis A, Derra S, Gatete Djerma C, Dabat M.H, Gazull L., 2013.** Un cadre d'analyse pour évaluer les filières de production de biocarburant à base d'huiles végétales en Afrique de l'Ouest. 4^{ème} Conf. *Biocarburant et Bioénergie*, 2-14.
- Augustus G.D.P.S, Jayabalan M, Seiler G.J, 2002.** Evaluation and bioinduction energy components of *Jatropha curcas*. *Biomass Bioenergy*. **23**: 161-164.
- Ayele H., 2011.** Land use /Land cover change and impact of *Jatropha* on soil fertility: the case of Mieso and Bati Districts. School of natural resource and environmental engineering of Haramaya University/Ethiopia. 92 p.
- Bado B.V, Sédogo P.M, Cescas M.P, Lompo F, Bationo A., 1997.** Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agric*. **6** (6) : 547-626.

- Bandé A., 2005.** Analyse socio-économique de la production et de la valorisation des sources d'énergies renouvelables : cas de l'huile de Pourghère utilisé comme biocarburant dans les moteurs diésels. Mémoire d'Ingénieur, Option Sociologie et Economie Rurale de l'Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 94 p.
- Barbier J, Cissao M, Cisse C, Loch F., 2012.** Intérêts de mettre en place une filière courte basée sur la culture de *Jatropha* (*J. curcas* L) dans la communauté rurale de Dialacoto, Document de synthèse de recherche. 140 p.
- Bazongo P., 2011.** Introduction du *Jatropha curcas* L. dans les exploitations agricoles de la zone ouest du Burkina Faso : état des lieux et effet de la plante sur les propriétés des sols et des cultures associées. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Science du Sol. Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 49 p.
- Belem M., 2013.** Effet de la culture de *Jatropha* sur les propriétés biologiques des sols dans les exploitations agricoles de la zone Ouest du Burkina Faso. Mémoire de Master. Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 40 p.
- Behera S K, Srivastava P, Tripathi R, Singh J.P, Singh N., 2010.** Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under difference agro-practices for optimizing biomass- A cas study. *Biomasse Bioenergy*. **34**: 30-41
- Bilgo A, Masse D, Sall S, Serpantié G, Chotte J.L, Hien V., 2006.** Chemical and microbial properties of semi-arid tropical soils of short-turn fallows in Burkina Faso, West Africa. *Biology and Fertility of Soils*. **43**, 313-320.
- Blin J, Dabat M.H, Faugere G, Hanff E, Weisman N., 2008.** Opportunités de développement des biocarburants au Burkina Faso. Rapport d'activité. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Burkina Faso, 157 p.
- Blin J, Dabat M.H, Faugere G, Hanff E, Weisman N., 2009.** Enjeux et défis de l'introduction des agro carburants au Burkina Faso. *Grain de Sel* n°46-47. 5-6.
- Bongo B., 1999.** Diagnostic et développement de la technologie des haies vives défensives dans la partie ouest de la province du Boulgou-Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du

- Développement Rural. Institut du Développement Rural/Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 80 p.
- Boulet R., 1976.** Notice des cartes de ressources en sols de la Haute-Volta. Rapport technique. ORSTOM-Paris, France. 97 p.
- Botoni .E, Kara A, Augusseau X, Cornelius M, Saidi S, Daget P., 2003.** Evolutions agraires et construction des paysages végétaux : l'exemple du village de Torokoro en zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. *Communication au colloque SAGERT*, Montpellier, France, 16 p.
- Bray R.H, Kurtz L.T., 1945.** Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* **59**, 39-45.
- Brittaine R, Lutaladio N., 2010.** *Jatropha*: A smallholder Bioenergy Crop. The Potential for Pro-Poor development. Roma: FAO, Vol. 8-2010, p 114.
- Brundett M.C, Melville L, Peterson R.L., 1994.** Practical methods in mycorrhiza research. Mycological publication, Waterloo, Canada. 161 p.
- BUNASOLS., 1985.** État de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso. *Document technique n°1*. Ouagadougou, Burkina Faso, 50 p.
- BUNASOLS., 1987.** Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, eaux et plantes. Bureau national des sols du Burkina Faso. *Documentations techniques n°3*. 159 p.
- BUNASOLS., 1989.** Etude morphopédologique de la province de la Comoé. Echelle 1/100000. Bureau national des sols du Burkina Faso Rapport technique n°06. 66 p
- BUNASOLS., 1990.** Manuel pour l'évaluation des terres. Bureau national des sols du Burkina Faso, Documents techniques N°6. 181 p.
- BUNASOLS., 2002.** Etude morpho -pédologique des provinces du Houet et du Tuy. Bureau national des sols du Burkina Faso Rapport technique. 76 p.
- CCL AGRO-INDUSTRIE., 2007.** Fiche technique Agro Industrie : Le *Jatropha*. Champagne-Ardenne CRIF, France. Fiche n°21. 5 p.

- Chaussod R, Nicolardot B, Catroux G., 1986.** Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. *Science du sol* **2**, 201-211.
- Chaussod R, Zuvia M, Breuil M.C, Hetier J.M., 1992.** Biomasse microbienne et statut organique des sols tropicaux : exemple d'un sol Vénézuélien des Lanos sous différents systèmes de culture. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, **1**: 59-67.
- Chaussod R., 1996.** La qualité biologique des sols, Forum « Le sol, un patrimoine menacé? » Paris, France. numéro spécial. pp. 261-277.
- Chauvet M, Siemonsma J.S., 2007.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale. (14) Oléagineux. Fondation PROTA/Backhuys Publishers-CTA. Wageningen, Pays-Bas. 117-119.
- CIRAD-2IE., 2008.** Opportunités de développement des biocarburants au Burkina Faso. Rapport d'activité. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. 176 p.
- Cleveland C.C, Townsend A.R, Contance B.C., 2004.** Soil microbial dynamics in Costa Rica: seasonal and biogeochemical constraints. *Biotropica*, **36**. 184-195.
- Coulibaly K., 2008.** Effet des modes de gestion de la fumure et de l'utilisation des pesticides sur les paramètres physicochimiques et biologiques du sol et la pollution des eaux de ruissellement. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Science du sol. Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso . 59 p.
- CPCS., 1967.** Classification des sols. Travaux de la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols (1963-1967). Rapport d'activité. ENSA-Grignon, Laboratoire de Pédologie- Géologie, Paris, France. 96 p.
- Datinon B.D, Glitho A. I, Tamo M, Amevoin K., 2013.** "Perception of Farmers on Seed Production Constraints of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) " *Asian Journal of Applied Sciences*, **6**, 99-106.
- Daudet M.M.S, Margeai G, Baudoin J.P, Toussain A., 2011.** Culture in vitro de *Jatropha curcas*. *Biotechnol Agron Soc Env.* **15** : 567-574.

