Collège Doctoral du Languedoc-Roussillon

THÈSE

Pour obtenir le grade de

Docteur

Délivré par le

Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques

Montpellier

Préparée au sein de l'école doctorale **EDEG (231)**
Et de l'unité de recherche **UMR INNOVATION**

Spécialité : **ECONOMIE**

Présentée par **DERRA Salif**

Déterminants de l'innovation technologique sur la biomasse agricole : cas du *Jatropha Curcas* au Burkina Faso

Soutenue le 17 Décembre 2014 devant le jury composé de

M. **Jean Jacques GABAS**,	Maitre de Conférences Hdr, Université Paris 11	Rapporteur
Mme **Blandine LAPERCHE**,	Maitre de Conférences Hdr, ULCO	Rapporteur
M. **Etienne MONTAIGNE,**	Professeur, Supagro Montpellier	Examinateur
M. **Joël BLIN**,	Docteur, 2iE – CIRAD Montpellier	Examinateur
M. **Ludovic TEMPLE**,	HDR, CIRAD Montpellier	Directeur de thèse
M. **Idrissa OUEDRAOGO**,	Professeur, Université Ouaga 2	Co-Directeur de thèse

Montpellier SupAgro

UO2 UNIVERSITÉ OUAGA II

« Montpellier Supagro et l'université Ouaga 2 n'entendent donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs ».

A

Ma famille, pour leur soutien et leur bénédiction

RESUME

Le développement des biocarburants soutenu par la communauté internationale connait un essor depuis le début des années 2000 à l'échelle mondiale, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, répondre aux préoccupations énergétiques des pays industriels et diminuer la pauvreté énergétique dans les pays du Sud. Cette stratégie rencontre plusieurs controverses qui portent sur les impacts socio-économiques des biocarburants et les trajectoires technologiques les mieux adaptées aux besoins de développement des pays d'Afrique sub-saharienne. L'objectif de la thèse est de comprendre les déterminants des processus d'innovation technologique sur la production des biocarburants. La thèse pose pour cela deux hypothèses. La première hypothèse structurée par le croisement entre les théories de la transition et les analyses systémiques de l'innovation repose sur le déterminisme institutionnel des processus d'innovation qui structure l'émergence du secteur des biocarburants. La seconde hypothèse suppose que l'émergence et le développement du secteur bioénergétique résulte des conditions d'adoption micro-économiques et territoriales de la production des cultures énergétiques. Le test de ces hypothèses est réalisé en mobilisant un référentiel d'analyse en termes de système d'innovation dans le cas de la filière Jatropha au Burkina Faso. Les résultats soulignent que l'émergence des technologies biocarburants dans les pays d'Afrique subsaharienne est liée aux changements institutionnels induits par les crises énergétiques et environnementales. Ces changements institutionnels activent des ressources favorables à l'émergence et à la dissémination des technologies sur les biocarburants. Au Burkina Faso, ces changements sont impulsés par les politiques européennes et celles d'organisations sous régionales telles que l'UEMOA et la CEDEAO. Une modélisation économétrique permet de manière complémentaire de tester les conditions d'adoption micro-économique et d'implémentation des innovations technologiques sur les biocarburants. Les facteurs structurels de l'exploitation agricole (capital foncier, situation alimentaire, perception) ; la proximité des acteurs de la filière ; ainsi que les variables institutionnelles inhérentes au renforcement des capacités et compétences apparaissent structurants de ces processus d'adoption sur le Jatropha. Cette adoption dépend enfin des modèles technologiques qui permettent d'intégrer d'un point de vue territorial les phases de production de la matière première, transformation et utilisation dans un mécanisme de réponse aux besoins prioritaires du développement du Burkina Faso.

Mots clés : biocarburant, système d'innovation, transition énergétique, adoption d'innovation, Jatropha, modèle, trajectoire de développement, technologie, Burkina Faso, filière

ABSTRACT

Biofuel development supported by the international community expands since the early 2000s globally to reduce emissions of greenhouse gases, meet the energy concerns of industrial countries and reduce energy poverty in the countries of south. This strategy meets several controversies that address the socioeconomic impacts of biofuels and the most appropriate technological trajectories to the needs of developing countries in sub-Saharan Africa. The aim of the thesis is to understand the determinants of the process of technological innovation on the production of biofuels. The thesis raises two hypotheses for this. The first assumption structured by intersection between the theories of transition and systemic analysis of innovation based on institutional determinism of technological innovation process that structures the emergence of the biofuel sector. The second assumption is that the emergence and development of the bioenergy sector resulting conditions of micro-economic and territorial adoption of the production of energy crops. The test of these hypotheses is achieved by mobilizing an analytical reference in terms of innovation system in the case of the Jatropha sector in Burkina Faso. The results highlight the emergence of biofuels technologies in sub-Saharan Africa is related to institutional changes induced by the energy and environmental crises. These institutional changes enable favorable resources to the emergence and diffusion of technology on biofuels. In Burkina Faso, these changes are driven by European policies and those of sub-regional organizations such as UEMOA and ECOWAS. Econometric modeling allows complementary way to test the conditions of microeconomic adoption and implementation of technological innovations on biofuels. Structural factors of the farm (land capital, food situation, perception); the proximity of the actors of the sector; and institutional variables inherent in capacity building and skills appear structuring of these processes of adoption of Jatropha. This adoption also depends technological models that integrate a territorial perspective the production phases of the raw material, processing and use in a response mechanism to the priority needs of the development of Burkina Faso.

Key words: biofuels, innovation system, energy transition, adoption of innovation, Jatropha, pattern, development path, technology, value chain, Burkina Faso

REMERCIEMENTS

La route a été longue, parfois semée d'embuches, mais nous y sommes arrivés. Je tiens à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de cette thèse. J'aimerais avant tout témoigner toute ma gratitude à mon directeur de thèse, Monsieur Ludovic TEMPLE. Je tiens à le remercier pour son soutien à chaque instant de mes recherches. Grâce à sa rigueur et sa disponibilité, j'ai pu avancer dans la réalisation de ce travail dans de bonnes conditions. Bien plus qu'un encadrement pédagogique, je le remercie pour ses conseils précieux, sa confiance et ses encouragements sans cesse renouvelés même si j'ai parfois mis sa patience à rude épreuve.

Je remercie Idrissa OUEDRAOGO d'avoir accepté de codiriger cette thèse, mais aussi pour ses grandes qualités humaines et professionnelles. Merci de n'avoir pas hésité à mettre la main à la pâte quand il le fallait pour m'aider à avancer. Ce travail marque la première thèse en cotutelle dans le cadre de l'accord-cadre de coopération internationale entre les universités de l'école doctorale 231 (Montpellier I, II, Supagro), les Universités du réseau NPTCI (Ouaga 2 ; Yaoundé 2, Felix Houphouet Boigny, ….) et le CIRAD, initié Monsieur Ludovic TEMPLE.

Je n'aurai pas pu effectuer cette recherche sans le soutien financier et logistique du CIRAD et du 2IE. Mes remerciements s'adressent également au Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) de l'ambassade de France à Ouagadougou pour avoir financé les différentes mobilités de ma thèse. Je remercie également l'équipe des chercheurs du projet Biocarburants et de l'ATP Envisud du CIRAD, particulièrement Marie-Hélène Dabat, Laurent Gazull et Joël Blin responsable du laboratoire LBEB où j'ai été accueilli à Ouagadougou.

Je remercie les autres doctorants du projet « Biocarburants » : Sarah Audouin, Arnaud Chapuis et Charly Gatete Djerma, avec qui nous avons formé une « Dream Team » pendant ces trois années. Les échanges multidisciplinaires que nous avons eus, ont été d'une grande importance dans la construction de cette thèse. J'ai apprécié cette solidarité qui a émergé de ce collectif. Une pensée pour les membres de mon comité de pilotage dont particulièrement Philippe Perrier Cornet.

Je tiens à remercier les membres de l'UMR Innovation du CIRAD qui n'ont ménagé aucun effort pour rendre agréable mes séjours à Montpellier. Je remercie en particulier Nadine

KELEMEN pour ses précieux conseils et son soutien pendant les moments difficiles. Je remercie également mes amis doctrants, pour leurs encouragements et leurs conseils durant les différentes étapes de ma thèse, merci à : Claire Durand, Aristide Semporé, Renzo D'Alexandro, Sidnoma traoré, Patrice Zidouemba, Issa Zongo, Tidiane Diarisso, Oumarou Balarabé.

Ces années de doctorat ont été l'occasion de nombreuses collaborations et rencontres avec des doctorants, des chercheurs, des professeurs, et des personnes de tous horizons, qui ont enrichi mon travail d'une dimension essentiellement humaine. Tant de personnes qu'il m'est aujourd'hui difficile de les citer toutes et que je remercie collectivement.

J'exprime ma gratitude, mon respect, et mon entière dévotion à ma famille, sans qui ce travail n'aurait jamais vu le jour. Je les remercie pour leur soutien et leur patience durant la dernière année de la thèse.

Avant-propos

Cette thèse a été menée dans le cadre du projet « Biocarburants » financé par l'Union Européenne et piloté par le 2iE (Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement) et le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement).

L'objectif général du projet est la « définition d'une politique régionale dans le domaine de la Biomasse Energie afin de favoriser l'accès à l'énergie en milieu rural », avec comme objectif spécifique « d'analyser le potentiel technique et économique de la biomasse en Afrique de l'Ouest comme source de production d'énergie renouvelable ». Ce projet s'inscrit dans le Plan Directeur pour la bioénergie, l'agriculture et le développement rural de l'UEMOA (Union Economique et Monétaire Ouest Africaine). Parmi les activités dudit projet, quatre thèses ont été menées et couvrent la thématique des biocarburants de manière multidisciplinaire :

- une thèse en politiques publiques effectuée par Charly Djerma Gatete. L'intitulé de cette thèse est : « Jeu institutionnel entre acteurs dans la construction de l'action publique et des modes de gouvernance dans la filière agrocarburant burkinabè et effets structurants potentiels sur le développement du Burkina Faso » ;
- une thèse en géographie menée par Sarah Audouin, sous le thème « Système d'innovation et territoire : un jeu d'interaction ; les exemples de l'anacarde et du Jatropha dans le sud-ouest du Burkina Faso » ;
- une these en génie des procédés réalisée par Arnaud Chapuis. L'intitulé de cette these est « Sustainable design of oilseed-based biofuel supply chains, the case of Jatropha in Burkina Faso» ;
- et une thèse en économie de l'innovation, objet du présent travail.

Des échanges permanents entre les doctorants et encadrants des thèses et du projet ont permis d'alimenter les réflexions du groupe et ont aboutis à des travaux collectifs.

Ces quatre thèses ont également été intégrées dans les activités de l'ATP-ENVISUD du CIRAD (Action Thématique Programmée) intitulée : *« Contribution de la biomasse-énergie à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales des Suds »*, ce qui a permis d'enrichir les débats sur cette thématique à la fois agricole et énergétique.

Table des Matières

RESUME ……..…… I

ABSTRACT ……..…….. II

REMERCIEMENTS…….. III

AVANT-PROPOS……..…… IV

SOMMAIRE……VII

LISTE DES FIRGURES …… …… XI

LISTE DES TABLEAUX ……... XII

INTRODUCTION GENERALE

I. Les enjeux globaux de la transition énergétique mondiale : interpellation pour les pays du sud ? 1

1. La crise énergétique ouverte par la raréfaction des énergies fossiles conventionnelles **... 2**
2. La crise environnementale ouverte par le changement climatique **..... 3**
3. Enjeux de l'accès à l'énergie pour le développement des pays du sud **..... 5**

II. La transition énergétique basée sur les agrocarburants : opportunité ou menace pour le développement des pays Africains ? 7

1. La trajectoire technologique des biocarburants **..... 7**
2. La problématique du développement des biocarburants en Afrique **..... 9**
3. Le potentiel innovant du Jatropha pour la production d'agrocarburant **..... 13**

III. Exploration des référentiels théoriques pour expliquer les déterminants de l'innovation technologique sur la Jatropha 14

1. L'approche néo-classique du changement technique : le modèle d'innovation linéaire **15**
2. L'approche évolutionniste de l'innovation : les systèmes d'innovation **..... 17**
3. Problématisation conceptuelle de la question de recherche **..... 19**
4. Structuration des hypothèses de recherche et du cadre méthodologique **..... 20**
5. Plan de présentation des résultats **..... 24**

PARTIE 1 : LES DETERMINANTS INSTITUTIONNELS DE L'EMERGENCE DE L'INNOVATION SUR LE JATROPHA AU BURKINA FASO

Chapitre 1 : L'environnement politique de l'émergence des biocarburants au Burkina Faso

Introduction **28**

I. Les politiques de soutien aux biocarburants **29**

1. Les politiques européennes et le marché international de carbone **29**
2. L'émergence de politiques régionales africaines : UEMOA, CEDEAO **33**
3. La stratégie nationale burkinabé de développement des biocarburants **35**

II. Les incitations à la production des biocarburants **36**

1. Le financement croissant des politiques de recherche dédiées au Jatropha **36**
2. Les financements multinationaux pour la production de biocarburants **39**

Conclusion **45**

Chapitre 2 : Le système d'innovation « biocarburant » au Burkina Faso et trajectoire de développement

Introduction **47**

I. L'approche systémique de l'innovation contemporaine **48**

1. L'émergence du « système d'innovation agricole » : origine et caractéristiques **48**
2. Les fonctions du système d'innovation **52**

II. Le système d'innovation « biocarburant » au Burkina Faso en construction . **56**

1. Caractérisation du système acteur dans le secteur des biocarburants **56**
2. Les fonctionnalités du système d'innovation biocarburant **62**
3. Les trajectoires de développement des biocarburants induites par le système d'innovation actuel…... ..... **64**

Conclusion **69**

Chapitre 3 : Structuration et défaillances du système d'innovation sectoriel biocarburant

Introduction **71**

I. Emergence du réseau sociotechnique des biocarburants au Burkina Faso **71**

1. Les stratégies pionnières de la valorisation énergétique du Jatropha **71**
2. L'innovation institutionnelle à travers le lancement des conférences sur les biocarburants : un rôle clé de structuration du réseau sociotechnique **76**

3. Impact de la conférence sur le processus d'innovation 82
II. Les défaillances fonctionnelles du système d'innovation biocarburants 84
1. Les controverses existantes sur le développement des biocarburants 85
2. La faiblesse des interactions au sein du système acteur 88
Conclusion 90
PARTIE 2 : CARACTERISATION EX ANTE DES DETERMINANTS MICROECONOMIQUE ET TERRITORIAUX DE D'ADOPTION DU JATROPHA
Chapitre 4 : Econométrie des déterminants d'adoption des cultures bioénergétiques
Introduction 95
I. Cadre conceptuel de l'analyse des déterminants d'adoption 96
1. Hypothèses de déterminants de l'adoption d'une innovation 96
2. Modélisation empirique des déterminants de l'adoption du Jatropha 97
3. Sélection des variables potentielles pour l'explication de l'adoption du Jatropha 100
II. Zone d'étude, sources des données et stratégie d'échantillonnage 104
1. Choix de la zone d'étude et collecte des données 104
2. Plan d'échantillonnage 105
III. Résultats de l'estimation économétrique 106
1. Caractéristiques socioéconomiques des répondants et structures des exploitations 106
2. Résultat de l'estimation des modèles économétriques 108
IV. Mise en débat des résultats de l'analyse économétrique 110
1. Les déterminants de la probabilité d'adoption du Jatropha 110
2. Les déterminants de l'intensité d'adoption de la culture du Jatropha 116
3. Récapitulatif des déterminants de la production du Jatropha 118
Conclusion 121
Chapitre 5 : Analyse de la rentabilité du Jatropha et conséquences sur la sécurité alimentaires
Introduction 123
I. Les chemins d'impact du Jatropha sur la sécurité alimentaire 124
II. Conséquences du Jatropha sur la disponibilité alimentaire 125
1. Impact du Jatropha sur la production alimentaire à l'échelle territoire 125
2. Impact du Jatropha sur la disponibilité alimentaire à l'échelle exploitation 128

III. Impact du Jatropha sur l'accessibilité alimentaire : analyse par la rentabilité du Jatropha..... 135

1. Systèmes de culture du Jatropha et rendements..... **137**

2. Evaluation des performances technico-économiques des trois principaux systèmes de culture du Jatropha **138**

3. Perspectives d'évolution des systèmes de culture incluant le Jatropha..... **142**

Conclusion **145**

Chapitre 6 : Analyse spatio-économique de l'adoption des technologies sur le Jatropha