- De Rassac M, Marnotte P, Alphonse S., 1998.** Interaction entre plantes de couverture, mauvaises herbes et cultures : quelle est l'importance de l'alélopathie ? *Agric Dév.* **17** : 40-49.
- Dehgan B, Webster G.L., 1979.** Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). In *Publications in Botany. USA—Editor University of California*. Vol.74.
- Demoling F, Figueroa D, Baath E., 2007.** Comparison of factors limiting bacterial growth in different soils. *Soil Biol. Biochem.* **39**: 2485-2495.
- Derra S., 2014.** Déterminants de l'innovation technologique sur la biomasse agricole : cas du *Jatropha curcas* au Burkina Faso. Thèse de Doctorat. Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques. Montpellier. Accessible en ligne : http://agritrop.cirad.fr/575632/1/document_575632.pdf.
- Dia D, Sakho-Jimbira M. S, Fall C. S, Ndour A, Dieye P. N., 2010.** Crise énergétique et recomposition de l'espace agricole au Sénégal : cultures traditionnelles vs biocarburants? *Sud Sciences et Technologies. Semestriel n°19 et 20*. 69-80.
- Dieye T., 2016.** Diversité génétique, structure et activité des communautés microbiennes des sols sous l'influence de *Jatropha curcas* L., évaluation de son stockage du carbone dans les sols. Thèse de Doctorat, Université Cheick Anta Diop de Dakar, Sénégal. 128 p.
- Diédhiou I., 2009.** Impacts potentiels de l'introduction de *Jatropha curcas* L. dans un contexte de variabilité et de changements climatiques : impacts agricoles et environnementaux, intérêts économiques pour les ménages et communautés rurales. Rapport technique. Université de Thiès, Sénégal. 19 p.
- Diédhiou I, Dia D, Sabibou F., 2012.** Diversity, farming systems, growth and productivity of *Jatropha curcas* L. in the Sudano-Sahelian Zone of Senegal, West Africa. In: Carels N. *et al.*, eds. *Jatropha*, challenges for a new energy crop. Volume 1: farming, economics and biofuel. New York, USA: *Science+Business Media*. 281-295.
- Djarra A., 1998.** Contribution socio-économique de l'Igname dans la Comoé (cas de la zone de Mangodara). Rapport de Technicien Supérieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 41 p.

- Dommergues Y., 1960.** La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans le sol. *Agronomie tropicale*, **15**(1) : 55-60.
- Domergue M, Pirot R., 2008.** *Jatropha curcas* L. Rapport de synthèse bibliographique. 118 p.
- Dossa E.L, Khouma M, Diedhiou I, Sene M, Kizito F, Badiane A.N, et al., 2009.** Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization potential of Semiarid Sahelian Soils amended with native shrub residues. *Geoderma*. **148**: 151-160.
- DRARHASA Cascade., 2014.** Synthèse pluviométrique de la zone de Mangodara. Rapport d'activité, Banfora, Burkina Faso. 32 p.
- DRARHASA Hauts-Bassins., 2014.** Synthèse pluviométrique. Rapport d'activité, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 51 p.
- DuPont S.T, Beniston J, Glover J.D, Hodson A, Culman S.W, Lal R, Ferris H., 2014.** Root traits and soil properties in harvested perennial grassland annual wheat, and never-tilled annual wheat. *Plant soil*. **381**: 405-420.
- Eijck J Van, Smeets E, Faaij A., 2012.** *Jatropha*. A Promizing Crop for Africa's Biofuel Production? In Janssen R and Rutz D., (eds). *Bioenergy for sustainable Development in Africa*. Springer Netherlands. p 27-40.
- Endeleu Energy, World Agroforestry Centre, Kenya Forestry Research Institute., 2009.** *Jatropha* reality check: a field assessment of the agronomic and economic viability of *Jatropha* and other oilseed crops in Kenya. Nairobi: GTZ-Regional Energy Advisory Platform. 27 p.
- Esperschütz J, Zimmermann C, Dümig A, Welz G, Buegger F, Elmer M et al., 2013.** Dynamics of microbial communities during decomposition of litter pioneering plants in initial soil ecosystems. *Biogeosciences*. **10**: 5115-5124.
- Everson C.S, Mengistu M.G, Gush M.B, 2013.,** A field assessment of the agronomic performance and water use of *Jatropha curcas* in South Africa. *Biomass Bioenergy*. **59**, 59-69.

- FAO., 1998.** Base de référence mondiale pour les ressources en sols. Rapport sur les ressources en sols du monde Rome : FAO. n°84. p 17.
- Fardoux J, Fernandes P, Niane-Badiane A, Chotte J.L., 2000.** Effet du séchage d'échantillons d'un sol ferrugineux tropical sur la détermination de la biomasse microbienne ; comparaison de deux méthodes biocidales de référence. *Étude et gestion des sols*, **7** (4) : 385-394.
- Favretto N, Stringer L.C, Dougill A.J., 2014.** Unpacking livelihood challenges and opportunities in energy crop cultivation perspectives on *Jatropha curcas* project in Mali. *Geogr J.* **180**: 365-376.
- Feller C., 1995.** La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. Recherche de compartiments fonctionnels. Une approche granulométrique. Collection TDM, Vol. 144. ORSTOM, Paris, France. 393 p.
- Feller C., 1979.** Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols : application aux sols tropicaux, à textures grossières, très pauvres en humus. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* **17**, 339-346.
- Fontès J, Guinko S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso/Notice explicative CNRS, Université de Toulouse III (France) / Institut du Développement Rural, Faculté des Sciences et Techniques, Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso.
- Francis G, Edinger R, Becker K.A., 2005.** A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Nat. Resour. Forum*, **29**, 12-24.
- Gatete D.C, Dabat M.H., 2012.** 6èmes Journées de Recherches en sciences sociales organisées par l'INRA, la SFER et le CIRAD : Développement des agro-carburants en Afrique de l'Ouest. Une Analyse institutionnelle comparative. 24 p.
- Gbemavo C.J.S, Gnangle C.P, Assogbadjo E.A, Glele kakaï L.R., 2014** "Analyse des perceptions locales et des facteurs déterminant l'utilisation des organes et des produits