Introduction..... **147**

I. Typologie des filières biocarburants à base de Jatropha au Burkina Faso 148

1. Caractérisation des acteurs de production des biocarburants **148**

2. Les archétypes des filières de production de biocarburant à base de *Jatropha curcas* **150**

II. Mise en perspective des économies d'agglomération 161

1. Agglomération des acteurs et opportunité d'apprentissage ? **163**

2. Agglomération des acteurs et co-construction de connaissances **165**

III. Regroupement spatial des acteurs et développement local..... 167

Conclusion 171

CONCLUSION GENERALE……..……173

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Liste des figures

Figure 1 : Le modèle linéaire de l'innovation 16
Figure 2 : Les éléments d'un système d'innovation agricole 51
Figure 3 : Le système d'innovation biocarburants au Burkina Faso 60
Figure 4 : Cartographie des trajectoires de développement 66
Figure 5: Evolution des initiatives pour le développement de la filière Jatropha 72
Figure 6: Représentation des différentes questions traitées par les conférences 77
Figure 7 : Evolution des groupes de participants dans les conférences 78
Figure 8 : Représentation conceptuelle des déterminants de la décision individuelle d'adoption d'innovations. Adapté de Blazy 2012 97
Figure 9 : Fréquence des situations d'insuffisance alimentaire des agriculteurs sur 10 dernières années 130
Figure 10 : répartition par zone des motivations à produire le Jatropha 136
Figure 11 : variation de la productivité brute de la terre (VAB/ha) générée par les plantes de Jatropha cultivée seule (1250 kg/ha), en association (800 et 500 kg/ha) et sous forme de haie vive en fonction du prix d'achat des graines 140
Figure 14 : Comparaison de la productivité brute de la terre (VAB/ha) de quatre systèmes de culture : la culture pure de Jatropha, le système de culture annuel le plus performant entouré par une haie de Jatropha, et les associations (6x3 et 10x2) Jatropha-culture 141
Figure 13 : Variation de la productivité brute de travail (VAB/h.j) générée par les plantes de Jatropha cultivées seules, en association et sous forme de haie vive en fonction du prix d'achat des graines 142
Figure 14 : configuration spatiale du développement des biocarburants 155
Figure 15 : Score de satisfaction des recommandations culturales 166
Figure 16 : Evolution des bénéficiaires du SER 168
Figure 17 : Représentation des prix de Jatropha 170

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution des importations de biodiesel de l'Union Européenne (en milliers de tonnes). 31
Tableau 2 : Origine des projets de production de biocarburants dans les pays d'ASS 43
Tableau 3 : Projets biocarburant et origine du financement 45
Tableau 4 : classification des projets selon les trajectoires de développement 67
Tableau 5 : les différents archétypes de développement des biocarburants au Burkina Faso. 104
Tableau 6 : tableau d'échantillonnage 106
Tableau 7 : Estimation du modèle Tobit avec la méthode d'Heckman 109
Tableau 8 : récapitulatif des déterminants de l'adoption du Jatropha 119
Tableau 9 : caractérisation des zones de production agricole des projets biocarburant 127
Tableau 10 : résultats des tests de comparaison des moyennes selon le type d'exploitation. 132
Tableau 11 : Nombre moyen de journées de travail consacrées aux plantes de Jatropha ayant atteint leur phase de production dans les systèmes de culture comparés. 139
Tableau 12 : Matrice d'identification des agents et leurs fonctions 150
Tableau 13 : Ensemble des combinaisons entre les différents acteurs 151
Tableau 14 : Typologie des filières de production de biocarburants à partir du Jatropha 153
Tableau 15 : différenciation des modèles suivant la proximité des acteurs 156
Tableau 16 : Méthode de calcul ou d'évaluation des critères 159
Tableau 17 : Matrice des conséquences des modèles sur le développement 160
Tableau 18 : classement des projets selon les modèles de filière 163
Tableau 19 : fréquence des interactions entre promoteur et agriculteurs 164
Tableau 20 : Comparaison des prix moyens du Jatropha (F CFA/Kg) dans les 3 localités ... 170
Tableau 12 : Repartition du temps de travail pour l'implantation du Jatropha 206

INTRODUCTION GENERALE

I. Les enjeux globaux de la transition énergétique mondiale : interpellation pour les pays du sud ?

La production mondiale d'agrocarburants qui a atteint 65,35 millions de tonnes équivalents pétrole en 2013 (BP[1], 2014) est le résultat d'un véritable boom observé à l'échelle mondiale durant ces quinze dernières années. Tirée par les soutiens publics accordés aux bioénergies dans le cadre de la promotion des énergies renouvelables, la production de biocarburants a connu une nette progression (OCDE, 2011). Les superficies consacrées à la production de matières premières agricoles pour ces biocarburants sont ainsi passées de 13,8 millions d'hectares en 2004, à 37,5 millions en 2008, soit 2,3% des terres cultivables dans le monde (PNUE, 2009). D'après les projections faites par la FAO et l'OCDE, la production annuelle mondiale en 2020 devrait atteindre 196,87 milliards de litres (OCDE and FAO, 2012).

De plus, alors qu'au début des années 2000, la quasi-totalité de la production était partagée entre l'Europe, les Etats-Unis et le Brésil ; de nombreuses régions à travers le monde se sont lancées dans la production de biocarburants ces dernières années. Justifiée par des préoccupations nationales, besoins énergétiques, et/ou débouchés agricoles, la production de biocarburants dans ces nouvelles régions (Asie, Amérique du Sud et Afrique), est aussi tirée par la demande croissante en biocarburants des principales régions consommatrices. Ces régions constituent désormais les acteurs émergents du marché mondial des biocarburants.

Présentés comme une source d'énergie durable pour répondre à la triple crise énergétique, environnementale et économique, les agrocarburants ont connu une large diffusion en Afrique (Amigun et al., 2011). Nous caractérisons ces trois enjeux qui posent la problématique empirique dans laquelle se situe cette thèse.

[1] BP Statistical Review of World Energy. Juin 2014. Londres: BP Statistical Review of World Energy, June 2014. Disponible sur http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf

1. La crise énergétique ouverte par la raréfaction des énergies fossiles conventionnelles

Dans la dernière décennie, le prix de l'énergie notamment du pétrole a augmenté et les prévisions à venir selon la plupart des scénarios confirment cette tendance (Mabro, 2007; Friedrichs, 2010). A un autre niveau, la raréfaction des sources d'approvisionnements à bas prix génère des instabilités politiques et une instabilité croissante des marchés. L'approvisionnement en énergétique fossile devient risqué. La flambée du coût de l'énergie et l'instabilité croissante des marchés peuvent s'expliquer par un déséquilibre croissant dans les variables qui agissent sur l'offre et la demande.

❖ Croissance de la demande énergétique des pays émergents

La consommation énergétique mondiale, tirée par les pays émergents (Chine, Inde, Brésil, etc.), a cru de 10 % entre 2005 et 2011. Il s'agit du rythme de croissance le plus rapide depuis le choc pétrolier de 1973, précise l'agence internationale de l'énergie (AIE, 2011). Les pays émergents contribuent ainsi pour 2/3 à cette augmentation globale, avec environ 460 millions de tonnes équivalents pétrole (TEP) ; la Chine représentant à elle seule 1/4 de la croissance de la consommation énergétique mondiale en 2010, se place en tête de liste des plus gros consommateurs mondiaux d'énergie devant les Etats-Unis. Le pétrole, le gaz naturel et le charbon ont contribué de manière égale à cette augmentation de la demande d'énergie en 2010, largement liée à la reprise industrielle et au développement fondé sur les technologies actuelles. L'insertion nécessaire à venir et en cours de Pays à Revenu Intermédiaires, en transition ou des Pays Moins Avancés (PMA) dans la catégorie des pays émergents ne peut que renforcer les pressions sur la demande mondiale.

❖ Raréfaction des ressources fossiles conventionnelles à bas prix

La consommation énergétique mondiale (énergie finale) a été de 8,2 milliards de TEP en 2007 (4,7 en 1973), pour une production énergétique mondiale (énergie primaire) de 12 milliards de tep (AIE, 2011). La consommation énergétique qui est dans une tendance croissance, risque à moyen termes de dépasser la capacité de production mondiale. Les réserves d'énergies fossiles en particulier celle du pétrole sont en passe d'être insuffisante.

Les ressources d'énergie non renouvelables (fossiles et uranium) ont été estimées à 965 milliards de TEP, soit 85[2] ans si la consommation actuelle reste fixe.

L'ère du « pétrole à bas prix » tend vers la fin. Les conséquences de cette raréfaction des énergies fossiles est la flambée des prix avec pour corollaire le renchérissement du coût de vie pour les pays pauvres non producteurs de cette ressource. La production d'énergie reste l'apanage de quelques régions du monde (Moyen Orient pour le pétrole, Russie et Etats-Unis pour le gaz).

Ces deux phénomènes concourent à accroitre la volatilité du prix du pétrole, ce qui constitue un handicap pour les pays pauvres importateurs de cette ressource et donc dépendant des cours mondiaux. Le renouvellement des inquiétudes sur l'offre des énergies fossiles questionne les conditions d'une industrialisation des pays du sud basée sur les transferts technologiques issus des pays du nord et fondés sur des ressources énergétiques limitées. Cette prise de conscience a incité des gouvernements des pays de l'OCDE à investir dans deux directions : d'une part la prospection de nouvelles énergies fossiles (gaz de schiste, l'hydrogène…) aujourd'hui discutées par leurs externalités environnementales ; d'autre part la promotion d'énergie qualifiée de renouvelables.

2. La crise environnementale ouverte par le changement climatique

Sur le plan environnemental depuis le protocole de Kyoto (1997), la communauté internationale s'est engagée à lutter contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GES) ; notamment les émissions de dioxyde de carbone émanant des transports. Ces deux conjonctures ont incité de nombreux Etats (Brésil, Inde, Etat Unis, etc.) et l'Union Européenne à s'intéresser aux agrocarburants pour réduire les gaz à effet de serre d'origine anthropique.

En effet depuis la première révolution industrielle, le développent économique a reposé sur l'usage massif des sources d'énergie fossiles (charbon puis pétrole, gaz naturel) qui fournissent l'énergie nécessaire au secteur industriel et des transports mais également à l'agriculture devenue énergétivore, compte tenue de la mécanisation et l'usage croissant d'intrants industriels (engrais, pesticides). Or, l'utilisation de ces énergies fossiles dégage du

[2] Cette durée est très variable selon le type d'énergie : 44 ans pour le pétrole conventionnel, 183 ans pour le charbon.

dioxyde de carbone qui est un gaz à effet de serre. Le rythme d'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère s'est accéléré depuis les années 2000, du fait du développement industriel de pays émergents comme la Chine, l'Inde, le Brésil. En 2010, l'agence internationale de l'énergie a noté une croissance des émissions du dioxyde de carbone de 6% par rapport à 2009. Cette augmentation de la concentration du dioxyde de carbone durant cette décennie est considérée comme la cause du réchauffement climatique.

Ces préoccupations face au « réchauffement climatique » ont été un argument en faveur du développement des agrocarburants. Leur utilisation est présentée comme une solution pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre, compte tenu de l'hypothèse de « neutralité carbone » des agrocarburants. L'idée est que leur utilisation n'émet pas plus de dioxyde de carbone que celui absorbé au cours de la croissance des plantes utilisées pour fabriquer ces biocarburants. Remplacer les carburants fossiles par les biocarburants pour les transports contribuerait donc à la lutte contre le réchauffement climatique. Cette trajectoire a été soutenue par des travaux scientifiques synthétisés dans les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et dans ceux de certaines instances internationales (FAO, PNUE, Banque Mondiale, etc.).

Ainsi, dans son rapport mondial sur l'alimentation et l'agriculture 2008, consacré aux agrocarburants, la FAO montre que la production de biocarburants de la première génération à partir des matières premières actuelles entraînerait des réductions d'émissions de l'ordre de 20 à 60% par rapport aux combustibles solides, si les rejets de carbone dus au changement d'affectation des sols ne sont pas pris en compte. Concernant les agrocarburants de la seconde génération, le rapport stipule que leur utilisation permettrait une réduction de 70 à 90% des émissions de GES actuels (Rossi and Lambrou, 2008).

L'ensemble de ces travaux ont mis en exergue le rôle joué par les activités anthropiques dans le réchauffement climatique et de ce fait, la nécessité de promouvoir le développement des énergies renouvelables. Cependant si la littérature scientifique s'accorde majoritairement sur les bilans positifs des biocarburants, en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre (Farrell et al., 2006 ; OCDE, 2008 ; Cherubini and Strømman, 2011), les travaux récents montrent que ces bilans, jusque-là positifs, souffraient d'insuffisances méthodologiques (Menichetti and Otto, 2008 ; Gnansounou et al., 2009). Les controverses sur l'hypothèse de neutralité du bilan énergétique des agrocarburants sont croissantes.

Dans une perspective de développement durable des énergies renouvelables et de diversification du secteur agricole, les agrocarburants apparaissent comme une alternative à explorer pour une transition énergétique. Le concept de « transition énergétique » est le passage d'une société fondée sur la consommation abondante d'énergies fossiles, à une société plus sobre et plus écologique (Dubois, 2009 ; Fouquet and Pearson, 2012). La transition énergétique repose donc sur la capacité sociétale à générer un processus d'innovation technologique pour substituer les énergies fossiles par des énergies renouvelables dans la quasi-totalité des activités humaines (transport, industrie, éclairage, chauffage, etc.).

3. Enjeux de l'accès à l'énergie pour le développement des pays du sud

L'énergie joue un rôle crucial dans le développement économique et social à la fois comme consommation domestique des populations mais aussi comme facteur de production influençant directement les prix des autres biens et services (NEPAD[3], 2001). L'accès à l'énergie est décrit comme un facteur crucial dans le développement agroalimentaire et industriel et dans l'approvisionnement des services sociaux permettant d'améliorer les conditions de vie des populations. Le développement économique actuel se nourrit avant tout de l'énergie fossile. La genèse de cette relation entre énergie et développement économique remonte au XIX[e] siècle avec la révolution industrielle (Fouquet and Johansson, 2008). Depuis lors, l'énergie et le développement économique sont restés étroitement liés.

Le niveau de développement d'un pays serait fonction de la consommation d'énergie. Au niveau macroéconomique, la corrélation constatée dans le passé entre le taux de croissance du PNB (produit national brut) et le niveau de la consommation énergétique est en général positive. Diminuer la consommation énergétique revient à favoriser une récession économique mais aussi à remettre en cause le bien-être social acquis. L'élasticité[4] de la consommation primaire d'énergie par rapport au PNB est dans la plupart des cas supérieure à 1 (Percebois, 1978). Ceci montre l'étroite relation existante entre la consommation énergétique et la croissance économique.

[3] Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique initié en début 2000 pour privilégier le développement du secteur privé et des industries dans les projets et programmes de développement.

[4] L'élasticité est proche de 1 pour les pays industrialisés et supérieure à 1 pour les pays en développement. Percebois en 1978

Par ailleurs, l'accès à l'énergie est indispensable pour le développement social. Toutes les fonctions de base (alimentation, santé, production, transport, communication, etc...) exigent un accès croissant à l'énergie. L'énergie est *de facto*, indispensable à l'amélioration des conditions d'existence des populations. L'énergie est un facteur essentiel au développement social et humain. En effet, l'accès à l'énergie (électricité et carburants) aux populations, en particulier celles des milieux ruraux dans les PMA, est un facteur de modernisation des services sociaux de base que sont la santé, l'éducation, l'approvisionnement en eau potable, la cuisson, l'éclairage et les télécommunications, mais aussi un précurseur de développement des activités productrices (Carbonnier and Grinevald, 2011). Elle est enfin un facteur central de la diminution de la pénibilité du travail dans l'agriculture et donc d'accroissement de la productivité.

Conscient de cette étroite relation entre consommation énergétique et développement, les pays du sud notamment ceux dépourvus de ressources pétrolières se sont lancés dans la recherche de sources d'énergie alternatives afin de soutenir l'essor de leurs économies au regard du renchérissement du coût des énergies conventionnelles. Dans ces pays notamment ceux d'Afrique subsaharienne (ASS), les opportunités d'accès à l'énergie demeurent très faibles dues aux coûts prohibitifs des énergies fossiles et à leurs non-disponibilités. Une « pauvreté énergétique[5] » y règne surtout dans les milieux ruraux et périurbains où la principale source d'énergie pour ces populations est basée sur des ressources ligneuses dont la surexploitation détruit les écosystèmes (Kane, 2009).

La raréfaction voire l'épuisement des ressources énergétiques actuellement prédominantes, constitue une entrave supplémentaire à une ambition d'augmentation du taux d'accès de l'énergie pour ces pays d'ASS. La majeure partie de ces pays doivent faire face à une facture énergétique croissante due à la forte croissance de la population et des activités économiques ; et à l'augmentation des coûts unitaires de l'énergie (Blin et al., 2011). Au regard de cette relation entre le niveau de consommation énergétique et la croissance économique, le besoin d'augmenter la disponibilité et l'accessibilité de l'énergie dans les pays d'ASS devient impératif pour la poursuite de leurs objectifs de développement.

[5] La pauvreté énergétique est définie par le PNUD comme l'absence de choix qui donnerait au pays accès à des énergies adéquates, abordables, efficaces et durable pour supporter le développement économique et humain.

II. La transition énergétique basée sur les agrocarburants : opportunité ou menace pour le développement des pays africains ?