- du *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) au Bénin “. *Agronomie Africaine* **26** (1), 69 – 79.
- Gerdman J.W, Nicolson T.H., 1963.** Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans.Br. Mycol. Soc*; **46**: 235-244.
- Ghinwal H.S, Phartyal S.S, Rawat P.S, Srivastava R.L., 2005.** *Silvae Genetica*, **54**, 76-80.
- Girard M.C, Walter C, Rémy J.C, Berthelin J, Morel J.I., 2011.** La télédétection : méthode d'inventaire et de surveillance globale. *Sol et environnement*. Paris, France : Dunod, 454-479.
- Gnoumou X, Yaméogo T.G, Traoré M, Bazongo G, Bazongo P., 2017.** Adaptation aux changements climatiques en Afrique sub-saharienne: impact du zaï et des semences améliorées sur le rendement du sorgho dans les villages de Loaga et Sika (province du Bam), Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. **19** (1) : 166-174.
- Gobat J.M, Arago M, Matthey W., 2010.** Le sol vivant : Base de pédologie –biologie des sols. *Presse polytechnique et universitaires Romanes*, 3^{ème} éd : 11-46.
- Gokhale D., 2008.** *Jatropha*: Experience of Agro-Forestry, Wasteland Development Foundation, Nashik, India. In International Consultation on Pro-poor *Jatropha* Development. Rome, Italy: Syngenta International. 32 p.
- Gour V.K., 2006.** Production practices including post harvest management of *Jatropha curcas*. In, proceedings of the biodiesel conference toward energy independence-focus of *Jatropha*. Hyderabad India. pp. 223-251.
- Guillaume Z., 2009.** Les impacts des biocarburants sur les zones humides ivoiriennes. *Interview*, Magazine radiophonique (Côte d’Ivoire/AMARC/Convention Ramsar sur les zones humides/FAO). 3 p.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute-Volta; Thèse de Doctorat d’Etat, Université de Bordeaux II, France. 318 p.

- Gunapala N, Venette R.C, Ferris H, Scow K.M., 1998.** Effects of soil management history on the rate of organic matter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, **30** (14), pp. 1917-1927.
- Hallensleben M., 2011.** Assessment of *Jatropha curcas* Systems and their Potential for Rural Development in Burkina Faso, West Africa; Master Thesis of Science; Faculty of Agriculture Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, Germany. 201 p.
- Hammer K, Heller J., 1998.** Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. *Schriften Zu genet. Ressourcen* 8: 223-227
- Haro H., 2011.** Effets d'inoculum de champignons mycorhiziens arbusculaires sur la productivité du *Niébé Vigna unguiculata* (L.) Walp. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 63 p.
- Haro H., 2016.** Optimisation des symbioses rhysobiënne et mycorhyziënne pour améliorer la productivité du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) au Burkina Faso. Thèse de Doctorat Unique. Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 184 p.
- Heller J., 1996.** Physic nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. In Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research (IPR), Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy. 1996. 88 p.
- Henning R.K, Ramorafeno T., 2005.** Le manuel *Jatropha*. Un guide pour l'exploitation intégrée de la plante *Jatropha* à Madagascar. 20 p.
- Henning K. R., 2002.** Utilisation des savoirs locaux sur *Jatropha*. *Article, Note CA* n°42, 4 p.
- Holl M.A, Gush M.B, Hallowes J, Versfeld D.B., 2007.** *Jatropha curcas* in South Africa: an assessment of its water use and bio-physical potential. Pretoria: Water Research Commission. WRC Report No 1497/1/07.
- INERA., 1990.** Fiche descriptive du Sorgho. Fiches techniques. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles programme céréales traditionnelles/Station de Farako-Bâ, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 2 p.

- ITAB., 2002.** Activités biologiques et fertilité des sols : Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. Rapport Technique. 25 p.
- Janin P, Ouédraogo F.C., 2009.** Enjeux des agro carburants au Burkina Faso : le cas du *Jatropha curcas* L. Rapport technique. 12 p.
- Kaboré S., 2014.** Influence des haies de *Jatropha* sur le rendement du sorgho (*Sorghum vulgare*) dans deux zones pédoclimatiques du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural. Centre Universitaire Polytechnique de Dédougou, Burkina Faso. 71 p.
- Kafara J.M, Jamin J.Y, Boukar L. S, Floret C., 2007**“ Pratiques paysannes d'association de cultures dans les systèmes cotonniers des savanes centrafricaines“, Cirad- Prasac, 11 p.
- Kantiono S., 2010.** *Effet de techniques de CES sur les composantes du rendement du sorgho et les propriétés chimiques du sol à l'Ouest du Burkina Faso.* Mémoire d'Ingénieur. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 69 p.
- Keeney D.R, Nelson, D.W., 1982.** Nitrogen-inorganic forms, Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA-SSSA. Madison, WI, USA. 643-700.
- Koranda M, Schneck J, Kaiser C, Fuchslueger L, Kitzler B, Stange C F, et al., 2011.** Microbial processes and community composition in the rhizosphere of European beech. The influence of plant C exudates. *Soil. Biol Biochem.* **43** : 551-558.
- Koulibaly B, Traoré O, Dakio D, Zombré P. N., 2009.** Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturels dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso. *Biotechnol Agron Soc Environ*, **13** : 103-111.
- Koulibaly B., 2011.** Effets Caractérisation de l'acidification des sols et gestion de la fertilité des agrosystèmes cotonniers au Burkina. Thèse de Doctorat Unique en Agro-Pédologie, Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 140 p.
- Laroche L., 1948.** Les huiles siccatives de l'industrie française. Le Pourghère. France. Oléagineux vol : N° 6 (7): 321-328.

- Latalpie R., 2007.** La culture du poughère : une activité génératrice de revenus qui permet de faire face aux enjeux énergétiques du Mali. Cas du projet Garalo Bagani Yelen. Master, Université de Rennes1, France. 104 p.
- Lavelle P, Decaens M, Aubert M, Barot S, Bloiun M, Bureau F, Magerie P, Mora P, Rossi J.P., 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*; **42** (1): S3-S15.
- Laviola B.G, Dias L.A.S., 2008.** Nutrient concentration in *Jatropha curcas* leaves and fruits and estimated extraction at harvest. *R. Bras. Ci. Solo*, **32**:1969-1975.
- Lee K.H, Jose S., 2003.** Soil respiration, fineroot production and microbial biomass in cottonwood and loblolly pine plantations along a nitrogen fertilization gradient. *Forest Ecology and Management*. **185**: 263-273.
- Legendre B., 2008.** *Jatropha curcas* (Tabanami). Note agronomique. Technologies for Human Development. 8 p.
- Lele S., 2008.** *Jatropha* cultivation. Indian, p 135-260.
- Leye E.H.M, Ndiaye M, Ndiaye F, Diallo B, Sarr A.S, Diouf M, Diop T., 2009.** Effet de la mycorhization sur la croissance et le développement de *Jatropha curcas* L ; **12** (2) : 269- 278.
- Lin L, Cunshan Z, Vittayapadung S, Xiangqian S, Migdong D., 2011.** Opportunities and challenges for biodiesel fuel. *Appl. Energy*. **88** : 1020-1031.
- Lompo D.J.P., 2007.** Impact des résidus de pesticides sur les microorganismes des sols dans les agrosystèmes cotonniers du Burkina Faso. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/ Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 46 p.
- Loss T.K., 2008.** Socio-economic impact of *Jatropha* project on smallholder farmers in Mpanda, Tanzania. Master thesis. University of Hohenheim. 95 p.
- Loos T.K., 2009.** Socio-economic impact of a *Jatropha*-project on smallholder farmers in Mpanda, Tanzania, case study of a public-private-partnership project in Tanzania. Master thesis related to the module: University of Hohenheim, Institute for Agricultural Economics and Social Sciences in the Tropics and Subtropics (Germany).