Si plusieurs options d'énergies renouvelables existent dans la transition énergétique comme le solaire, l'énergie éolienne ; la piste des agrocarburants est très vite apparue comme prioritaire dans la plupart de politiques publiques internationales. En effet, dans le besoin de pouvoir remplir les principales utilisations énergétiques de l'homme que sont le transport ; le chauffage ; l'éclairage... ; les agrocarburants produits à partir de la biomasse végétale présentent l'avantage de ne pas imposer de ruptures radicale dans les formes d'utilisation de l'énergie (moteur à explosion, forme de stockage, de transport). La biomasse regroupe tous les matériaux d'origine biologique employés comme combustibles pour la production de chaleur, d'électricité ou de carburants. Elle comprend trois principales familles : le bois énergie ou biomasse solide, le biogaz et les biocarburants. La biomasse est soit utilisée directement sous forme de chaleur ou soit convertie en biocarburants liquides ou en biogaz combustibles. La biomasse énergie compte tenu de son caractère renouvelable apparaît comme une solution durable et positive aux crises énergétiques et environnementales (Demirbas, 2009). Les agrocarburants issus de cette valorisation de la biomasse étant parfois présentés comme des substituts au pétrole notamment dans le secteur des transports (Brecciaroli, 2011).

1. La trajectoire technologique des biocarburants

Les biocarburants, parfois appelés agrocarburants[6] (le terme biocarburant décrit étymologiquement tous les carburants issus de la biomasse) sont produits par deux filières distinctes : la filière alcool (bioéthanol) et la filière huile (biodiesel). Ils sont classés en trois générations déclinées comme suit :

❖ Les biocarburants de la 1ère génération : bioéthanol et biodiesel

Les biocarburants de « première génération » sur lesquels portent nos travaux, sont produits à partir de technologies « matures », qui depuis une vingtaine d'années, sont largement utilisées et répliquées dans le monde. Ils constituent actuellement l'essentiel de la production mondiale et sont essentiellement issus de ressources agricoles conventionnelles (pour l'éthanol : canne à

[6] Selon la directive européenne 2003/30/CE 30, on appelle biocarburant, « un combustible liquide ou gazeux utilisé pour le transport et produit à partir de la biomasse »

sucre, maïs, betterave sucrière, blé, etc. ; pour le biodiesel : soja, colza, huile de palme, jatropha, etc.). La technologie utilisée par cette première génération consiste à utiliser uniquement le fruit de la plante. Les différents types de biocarburants de première génération produits actuellement au niveau mondial sont :

- **Les huiles végétales pures** sont produites à partir de plantes oléagineuses par une simple technique de pressage et de filtrage. L'huile végétale pure (HVP) peut être utilisée directement dans les moteurs diesels statiques (groupes électrogènes, moulins, motopompes etc.) mais avec une légère adaptation notamment à cause de sa viscosité relativement élevée.
- **Le biodiesel** est fabriqué à partir d'huiles végétales, de graisses animales ou de graisses recyclées par une réaction de trans-estérification méthanolique. Le biodiesel peut être utilisé comme carburant pour les véhicules sous sa forme pure, mais il est généralement utilisé comme additif pour diesel afin de réduire les niveaux de particules, de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures provenant des véhicules à moteur diesel.
- **Le bioéthanol** est produit à partir d'amidon ou de cellulose selon les procédés. Les principaux végétaux utilisés sont le maïs, le blé, la canne à sucre et la betterave sucrière. Le bioéthanol est un alcool issu de la fermentation du sucre présent dans la matière végétale. Utilisant une technologie avancée en cours d'élaboration, la biomasse cellulosique, comme les arbres et les graminées, est également utilisée comme matières premières pour la production d'éthanol. Le bioéthanol est destiné aux moteurs à essence en mélange jusqu'à 10% dans des moteurs classiques ou à 100% dans des moteurs spécifiques (flex fuel).

❖ Les biocarburants de la deuxième génération

Cette génération de biocarburant a émergée suite à la mise en évidence de la concurrence qu'exercent les biocarburants de première génération sur les cultures alimentaires (Naylor, 2007). Ce type de biocarburants utilise l'intégralité de la cellulose des plantes ou de la biomasse, permettant ainsi d'élargir l'horizon des matières premières : bois, paille, résidus forestiers…etc. Ce nouveau type, aux meilleurs rendements et plus intéressant sur le plan environnemental, émerge progressivement (Mohr and Raman, 2013). C'est le cas par exemple de l'éthanol cellulosique (produit à partir de résidus agricoles comme les pailles de céréales, de résidus forestiers, etc.), ou les carburants BTL (biomasse to liquid) qui sont des hydrocarbures de synthèse produits à partir des gaz issus des procédés de gazéification et du craquage thermique de biomasses.

❖ Les biocarburants de troisième génération

Dans cette catégorie, la production de biocarburants se fait à partir d'algues dont l'application intéresse surtout le domaine de l'aviation. Il faut noter qu'il n'y a pas encore de consensus sur la définition de la troisième génération. Certains, en plus des micro-algues, y incluent l'ensemble des micro-organismes et y classent les biocarburants où la biomasse utilisée ne provient pas de surfaces terrestres (MEDDE[7], 2011).

Cette piste est envisagée du fait qu'elle est théoriquement 30 à 100 fois plus efficace que la première génération (Chisti and Yan, 2011 ; Danielo, 2005). Les micro-algues pourront produire des biocarburants avec des meilleurs rendements rendant ainsi envisageable une production de masse sans déforestation massive ni concurrence avec les cultures alimentaires.

Cependant les biocarburants de cette génération se développent lentement à cause de leur rentabilité économique non encore confirmée, mais également des difficultés technologiques de leur production (algues et énergie). Des recherches sont nécessaires pour optimiser les performances et les rendements des procédés industriels. On estime ainsi que ces procédés ne seront pas facilement disponibles et rentablement optimisés avant 15 ou 20 ans (Hanff et al., 2011).

2. La problématique du développement des biocarburants en Afrique

L'augmentation de la demande en énergie de la population mondiale due à l'accroissement démographique et à l'augmentation de la demande moyenne par habitant, impose d'explorer la palette des ressources énergétiques disponibles, dans le respect des contraintes environnementales, sociales et éthiques, chaque jour plus pressantes, et avec l'objectif du développement durable. Cette exploration impose d'innover au plan scientifique, technologique et organisationnel pour générer un changement de trajectoire dans l'utilisation d'énergies fossiles rendues responsables du réchauffement planétaire et dont les disponibilités se réduisent. Ces processus d'innovation devraient permettre de satisfaire les besoins dans les délais imposés par l'humanité dans des conditions environnementales acceptables

[7] Ministère de l'écologie, de développement durable et de l'énergie (2011).Rapport sur l'industrie des énergies décarbonnées en 2010. En ligne. Disponible sur : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ rapport_energies_decarbonees_2011_complet02.pdf.

(changement climatique) et socialement équitables (sécurité énergétique pour tous). Les innovations et les ruptures technologiques attendues concernent tant la production que l'utilisation et la gestion de l'énergie. Elles doivent notamment apporter des réponses aux problèmes d'acceptation sociale que posent ces différents types de ressources et aux défis techniques que constitue l'intermittence des énergies renouvelables actuellement sollicitées. L'ampleur des enjeux et des moyens à mettre en œuvre, leurs conséquences économiques et sociétales, appellent des engagements internationaux dans les domaines de la recherche fondamentale et de la formation.

A l'échelle internationale, les pays du Sud sont alors apparus comme un espace privilégié de production des agrocarburants du fait de ressources foncières présentées comme abondantes, de conditions climatiques propices et d'avantages économiques (notamment faibles coûts du foncier et de la main d'œuvre). A cet effet, les grands producteurs de biocarburants (Etats-Unis, Brésil et Union Européenne) envisagent une extension de leurs activités de production en Afrique (Bekunda et al., 2009 ; Amigun et al., 2011 ; Santander, 2011).

Plusieurs instances et organisations ont également renforcé cette dynamique de développement des agrocarburants dans les pays du Sud. Les organisations internationales, telles que la FAO et la Banque Mondiale, ont souligné depuis déjà 10 ans l'opportunité que représente les agrocarburants pour le développement de l'agriculture et l'accès à l'énergie des pays du Sud (World Bank, 2005; FAO, 2000).

Au niveau entrepreneurial, les multinationales du secteur de l'énergie ont accru leurs investissements dans les recherches et le développement de technologies de valorisation énergétique de la biomasse. Ces recherches s'orientent vers l'identification des biomasses à fort potentiel ainsi que les conditions de leurs productions. A cet effet, plusieurs travaux de recherche attestent du fort potentiel de production dans les pays du Sud (Fischer et al., 2001 ; Hoogwijk et al., 2005 ; Smeets et al., 2007).

Sur ces incitations, la majorité des pays d'ASS, en particulier ceux connaissant une « pauvreté énergétique », ont favorisé le développement de projets biocarburants sur leur territoire. Une diversité d'investisseurs privés convaincus et attirés par les opportunités futures du marché des biocarburants, ont alors envisagé des projets de production au Sud (Ewing and Msangi, 2009).

Cet élan récent a fait l'objet de plusieurs controverses médiatiques, politiques et sociales (Janin and Ouedraogo, 2009 ; Amigun et al., 2011) qui portent sur les impacts environnementaux réels des biocarburants et sur leurs impacts socio-économiques dans les pays du Sud notamment sur la sécurisation alimentaire (Naylor, 2007 ; Mitchell, 2008 ; Wiggins et al., 2008). Des débats, fortement alimentés par le milieu associatif et relayés par les médias, se sont ouverts au niveau des organisations internationales et de nombreux pays au Nord comme au Sud (Dufey, 2006 ; Hazell and Pachauri, 2006 ; Peskett et al., 2008). Ces débats portent sur l'aptitude des agrocarburants à apporter des solutions aux problèmes de développement économique et de pauvreté énergétique dans les pays d'ASS.

Les investissements dans les agrocarburants en Afrique subsaharienne représentent une opportunité pour les pays où la faible accessibilité énergétique représente un verrou au développement économique et social. Dans le même temps, ces investissements sont pleinement concernés par le débat sur les acquisitions de terres et exposent les populations et les agricultures africaines à plusieurs types de risques (précarité alimentaire, exode rurale, etc).

Le développement à grande échelle des agrocarburants présente en effet un risque de précarisation alimentaire (Holt-Giménez and Shattuck, 2011). L'utilisation des cultures alimentaires à des fins énergétiques réduit leur disponibilité pour l'alimentation humaine. De plus, les biocarburants concurrencent les cultures alimentaires au niveau de l'utilisation des facteurs de production agricole : terre, eau, force de travail, et éléments fertilisants. Ces impacts pressentis sont présentés comme des facteurs de détérioration des conditions de vie des populations démunies (Bailey, 2013). Bien que cela reste toujours discuté, les biocarburants sont souvent présentés comme une cause des tensions observées en 2008 sur les marchés des matières premières agricoles et de la hausse des prix alimentaires enregistrée depuis 2006[8] (FAO, 2009). Le lien entre la hausse des prix alimentaires sur le marché mondial est de plus en plus expliqué par la demande croissante du secteur des agrocarburants (Voituriez, 2009 ; Daviron, 2012).

[8] Augmentation de 24 % en 2007 et de 53 % en 2008, selon l'indice FAO portant sur 55 produits agricoles ; cette hausse a plusieurs explications: un effondrement des stocks mondiaux, la spéculation sur certains produits et enfin, la concurrence des agrocarburants stimulés par des politiques incitatives dans certains pays tel que les Etats Unis.

Par ailleurs, l'extension des cultures énergétiques par des grandes firmes multinationales place également une polémique sur la question de l'accaparement des terres en Afrique. Les agrocarburants fondés sur des modèles de production industriels peuvent accélérer des concentrations foncières et engendrer des processus d'accaparation de terres, d'insécurisation foncière. Ils présentent donc le risque d'accroitre les déplacements des populations locales en Afrique comme cela a été le cas au Brésil avec la canne à sucre, en Malaisie et Indonésie avec le palmier à huile, ou encore en Inde avec le Jatropha (Sulle and Nelson, 2009 ; GRAIN, 2012 ; Potvin, 2013). Ces accaparements sont des vecteurs d'exclusion sociale pour les groupes vulnérables tels que les petits producteurs, et constituent des menaces pour la biodiversité (Cotula et al., 2008 ; Cotula et al., 2009 ; Kachika, 2010). Une étude de l'IFPRI a estimé à vingt millions d'hectares les cessions de terrains entre 2006 et 2009 dont neuf millions d'hectares en Afrique, parmi lesquelles près de cinq millions d'hectares pour des plantes à carburant : essentiellement jatropha, palmier à huile et sorgho sucrier.

La pertinence des investissements massifs dans la production d'agrocarburants au Sud pour l'amélioration des conditions de vie des populations tend à être remise en question au regard des deux controverses majeures susmentionnées. En outre, les investissements dans les agrocarburants sont porteurs d'autres risques. Le modèle souvent proposé est celui d'une production agro-industrielle de type capitaliste, moderne, intensive et commerciale reliée à de grands marchés lointains, qui entre en conflit avec le modèle dominant en Afrique d'une agriculture familiale, paysanne et collective, orientée vers l'autoconsommation. Au-delà du risque inhérent à ce choix, la question de l'impact social (accès aux services énergétiques, emploi rural, productivité du travail, ...) des biocarburants sur les petites exploitations africaines reste en suspens avec ce modèle de développement. Il peut simplement paraître aberrant de soustraire des terres à l'agriculture pour produire de l'énergie, fusse-t-elle pour une utilisation locale voire nationale, dans des pays qui font partie des plus pauvres du monde et où la sécurité alimentaire n'est pas assurée.

Une certaine confusion règne sur le bien-fondé de poursuivre une telle démarche. La médiatisation des différentes controverses tend par ailleurs à dégrader l'image environnementale des projets biocarburants qui sont parfois portés par des grandes entreprises. Un consensus se dessine actuellement sur la nécessité de réguler les investissements privés sur les agrocarburants (FAO, 2009) malgré la position favorable des

gouvernements hôtes, motivée par l'espoir d'obtenir des retombées économiques pour le pays et la population.

3. Le potentiel innovant du Jatropha pour la production d'agrocarburant

Le champ des biocarburants est relativement large. Nous choisissons de nous intéresser plus spécifiquement au *Jatropha curcas* qui, d'une part catalyse les différentes controverses susmentionnées, d'autre part fait l'objet d'investissements industriels importants dans les PMA soutenus par les bailleurs de fonds internationaux dont principalement l'Union Européenne.

En effet, parmi les différentes alternatives en termes de cultures énergétiques, le choix s'est porté dans de nombreux pays africains sur cette plante. Le *Jatropha curcas,* euphorbiacée arbustive qui a le double avantage d'être déjà présente dans ces pays, produit des graines riches en huile de bonne qualité énergétique pouvant être transformées en biodiesels (GEXSI[9], 2007 ; (GRAIN, 2008). Cette orientation majoritaire vers le Jatropha s'explique par les nombreux avantages techniques que l'on prête à cette plante : grande plasticité sur le plan écologique, forte résistance, faible exigence en nutriments et en eau ; et capacité à offrir des rendements à l'hectare supérieurs à d'autres cultures oléagineuses annuelles (Pellet and Pellet, 2007). Présenté comme une culture capable de pousser sur des terres dites « marginales », sous entendu peu valorisées et peu valorisables, le Jatropha ne présenterait pas de concurrence en termes d'usage des sols.

En effet, le Jatropha est une plante majoritairement toxique donc non alimentaire (en dehors de certaines variétés au Mexique consommées par des communautés indiennes et de son utilisation expérimentale pour l'alimentation animale et humaine en Haïti). Il est plébiscité depuis la dernière décennie comme une culture allant permettre d'échapper aux controverses susmentionnées (Henning, 2009). Il fait l'objet de plusieurs investissements en ASS. Entre 2005 et 2008, de nombreux projets biocarburants portés par des structures privées ou publiques (sociétés, entreprises d'État ou fonds d'investissements) à capitaux venus souvent de pays riches ou émergents (Chine, Japon, États du Golfe, Inde, Union européenne, États-Unis, pays du Maghreb) ont été annoncés en Afrique. Ces projets affichaient comme objectif la promotion du monde rural (diversification des activités, revenus supplémentaires, accès aux

[9] The Global Exchange for social Investment – Program outline Jatropha Biofuel 2006-2008: Promoting investments with social and economic benefits.

sources d'énergies modernes, etc.) à travers le développement des biocarburants (Burnod et al., 2010). La dynamique de soutien à ces projets s'est ralentie à la suite des polémiques sur les conséquences possibles du développement du Jatropha sur la sécurité alimentaire (Ariza-Montobbio and Lele, 2010), l'accaparement foncier (Sulle and Nelson, 2009) et l'exclusion sociale des populations locales (Janin and Ouedraogo, 2009).

Depuis 2008, année marquée par un contexte de crise alimentaire et financière mais aussi d'une retombée du prix du pétrole, l'évolution du secteur biocarburant est moins médiatisée (Negro et al., 2012). Le rythme d'annonce des investissements semble avoir ralenti et la réalisation de certains projets a été annulée ou interrompue pour des raisons économiques, techniques ou politiques.