- Low T, Booth C., 2007.** The Weedy Truth about Biofuels in Melbourne: the Invasive Species Council, 1-20.
- Luo M.J., 2007.** Cloning, expression, and antitumor activity of recombinant protein of curcin. *Russian Journal of Plant Physiology*; **54**(2), 202-206.
- Mafongoya P.L., Bationo A., Kihara J., Waswa B.S. 2006.** Appropriate technologies to replenish soil fertility in southern Africa. South Africa - Nutrient Cycling in Agroecosystems. **76**: 137-151.
- Makkar H.P.S, Becker K, Sporer F, Wink M., 1997.** Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas* L. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 3152-3157.
- Marshall G.T, Klocke J.A, Lin L.J, Kinghorn A.D., 1985.** Effects of diterpene esters of tiglliane, daphnane, and lathyrane types on pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* saunders (*Lepidoptera: gelechiidae*). *J. Chem. Ecol.*, **11** (2), 191-206.
- Martinez-Herrera J, Siddhuraju P, Francis G, Davila-Ortiz G, Becker K., 2006.** Chimical composition, toxic/antimetabolic constituents and effects of differents treatments on their levels, in four provenance in *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food chem.* **96**: 80-89.
- Masse R., 2008.** Burkina Faso : projet d'implantation d'une usine de biocarburants. Déclaration de presse, *Journal le Pays*, Ouagadougou, Burkina Faso. 7 p.
- MECV., 2006.** Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques. Rapport d'activité. Burkina Faso, 76 p.
- Mergeai G, 2016.** Should we continue to grow *Jatropha curcas*? *Editorial, Tropicultura*, **34**, (3) : 229-230.
- Minengu J.D.D, Mobambo P, Mergeai G., 2014a.** Analyse des performances technico-économiques de quatre systèmes de culture basés sur la production de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa (République Démocratique du Congo). *Tropicultura*, **32** (4).

- Minengu M.J.D., 2014b.** Etude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa (République Démocratique du Congo).Thèse de Doctorat, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique). 178 p.
- MMCE 2012.,** Réalisation d'une étude sur l'identification des opérateurs, l'élaboration d'un cahier de charges, d'un protocole de collaboration et de transfert de projets pilotes de biocarburants. Rapport final. 76 p.
- Mujumbar A.M, Misar A.V., 2004.** Anti-inflammatory activity of *Jatropha curcas* roots in mice and rats. *Journal of ethanopharmacology* ; **90** (1); 11-15.
- Münch E, Kiefer J., 1986.** Le Pourghère (*Jatropha curcas* L., Botanique, écologie, culture (1ère partie), produits de récolte, filières de valorisations, réflexions économiques (2ème partie). Université de Stuttgart - Hohenheim. 276 p.
- Mure J.P., 2005.** Mycorrhizal symbiosis: a beneficial association between cultivated plants and soil fungi. *Alter Agri*, **69**: 25-28.
- Murphy J, Riley J.P., 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in naturel waters. *Anal. Chim. Acta.* **27** : 31-36.
- Nacro H. B., 1997.** Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire) : caractérisation chimique et étude, *in vitro*, des activités microbiennes de minéralisation du Carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat de l'université Pierre et Marie Curie - Paris VI, France. 328 p.
- Naitormbaidé M., 2012.** Incidence des modes de gestion des fumures et des résidus de récolte sur la productivité des sols dans les savanes du Tchad. Thèse de Doctorat unique, Sciences du sol. Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 171 p.
- N'Dali D.Y., 2004.** Monographie de l'igname dans le système d'exploitation Doghossé à Torokoro, Rapport de stage de fin de première année option agronomie. Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 27 p.
- Ndiaye I, Yossi H, Koné M.M, Yanogué I., 2013.** “ Effet de l'insertion de *Jatropha curcas* L. dans le système de culture : effets sur le rendement des cultures vivrières au Mali et

- au Burkina Faso“. Programme d'appui au développement et à la structuration de la filière paysanne *Jatropha*/Biocarburant en Afrique de l'ouest. 26 p.
- Neff C, Scheid A., 2008.** Les Biocarburants: Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie. Etude GTZ. Université de Karlsruhe. 29 p.
- Newman S.M, Bennett K, Wu Y., 1998.** “Performance of Maize, Beans and Ginger as Intercrops in Paulownia Plantations in China“. *Agrofor. Syst.* **39**: 23-30.
- Nicolardot B, Chaussod R, Catroux G., 1982.** Revue des principales méthodes disponibles pour mesurer la biomasse microbienne et ses activités. *Science du sol.* **4** : 253-261.
- Nyst J., 2010.** Contribution à l'étude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L. sur le Plateau des Batéké, RDC. Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention de diplôme de master bioingénieur en sciences agronomiques, orientation agronomie tropicale : Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique). 58 p.
- Ogbebor N.O, Adekunle A.T, Enobakhare D.A, 2007.** Inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sac. causal organism of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) leaf spot using plant extracts. *African Journal of Biotechnology.* p. 213-218.
- Ogunwale J.O, Patolia J.S, Chaudahary D.R, Gosh A, Chikara J., 2007.** Improvment of the quality of a degraded Entisol with *Jatropha curcas* L. under an Indian Semi-Arid Conditions. In Expert seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics. Wageningen, the Netherlands: Fact Foundation. 26-28 march 2007.
- Öhman J., 2011.** Cultivation and management of *Jatropha curcas* L. by smallholder farmers in the Kenyan districts Baringo and Koibatek. Thesis: Yrkshocskolan Novia University of Applied Sciences (Finland). p 89.
- Olsson P.A, Baath E, Jakobsen I., 1997.** Phosphorus effects on the mycelium and storage structures of and arbuscular mycorrhizal fungus at stadied in the soil and roots by analysis of Fatty acid signatures. *Appl Environ Microbiol* **63** (9): 3531-3538.

- Ong H.C, Mahlia T.M.I, Masjuki H.H, Norhasyima R.S., 2011.** Comparison of palm oil *Jatropha curcas* and *Calophyllum inophyllum* for biodiesel: A review. *Renew Sustain Energy Rev.* **15**: 3501-3515.
- Openshaw K., 2000.** A Review of *Jatropha curcas* an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass Bioenergy.* **19**: 1-15.
- Osoniyi R.O, Onajobi F., 2003.** Coagulant and anticoagulant activities in *Jatropha curcas* L. latex, *Journal Ethnopharmacol* **89** (1):101-5
- Ouédraogo M., 2000.** Etude biologique et physiologique du pourghère, *Jatropha curcas* L. Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. Thèse d'état. 290 p.
- Ouédraogo C., 2011.** Etude des impacts du système de culture *Jatropha*-sorgho sur les propriétés biologiques des sols en zone soudanienne du Burkina Faso. Rapport de Technicien Supérieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 53 p.
- Ouédraogo J., 2012.** Effet des haies de *Jatropha* sur les propriétés physico-chimiques des sols en zone soudanienne du Burkina Faso : cas du village de Mangodara ; Mémoire de Licence en Sol, Déchet et Aménagement du territoire. Institut du Génie de l'Environnement et du Développement Durable. Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 40 p.
- Ouédraogo S., 2015.** Evaluation en station de recherche de six (06) provenances de *Jatropha curcas* dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso Mémoire d'Ingénieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 43 p.
- Palé S.V., 2004.** Caractérisation des systèmes de production du terroir de Torokoro, Rapport de stage de fin de première année option agronomie. Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso . 31 p.
- Pallo P.J.F, Thiombiano L., (1989).** Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions du Burkina Faso : caractéristiques et contraintes pour l'utilisation agricole. *SOLTROP*, **89**: 307-327.

- Pallo F.J.P., Sawadogo N., Sawadogo L., Sedogo M P., Assa A., 2007.** Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. Volume **12**, numero **3**: 291-301.
- PANA., 2006.** Programme d'Action National d'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques. Rapport d'activité. (PANA du Burkina Faso). 76 p.
- Pandey V C., Singh K., Singh J S., Kumar A., Singh B., Singh R P., 2012.** *Jatropha curcas*. A potential biofuel plant for sustainable environmental development. Renew sustain. Energy Rev. **16**: 2870-2883.
- Paramathma M, Venkatachalam P, Sampathrajan A, Balakrishnan A, Jude Sudhakar R, Parthiban K.T, Subramanian P, Kulanthaisamy S., 2007.** Cultivation of *Jatropha* and Biodiesel Production. Agricultural Engineering College & Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore. 817-828.
- Patel A.D, Panchal N.S, Pandey I.B, Pandey A.N., 2010.** Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (*Euphorbiaceae*) in response to soil salinity. *An. Biol.*, **32**, 59-71.
- Paterson E., 2003.** Importance of rhizodeposition in the coupling of plant and microbial productivity. *Eur J Soil Sci.* **54**: 741-750.
- Patricio M do S, Nunes L, Pereira E., 2012.** Litterfall and litter decomposition in chestnut high forest stand in northern Portugal. *For Syst.* **21**: 259-271.
- Pernes-Debuyser A, Tessier D., 2002.** Influence de matières fertilisantes sur les propriétés des sols. Cas des 42 parcelles de l'INRA à Versailles. France. *Etude et Gestion des Sols.* **9** (3), pp. 177-186.
- Pfeiffer B, Fender A C, Lasota S, Hertel D, Jungkunst G F, Daniel R., 2013.** Leaf litter is the main driver for changes in bacterial community structure in the rhizosphere of ash and beech. *Appl. Soil. Ecol.* **72** : 150-160.
- Piéri C., 1989.** Fertilité des terres de savane: Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Rapport technique. Ministère de la Coopération, CIRAD/IRAT (Paris), France. 444 p.

- Pirot R, Hamel O., 2012.** Les réalités du *Jatropha* confrontées aux opportunités des mécanismes financiers liés au carbone (Fantasme, aubaine ou réelle opportunité ?), Crédits carbone pour l'Agriculture, la Sylviculture, la Conservation et l'Action contre la Déforestation CASCADe. UNEP/FFEM/CIRAD. Rapport de synthèse de recherche. 32 p.
- Prota., 2007.** Oléagineux. Ressources végétales de l'Afrique tropicale. Vol. 14 ISSN 1877-4318.
- PSEE., 2008.** Situation des plantations de *Jatropha* au Sénégal (hivernage 2008). Note agronomique n°2. p. 10-11.
- Rajaona A.M, Brueck H, Asch F., 2011.** Effect of pruning history on growth and dry mass partitioning of *Jatropha* on a plantation site in Madagascar. *Biomass Bioenergy*, **35**, 4892-4900.
- Razafimbelo T.M, Albrecht A, Basile I, Borschneck D, Bourgeon G, Feller C., 2006.** Effet de différents systèmes de cultures à couverture végétale sur le stockage du carbone dans un sol argileux des hautes terres de Madagascar. *Etude. Gest. Sols*. **13** : 113-127.
- Reddy P.S, Rao G.R, Kumar P.S., 2015.** Change in soil organic carbon under biodiesel plantations (*Jatropha curcas*). *Rest. J. Agric. Environ. Sci.* **2**: 19-26.
- Reubens B, Achten W.M.J, Maes W.H, Danjon F, Aerts R, Poesen J, Muys B., 2010.** More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. *Journal of Arid Environments*, **75**: 201-205
- Rieffel J.M, Moreau R., 1968.** Etude pédologique de la Haute Volta région : Ouest-sud rapport général de synthèse. Dakar, Sénégal.
- Rieffel J.M, Moreau R., 1969.** Etude pédologique de la Haute-Volta région Ouest-Sud: Notice et carte. ORSTOM, Dakar, Sénégal.
- Rombké J, Sousa J.P, Schouten T, Rieper T.F., 2006.** Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO. *European Journal of Soil Biology*, **42** (1): S61-S63.