Ces controverses sur la pertinence des priorités d'investissements technologiques pour le développement durable de la planète et particulièrement des PMA, interrogent la compréhension des mécanismes de réalisation de la transition énergétique basée sur la valorisation (ou le développement) de nouvelles cultures locales comme le *Jatropha Curcas*. Au centre de cette transition énergétique se situe la compréhension des processus d'innovations technologiques. Nous proposons, pour produire des connaissances sur cette compréhension, d'interroger les référentiels théoriques de l'économie de l'innovation. Ces référentiels nous aideront ainsi à expliciter les mécanismes qui président d'une part aux conditions d'émergence, et d'autre part aux conditions d'adoption et d'implémentation de ce changement technologique majeur.

III. Exploration des référentiels théoriques pour expliquer les déterminants de l'innovation technologique sur la Jatropha

L'analyse de la transition énergétique au niveau global renvoie à un corpus méthodologique sur les « théories de la transition » encore peu stabilisées car relativement hétérogènes.

Un axe structurant repose sur les travaux de (Rip and Kemp, 1996), et repris plus tard par (Geels and Schot, 2010). Ces auteurs définissent ce concept de transition comme « *un ensemble complexe de changements interconnectés qui aboutit à la mise en place de nouvelles politiques, de nouveaux dispositifs institutionnels, nouvelles valeurs et croyances, et de nouvelles technologies* ». Leur approche est celle d'une perspective multi-échelle et multi-acteurs, qui décrit la transition comme un processus non-linéaire résultant d'interactions

émanant du développement de trois niveaux analytiques : l'environnement socio-institutionnel et politique, le régime « sociotechnique » et les situations qualifiées de niches où émergent les innovations (Geels, 2002). Ce référentiel sur la transition propose ainsi un cadre théorique et méthodologique utile pour comprendre les déterminants qui structurent les processus d'innovations sur le Jatropha, et pour analyser les perspectives que propose cette niche pour une transition énergétique (Rotmans and Loorbach, 2010).

L'hypothèse étant que cette transition énergétique basée sur la substitution des énergies fossiles par des ressources renouvelables locales ouvrirait des perspectives nouvelles de développement pour les PMA en particulier ceux dépourvus en ressources énergétiques conventionnelles.

En référence à ce cadre théorique sur la transition, un élément déterminant des mécanismes qui permettent de réaliser les niches d'innovation repose sur la compréhension des variables environnementales et socio-institutionnelles (« landscape »). Pour expliciter ces variables, nous référencerons surtout les approches qui structurent les modèles d'innovations technologiques dans l'agriculture. Ceci nous conduira à problématiser nos hypothèses de recherche à partir d'une situation empirique qui concerne l'innovation biocarburant au Burkina Faso.

1. L'approche néo-classique du changement technique : le modèle d'innovation linéaire

Dans la tradition de l'économie néoclassique, l'innovation est considérée comme une réponse à la rareté relative des facteurs (et par conséquent, à leur prix) (Ruttan and Hayami, 1984 ; Rogers, 2003). Il existe donc une relation directe de cause à effet entre la recherche agricole, le développement des techniques et leur diffusion et, en bout de chaîne, leur adoption par les agriculteurs, qui induit des répercussions et des impacts d'ordre économique et social (Hall et al., 2001).

Ce référentiel structure un modèle linéaire d'innovation du changement technologique dominant. L'innovation résulte alors de la recherche scientifique qui, développée, donne lieu à la production et à la commercialisation d'un nouveau produit. Le modèle linéaire de l'innovation décrit le transfert qui va de la découverte par la recherche scientifique au

nouveau produit ; comme une course de relais, un passage de témoin entre recherche fondamentale, recherche appliquée, développement industriel, production, marketing et vente.



Figure 1 : Le modèle linéaire de l'innovation (Kline & Rosenberg, 1986)

Le modèle linéaire de diffusion de l'innovation technologique suppose qu'il y ait une succession de causalités linéaires d'événements sans retour ni rétroaction: avancée scientifique (nouveaux produits) – nouvelles technologies – organisation du travail – faibles qualifications requises. Dans cette analyse, renforcer l'innovation passe ainsi nécessairement par une augmentation de l'effort de recherche et de développement, qui se décline ensuite en cascade sur les services, études, méthodes et enfin sur la mise en œuvre au niveau des entreprises. Dans ce modèle, le changement technologique est fonction du rapport de prix entre la nouvelle technologie et l'ancienne technologie. La conséquence la plus évidente de ce modèle est celle qui suggère que les résultats économiques dépendent de façon linéaire à la création de la connaissance scientifique nouvelle.

Bien qu'ayant été la référence pendant longtemps - certains nombres de politiques d'innovation reposent sur ce modèle ; cette vision de l'innovation comporte de sérieuses limites. La plus importante porte sur l'absence de rétroactions (Kline and Rosenberg, 1986). En effet, dans ce modèle, les séquences s'enchaînent de manière linéaire sans besoin de retour d'information et ne reconnaissant aucun mécanisme d'apprentissage tout au long du processus.

Ce modèle linéaire amène aussi à penser qu'il existe différentes catégories de connaissances, certaines plus nobles que d'autres. La connaissance scientifique, à la base de l'innovation, occupe une place de choix dans ce modèle délaissant totalement les différentes formes de savoir-faires. En effet, l'hypothèse de base du modèle linéaire suppose que c'est forcément la recherche scientifique qui donne lieu à une innovation. Or, même si elle a un rôle important, cette source d'innovation n'est pas unique (Lundvall, 1992). De nombreuses études indiquent des sources d'innovation très diverses.

2. L'approche évolutionniste de l'innovation : les systèmes d'innovation

Les travaux de Schumpeter introduisent une rupture avec le courant néoclassique en situant l'entrepreneur au centre des processus d'innovation. Schumpeter notamment réintroduit le rôle des variables macro-économiques dans la structuration des environnements qui génèrent l'entrepreneur. Les travaux sur la compréhension des dynamismes institutionnels dans lesquelles s'insère l'innovation montrent qu'il est difficile d'imaginer que l'innovation puisse être le fruit de l'activité d'un seul et unique acteur, coupé de son environnement. L'émergence de la notion d'innovation multi-partenariale rend compte de cette évolution (Yacoub and Laperche, 2010). Cette appréhension de l'innovation converge ou mobilise les référentiels systémiques de l'innovation issus des travaux évolutionnistes autour du concept de « Système d'Innovation » (SI) (Freeman, 1991 ; Lundvall, 1992 ; Edquist, 1997 ; Amable, 2003). Les travaux sus-cités rassemblent un ensemble de corpus analytiques qui expliquent l'innovation comme résultant d'un processus généré par un système-acteur. Le fonctionnement de ce système étant structuré notamment par des réseaux et des institutions. Dans cette acception, la genèse de l'innovation technologique devient un processus systémique. Ce processus est composé de plusieurs étapes - rassemblant de nombreux individus, organisations et institutions - au cours duquel les informations et les connaissances sont associées les unes aux autres par le biais de mécanismes d'apprentissage afin de donner naissance à de nouveaux produits, procédés, services, marchés, organisations (Laperche et al., 2012).

Le SI résulte avant tout d'un construit analytique qui vise à analyser les changements techniques en catégorisant des groupes d'actions et d'acteurs susceptibles de faire émerger l'‘innovation (Lundvall, 1985 ; Edquist and Hommen, 1999 ; Edquist, 2001; Amable, 2003). Ce système s'est spécifié au niveau d'une économie nationale dans les premiers travaux et se décline autour des approches en termes de Système National d'Innovation (SNI), développé par (Freeman, 1987) et (Lundvall, 1985 ; Lundvall et al., 2002). L'objectif de ces travaux étant d'expliquer les facteurs nationaux du développement de nouvelles technologies dans les pays développés, notamment par l'économie institutionnelle et non plus seulement par l'économie standard. Le SNI pose donc les bases de cette approche systémique centrée sur le rôle des différents acteurs de l'innovation, de leurs interactions et des institutions auxquels ils se réfèrent.

Dans ces approches systémiques, les phénomènes d'apprentissage font partie intégrante du processus d'innovation. Ces phénomènes structurent les capacités d'adaptation. Ils occupent

une place importante dans la genèse de l'innovation puis les phases d'adoption implémentation (Nelson and Winter, 1982 ; Arena and Lazaric, 2003 ; Dosi and Winter, 2003). Ces apprentissages se produisent au sein d'un réseau d'acteurs qui œuvrent pour l'adoption et l'évolution et de la nouveauté. Ce réseau constitue le système qui porte l'implémentation de l'innovation c'est-à-dire son adoption dans le système productif. Considérant le processus d'innovation dans une perspective dynamique, le SI centre l'analyse sur le rôle des différents agents, sur la nature et les caractéristiques de leurs interactions et sur les institutions qui structurent ces processus (Lundvall, 1992 ; Freeman, 1995; Edquist, 1997). Dans ces travaux, les frontières nationales structurent les institutions dédiées à l'innovation de manière générique (environnement de ces acteurs) : les instituions d'enseignement – formation, le système scientifique et technologique, le système bancaire – financier et le système administratif. La ressource fondamentale à tous est l'information.