- Rondeux., 1999.** Les Mesures des Arbres et des Peuplements Forestiers. Les Presses Agronomiques de Gembloux : Gembloux, Belgique. 2^{ème} édition. 27-60.
- Saidou A, Kossou D, Azontonde A, Hougni D.G.J.M., 2009.** Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens: cas du système « jachère » manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *International Journal of biological and Chemical Sciences* **3** (3).
- Sall S.N, Masse D, Bernhard-Reversat F, Guisse A, Chotte J.L., 2003.** Microbial activity during the early stage of laboratory decomposition of tropical leaf litters: the effect of interactions between litter quality of exogenous inorganic nitrogen. *Biol. Fertil. Soil.* **39** : 103-111.
- Samake F., 1992.** Etude de la valeur fertilisante du tourteau de pourghère. Institut Polytechnique Rural de formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou / GTZ. Koulikoro, Mali. Rapport d'activité. 14 p.
- Sanogo S., 2014.** Propriétés physiques et chimiques des sols sous *Jatropha* et productivité de la plante en fonction des types de sol dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 60 p.
- Sanou F., 2010.** Productivité du *Jatropha curcas* L et impact de la plante sur les propriétés chimiques du sol: cas de Bagré (Centre Est du Burkina Faso). Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 55 p.
- Sawadogo H., Bock L., Lacroix D., Zombré N P., 2008.** Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol.**12** : 279-290.
- Sawadogo M, Chapius A, Blin J., 2013.** Modélisation et évaluation des performances économiques de la logistique d'approvisionnement d'une huilerie: cas de *Jatropha* au Burkina Faso. Collection Actes de conférences- 4^{ème} conférence Biocarburants, Bioénergies du 21 au 23 novembre 2013 à Ouagadougou. Quel bilan et quelles voies d'avenir pour les biocarburants et bioénergies en Afrique. *Edit. Sud Sciences et Techniques*. 222 p.

- Sawamoto T, Hatano R, Yajima T, Takahashi K, Isaev A.P., 2000.** Soil respiration in Siberian Taiga Ecosystems with different histories of forest fire. *Soil Sc.Plant Nutr.*, **46** (1): 31-42.
- Sédogo M.P., 1993.** Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : Incidence des modes de gestion sur la fertilité.Thèse Doctorat-es-sciences, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan. 285 p.
- Sene M., 2009.** Faisabilité de traitement des eaux usées domestiques par filtres de plantes d'espèces utilitaires: *Jatropha curcas* L. au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, Institut de l'Ingénierie et de l'Eau (2iE). 55 p.
- Shanker C., Dhyan S.K., 2006.** Insect pests of *Jatropha curcas* L. and the potential for their management. *Curr. Sci.* **91**: 162-163.
- Shetty S, Udupa S.L, Udupa A.L, Vollala V.R., 2006.** Wound healing activities of bark Extract of *Jatropha curcas* L. in Albino rats. *Saudi Medical Journal*; **27**(10); 1473-1476.
- Silitonga A.S, Atabani A.E, Mahlia T.M.I, Masjuki H.H, Badruddin I.A, Mekhilef S., 2011.** A review of prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. *Renew. Sustain. Energy. Rev.* **15**: 3733-3756.
- Singh R.A, Munish K, Ekhlaq H., 2007.** Synergistic cropping of summer groundnut with *Jatropha curcas*. A new two-tier cropping system for Uttar Pradesh. *SAT ejournal*, **5** (1): 1-2.
- Singh M K, Ghoshal N., 2011.** Impact and land use change on soil organic carbon content in dry tropics. *Plant Arch.* **11**: 903-906.
- Sinkala T, Johnson F.X., 2012.** Small-scale production of *Jatropha* in Zambia and its implications for rural development and national biofuel policies. In: Janssen R. & Rutz D., eds. *Bioenergy for sustainable development in Africa*. Springer, 41-51.
- Solsoloy A.D., 2000.** Insecticide resistance management in cotton in the Philippines. *Philippine Journal of Crop Science.* 25-26.
- Soltner D., 2003.** Phytotechnie générale. Les bases de la production végétale. Le sol et amélioration. *Collection Sciences et Techniques Agricoles*. 23^è ed, Tom I. 472 p.

- Somé H.K., 2009.** L'introduction de *Jatropha* dans les exploitations agricoles de la zone Ouest du Burkina Faso : état des lieux et caractérisation des systèmes de production. Rapport de Technicien Supérieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 63 p.
- Somé N.A, Traoré K, Traoré O, Tassembedo M., 2007.** Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* spp dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*; **11** (3) : 245-252.
- Soulama S., 2008.** Influence du *Jatropha curcas* dans la séquestration du carbone et essai de compostage. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées. Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre / Université de Ouagadougou 1 (Professeur Joseph KI-ZERBO), Burkina Faso. 56 p.
- Sori L.A.K., 2011.** Réponses physiques des cultures vivrières en association avec *Jatropha curcas* L: cas du niébé (*Vigna unguiculata*) en zone soudano-sahélienne. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre. Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 76 p.
- Sreedevi T K, Wani S.P, Rao S, Chaliganti R, Reddy R.L., 2009.** *Jatropha* and Pongamia rainfed plantations on Wastelands in India for Improved Livelihoods and Protecting Environment. International Crops Research Institute for the semi-arid Tropics, (ICRISAT), Patancheru PO. Patancheru. 502 524, India.
- Srivastava P, Kumar A, Behera S K, Sharma Y.K, Singh N., 2012.** Soil carbon sequestration: in innovative strategy for reducing atmospheric carbon dioxide concentration. *Biodivers conserve*. **21**: 1343-1358.
- Stirpe F, Battelli M.G., 2006.** Ribosome-inactivating proteins: progress and problems. *Cell. Mol. Life Sci.*, **63** (16): 1850-1866.
- Suriharn B, Sanitchon J, Sangsri P, Kesmala T., 2011.** Effets of pruning levels and fertilizer rates on yield of physic nut (*Jatropha curcas* L.). *Asian J. Plant Sci.*, **10** (1), 52-59.

- Tapsoba A.R., 2011.** Réponses physiologiques des plantes vivrières cultivées sous plantation de *Jatropha curcas* L.: cas du Maïs (*Zea mays* L.) dans la commune de Boni en Zone Soudano-Sahélienne. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural en Agronomie, Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 37 p.
- Terren M, Cisse C, Mergeai G., 2012.** Principal disease and insect pests of *Jatropha curcas* L. in the Lower Valley of the Senegal River. *Tropicultura*, **30** (4), 222-229.
- Terren M., Cisse C, Mergeai G., 2013.** Analyse des perspectives de rentabilité de la culture extensive de *J. curcas* L. dans la zone agro écologique de transition orientale du Sénégal: cas de la communauté rurale de Dialacoto. Sénégal. Rapport d'activité. 38 p.
- Thiombiano L, Dianou D., 1999.** Activité biologique globale dans trois états de surface des sols sahéliens. *A.U.O, série B* VII: 179-187.
- Topan S., 2015.** Influence des haies de *Jatropha* sur la productivité du sorgho (*Sorghum bicolor*) en zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 42 p.
- Touckia G.I, Yongo O.D, Abotsi K.E, Wabolou F, Kokou K., 2015.** “Essai de germination et de croissance au stade juvénile des souches locales de *Jatropha curcas* L. en République Centrafricaine“, *European Scientific Journal*. vol.11, 1857-7431.
- Touckia G.I, Yongo Diane O, Kosh-Komba E, Kokou K., 2016.** Evaluation des performances agroforestières de *Jatropha curcas* L. cultivé en association avec le maïs (*Zea mays* L.) et l'arachide (*Arachis hypogea* L.) à Nzila (Centrafrique). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21 No. 1. 23-33.
- Trabucco A. et al., 2010.** Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *Global Change Biol. Bioenergy*, **2**, 139-151.
- Traoré M, Nacro H.B, Tabo R, Nikiéma A, Ousmane H., 2012.** Potential for agronomical enhancement of millet yield via *Jatropha curcas* oilcake fertilizer amendment using placed application technique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **6** (2): 808-819.

- Traoré M, Nacro H.B, Doamba W.F, Tabo R, Nikiéma A., 2015.** Effets de doses variées du tourteau de *Jatropha curcas* sur la productivité du mil (variété HKP) en condition pluviale en Afrique de l'Ouest. *Tropicultura*, **33** (1) : 19-25.
- Traoré K., 2009.** Synthèse Bibliographique sur le *Jatropha curcas* à l'Ouest du Burkina. Programme de Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production. Institut de l'Environnement de Recherche Agricole. Station de recherche de Farako-Bâ. Rapport d'activité. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 8 p.
- Traoré S, Millogo J.P, Thiombiano L, Guinko S., 2007.** Carbon and nitrogen enhancement in Cambisols and Vertisols by *Acacia* spp. in eastern Burkina Faso: relation to soil respiration and microbial biomass. *Applied Soil Ecology*, **35**: 660-669.
- Üllenberg., 2008.** *Jatropha* à Madagascar-Rapport sur l'état actuel du secteur Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) Madagascar. 32 p.
- Van Der Vossen H.A.M, Mkamilo G.S., 2007.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 14. Oléagineux; *Edition Prota*. 116-120 p.
- Van Diepen L.T.A, Lilleskov E.A, Prezitzer KS, Miller R.M., 2010.** Simulated nitrogen deposition causes a decline of intra and extraradical abundance of Arbuscular Mycorrhizal fungi and changes in microbial community structure in northern hardwood forests. *Ecocystems* **13** (5): 683-695.
- Varadharajan A.W.S.V, Banerjee R., 2008.** Energy analysis of biodiesel from *Jatropha*. In, *world Renewable Energy Congress (WRECX)*. Editor A. Sayigh WREC. Unated Kingdom. pp. 147-152.
- Vauramo S, Setälä H., 2011.** Decomposition and labile recalcitrant litter types under different plant communities and urban soils. *Urban Ecosyst*. **14**: 59-70.
- Vedie. H, Geffroy .T., 2005.** Lutte contre les nématodes à galles: Test de différents engrais verts nématicides. Laboratoire de nématologie du CBGP / IRD de Montpellier, France. Rapport technique. 5 p.
- Vinay B, Vermeulen G., 2013.** Dynamique de production du *Jatropha* au Burkina Faso : analyse de la rentabilité agricole et de la structuration des acteurs. ARP/AFD. Ouagagougou, Burkina Faso. Rapport d'Activité . 63 p.

- Wahl N, Jamnadass R, Baur H, Munster C, Liyama M., 2009.** “Economic viability *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania. Assessing farmers” prospect via cost-benefit analysis. ICRAF working paper n° 97. Nairobi World Agroforestry Centre.
- Walinga I, van der Lee J.J, Houba V.J.G, van Vark, W, Novozamsky I., 1995.** Plant Analysis Manual. Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands. p 11.
- Walkley A, Black R.N., 1934.** An examination of the method Dedtjareff for determining soil organic matter and to proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, **37**: 29-38.
- Wu J, Joergensen R.G, Pom B.R, Chaussod P.C, Brookes., 1990.** Measurement of soil microbial biomass C by fumigation - extraction - An automated procedure. *Soil Biol. Biochem*; **22**: 1167-1169.
- Yaméogo T.G., 2012.** Réhabilitation d'écosystème forestier dégradé en zone Soudanienne du Burkina Faso : impacts des dispositifs CES/DRS. Thèse de Doctorat Unique en Développement Rural, Science du Sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 160 p.
- Yaméogo J.T, Somé A.N, Mette Lykke A, Hien M, Nacro H.B., 2013.** Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso, *TROPICULTURA*. **31** (4) : 224-230.
- Yang Y, Wu L, Takese M, Zhang M, Zhao T, Wu X., 2014.** Potential non-edible oil feedstock for biodiesel production in Africa. A Survey. *Renew. Sustain. Energy. Rev.* **38** : 461-477.
- Yé L., 2002.** Inventaire des types d'associations anacardes Cultures dans le terroir de Torokoro, Rapport de stage de fin de première année, option agronomie. Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso , Burkina Faso. 32 P.
- Yélémou B, Zougmore R, Bationo B.A, Millogo J/Rasolodimby, Hien V., 2009.** *Cameroon Journal of Experimental Biology*. **5** : 10-20.
- Yélémou B., 2010.** Biologie et écologie des espèces du genre *Piliostigma* et leur contribution à la dynamique de la matière organique des sols en zone sahélo-soudanienne au Burkina

- Faso, Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 150 p.
- Yélémou B, Sama Hemayoro, Hilou Adama, Millogo J/Rasolodimby, Hien V., 2013a.** *European Journal of Experimental Biology*, **3** (6):276-284
- Yélémou B, Yaméogo G, Barro A, Taonda S.J, Hien V., 2013b.** La production de sorgho dans un parc à *Piliostigma reticulatum* en zone nord soudanienne du Burkina Faso. *TROPICULTURA*. **31** (3) : 154-162.
- Yoni M., 2005.** Contribution à l'étude de la dynamique de la matière organique du sol des jachères à *Andropogon gayanus* de Bondoukuy, Ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 144 p.
- Yougbaré H., 2008.** Evaluation de la fertilité des terres aménagées en cordons pierreux, zaï et demi-lunes dans le bassin versant du Zondoma. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/Institut du Développement Rural. 55 p.
- Youl S., 2009.** Dynamique et modélisation de la dynamique du carbone dans un agro-système de savane de l'ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat Unique, Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, p.186.
- Zan T., 1985.** *Jatropha curcas* et *Jatropha gossypifolia* sous différentes conditions climatiques du Burkina Faso : Culture et Exploitations. Mémoire d'Ingénieur, Institut Supérieur Polytechnique, Université Ouaga 1 Professeur Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso. 60 p.
- Zhang M, Schaefer D.A, Chan O.C, Zou X., 2013.** Decomposition differences of labile carbon from litter to soil in a tropical rain forest and rubber plantation of Xishuangbana Southwest China. *Eur. J. Soil. Biol.* **55**: 55-61.
- Zarafi A.B, Abdulkadir I.D., 2013.** The incidence and severity of *Jatropha* dieback disease in Zaria, Nigeria. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.*, **46**, 952-961.

Zombré N.P., 2006. Variation de l'activité biologique dans les zipella (sols nus) en zone subsaharienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (techniques des poquets). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **10** (2) : 139 – 148.

Zongo J.D., 2007. Etude de la reprise des boutures en fonction de la profondeur de plantation de la longueur chez *Jatropha curcas*. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 34 p.

Zougmore R, Ouattara K, Mando A, Ouattara B., 2004. Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Sécheresse*. **15** : 1-8.

Annexes

Annexe 1

Questionnaire de l'enquête - Caractérisation du système de culture à base de *Jatropha*

Famille

Question n° 1 : nom du chef d'exploitation

Question n° 2 : province du producteur

Question n° 3 : village du producteur

Question n° 4 : âge du chef d'exploitation

Unités: années

Question n° 5 : Niveau d'instruction du chef d'exploitation
(Cochez vos réponses)

Néant ☐ 1

Primaire ☐ 2

Secondaire ☐ 3

Supérieur ☐ 4

Autres ☐ 5

Question n° 6 : le nombre d'actifs dans l'exploitation

Unités: actifs

Question n° 7 : nombre actifs homme

Unités: actifs

Question n° 8 : nombre actifs femmes

Unités: actifs

Question n° 9 : Quelle sont vos activités? (cochez votre réponse et classer)

Agriculture ☐

Élevage ☐

Commerce ☐

Autres à préciser ☐

Equipements

Question n° 9 : matériel aratoire

(Cochez vos réponses)

- | | |
|----------------|----------------------------|
| Charrue bovine | <input type="checkbox"/> 1 |
| Charrue asine | <input type="checkbox"/> 2 |
| Sarcleur | <input type="checkbox"/> 3 |
| Butteur | <input type="checkbox"/> 4 |
| Tracteur | <input type="checkbox"/> 5 |
| Autres | <input type="checkbox"/> 6 |
-

Question n° 10 : traction animale

(Cochez vos réponses)

- | | |
|----------------|----------------------------|
| Bœufs de trait | <input type="checkbox"/> 1 |
| Ânes | <input type="checkbox"/> 2 |
| Cheval | <input type="checkbox"/> 3 |
-

Elevage

Question n° 11 : type d'élevage pratiqué

(Cochez vos réponses)

- | | |
|----------|----------------------------|
| Bovins | <input type="checkbox"/> 1 |
| Caprins | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ovins | <input type="checkbox"/> 3 |
| Volaille | <input type="checkbox"/> 4 |
-

Production du *Jatropha*

Question n° 12 : superficie totale en *Jatropha*

Unités: ha

Question n° 13 : nombre de champs de *Jatropha*

Unités: champs

Question n° 14 : superficie par champ

(Cochez vos réponses)

- | | |
|---------|----------------------------|
| champ 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| champ 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
| champ 3 | <input type="checkbox"/> 3 |
| champ 4 | <input type="checkbox"/> 4 |
| champ 5 | <input type="checkbox"/> 5 |
| champ 6 | <input type="checkbox"/> 6 |
-

Question n° 15 : depuis quand plantez vous le *Jatropha*

Unités : ans

Question n° 16 : comment êtes vous entrés dans la culture de *Jatropha*
(Cochez votre réponse)

- Un ami ☐ 1
- Un projet ☐ 2
- La famille ☐ 3
- Un service ☐ 4
- Autres ☐ 5

Question n° 17 : quel est l'objectif de la plantation du *Jatropha*

.....
.....

Système de culture de *Jatropha*

Question n° 18 : quelles sont les variétés que vous plantez

.....
.....

Question n° 19 : d'où viennent les variétés que vous utilisez

.....
.....

Question n° 20 : densité de plantation

.....
.....

Question n° 21 : méthode de plantation

.....
.....

Question n° 22 : quel est le type de sol que vous utilisez

.....
.....

Question n° 23 : quel est le meilleur type de sol

.....
.....

Question n° 24 : quel est le mauvais type de sol

.....
.....

Question n° 25 : quel est la fertilisation que vous utilisez sur le *Jatropha*

.....

Question n° 26 : quel traitements phytosanitaires utilisez-vous sur le *Jatropha*

.....

Question n° 27 : quel entretien faites-vous dans la plantation de *Jatropha*

.....
.....

Question n° 28 : quels sont les cultures que vous associez à la plantation

.....
.....

Question n° 29 : quelles cultures n'est-il pas conseillé d'associer au *Jatropha* et pourquoi

.....
.....

Question n° 30 : la plantation a-t-elle un impact sur le rendement des cultures associées

.....
.....

Question n° 31 : vos champs de *Jatropha* produisent t-ils

(Cochez votre réponse)

Oui ☐ 1

Non ☐ 2

Question n° 32 : si oui quelle quantité de graine avez-vous récoltée sur chaque champ

.....
.....

Question n° 33 : combien de temps le *Jatropha* a-t-il mis avant de produire

.....
.....

Utilisation de la production

Question n° 34 : destination de la production

.....
.....

Question no 35 : Impact du *Jatropha* sur le sol

.....
.....

Annexes 2

Liste des travaux scientifiques réalisés (Articles publiés)

Pascal BAZONGO, Karim TRAORE, Kadidia. B. SANON, Barthelemy YELEMOU, Ouola TRAORE, Bismarck. H NACRO, Bernard BACYE, Mahamadi BELEM, Mamadou TRAORE, Victor HIEN, Michel. P. SEDEGO, 2015. Impact of *Jatropha* plantation on soil chemical and biological properties in the South Sudanian region in Burkina Faso. Pages 1762-1778. Int. J. Biol. Chem. Sci., August 2015, Volume 9, Number 4.

Pascal BAZONGO, Karim TRAORE, Ouola TRAORE, Ablassé BILGO, Barthelemy YELEMOU, B Kadidia SANON, Victor HIEN, Bismarck H NACRO, 2015. Caractérisation des systèmes de production de *Jatropha* dans les exploitations agricoles de la zone Ouest du Burkina Faso. Pages 2432-2445. Int. J. Biol. Chem. Sci., Octobre 2015, Volume 9, Number 5.

Pascal BAZONGO, Karim TRAORE, Ouola TRAORE, Barthelemy YELEMOU, B Kadidia SANON, Salifou KABORE, Victor HIEN, Bismarck H. NACRO, 2015. Influence des haies de *Jatropha* sur le rendement d'une culture de sorgho (*Sorghum vulgare*) dans la zone ouest du Burkina Faso: cas du terroir de Torokoro. Pages 2595-2607. Int. J. Biol. Chem. Sci., Décembre 2015, Volume 9, Number 6.