Le concept de SI connait d'autres déclinaisons selon l'échelle d'application : Systèmes Régionaux d'Innovation (SRI), et Systèmes Sectoriels d'Innovation (SSI) portés notamment par les travaux de Malerba (2002).

- Les dynamiques territoriales de l'innovation : SNI et SRI

Les travaux portant sur la structure régionale des systèmes d'innovation se développent dans les années 90 (Saxenian, 1994). L'émergence de cette échelle d'analyse territoriale met en exergue le rôle de la localisation géographique au sein d'espaces régionaux comme une condition structurante de l'innovation et la maîtrise de la technologie. Elle met en exergue les interactions entre les firmes publiques, privées, universités et institutions (c'est-à-dire les acteurs de l'innovation) qui facilitent la production de la science et de la technologie au sein des dynamiques régionales.

- Les dynamiques sectorielles de l'innovation : SSI

La sectorialisation des processus d'innovation souligne la spécificité systémique en fonction de leur nature technologique. Elle repose sur la mise en évidence des éléments propres à un secteur d'activité, en mettant en exergue comment les interactions entre firmes, centre de recherche et de formation et des institutions gouvernementales qui facilitent la production de connaissance et de technologie sont spécifiques à ce secteur (Breschi and Malerba, 1997; Malerba, 2002). L'innovation s'effectue dans un environnement sectoriel caractérisé par un

socle commun de connaissances, de savoir-faire, de système d'information. Malerba (2002) définit ainsi le SSI comme étant « un ensemble d'agents qui interagissent à travers des relations marchandes et non marchandes pour la création, la production et la vente de nouveaux produits ou services ». Ce système sectoriel est constitué d'une base de connaissances, des technologies, des intrants et d'une demande existante ou potentielle. Les agents du système sectoriel sont des organisations (universités, institutions financières, organisations gouvernementales, associations) et des individus (les consommateurs, les entrepreneurs ou les chercheurs, les politiques). Chaque agent est caractérisé par ses processus d'apprentissage, ses compétences, ses croyances, ses objectifs, ses structures organisationnelles et ses comportements. Les agents interagissent à travers des processus de communication, d'échange (coopération et concurrence). Ces interactions sont encadrées par les institutions dédiées (les règles et les règlements) en place. Elles induisent un processus d'innovation qui met en complémentarité les entreprises mobilisant des procédés techniques similaires (Touzard et al., 2014).

Ce référentiel systémique sur l'innovation structure la grille d'analyse mobilisée pour comprendre le processus d'innovation sur les bioénergies. Il nous conduit à mobiliser et tester ces trois référentiels dans une situation d'émergence de la filière Jatropha pour expliquer ex-ante les mécanismes de cette émergence et tenter d'éclairer les éléments qui structurent les trajectoires technologiques en cours. Cette grille nous conduit à poser l'hypothèse que sur le Jatropha, le déterminisme du processus d'innovation est lié au secteur bioénergétique. Ce secteur est structuré par l'ensemble des acteurs (institutionnel, entreprises, scientifique) lié à la production d'énergie. Les ancrages territoriaux de ces acteurs sont à priori « globaux » ou nationaux. Ce secteur peut cependant se décomposer en trois sous-ensembles technologiques complémentaires en relation avec la production des matières premières, la transformation en énergie de ces matières premières et leur utilisation pour le développement. La difficulté étant de rendre compte de la mise en cohérence de ces trois sous-ensembles sur une production déterminée comme le Jatropha.

3. Problématisation conceptuelle de la question de recherche

Pour Schumpeter, pionner de l'innovation, une innovation technique est une invention réussie. Les inventions sont une condition nécessaire à l'innovation technique, mais elles ne sont pas une condition suffisante. Pour la plupart des pays d'ASS, les biocarburants sont assimilables à une innovation.

L'innovation « biocarburant » est un processus interactif entre différents acteurs, de la recherche jusqu'à l'utilisateur. L'implémentation des biocarburants dépend de la coordination et des interactions que les agents entretiennent. Cette perspective conduit à considérer l'importance des réseaux dans l'émergence et la diffusion de l'innovation. Nous entendons par réseau, l'ensemble coordonné d'acteurs professionnels hétérogènes qui participent collectivement a la conception, à l'élaboration et a la diffusion des procédés de production des biens et services (Laperche et al., 2012). De ce fait, le succès de l'innovation « biocarburant » en ASS pourrait dépendre plus de l'existence de réseaux technico-économiques, que de la seule performance technico-économique des biocarburants en ASS.

Ainsi, nous mobilisons l'approche « système d'innovation » dans le cadre de l'analyse des déterminants qui permettent la compréhension des processus d'innovations technologiques sur les biocarburants. Elle sera utilisée essentiellement pour structurer une mise en visibilité des trajectoires technologiques existantes et d'éclairage des conditions de leur évolution au regard de leurs impacts sur le développement

Au regard d'une part, des cadrages de notre problématique empirique posée par les controverses que sous-tendent le développement du Jatropha comme option technologique de réalisation d'une transition énergétique pour le développement des pays du sud, et d'autre part de la grille analytique en termes de système d'innovation liée au référentiel théorique sur l'économie institutionnelle de l'innovation mobilisée, nous posons la question de recherche suivante :

« Quels sont les déterminants de l'innovation technologique sur la production de Jatropha au Burkina Faso ? »

Cette question structure la construction d'hypothèses et de cadres méthodologiques permettant de tester ces hypothèses.

4. Structuration des hypothèses de recherche et du cadre méthodologique

La première hypothèse structurée par le croisement entre le référentiel théorique sur les théories de la transition et les analyses systémiques de l'innovation repose sur le déterminisme institutionnel. Nous formulons ainsi l'hypothèse que ***l'innovation biocarburant trouve en grande partie son explication dans les mutations de l'environnement institutionnel dans le***

secteur énergétique. Ainsi le changement de l'environnement institutionnel tant au niveau international que national serait à l'origine de la création des opportunités et des ressources stratégiques qui font émerger les filières biocarburants mais qui conduisent également aux conditions de sa dissémination à grande échelle.

Dans l'économie néo-institutionnaliste, l'environnement institutionnel « *renvoie aux règles du jeu, règles politiques, sociales, légales qui délimitent et soutiennent l'activité transactionnelle des acteurs* » (Menard, 2003). Cet environnement joue un rôle clé dans le soutien aux activités et facilite (ou non) les transactions que les acteurs nouent entre eux. North (1990) soulignait que cet environnement institutionnel est composé d'institutions formelles, publiques encadrant les comportements.

Nous discuterons les principaux éléments de transformation de cet environnement institutionnel qui sous-tendent l'émergence des biocarburants dans les pays d'ASS. Nous proposons d'expliquer dans un premier point les différentes formes d'incitations politiques à différentes échelles (mondiale, régionale, nationale, locale) dédiées aux biocarburants en ASS. Pour cela, nous analyserons en quoi ces diverses incitations politiques structurent à la fois l'organisation et les coordinations des acteurs impliqués et génèrent les processus d'innovation tant au niveau de la recherche scientifique que dans les activités de production des acteurs économiques (producteurs agricoles, unités de transformation).

Nous procéderons en trois étapes méthodologiques.

La première étape retracera l'origine et le contenu des politiques publiques qui ont été à l'origine de l'émergence des technologies de production de biocarburants en ASS en général et au Burkina Faso en particulier.

Dans une seconde étape, nous analyserons par l'approche « système d'innovation », comment émergent des dynamiques sectorielles de l'innovation sur les biocarburants au Burkina Faso. Nous nous focaliserons sur l'explicitation des différentes interfaces (connaissances et processus d'apprentissage ; technologie ; structure et type d'interaction) entre les acteurs ; et leurs fonctionnalités dans l'émergence et les mécanismes de sélection des différentes options technologiques. De fait nous tenterons de référencer les éléments qui expliquent la structuration des arrangements institutionnels (Laperche, 2012) qui désignent les différents

modes de gouvernance que les agents mettent en place pour soutenir la production et les échanges sur les biocarburants.

A cet effet, nous analyserons la structuration et l'évolution du système et/ou réseaux d'acteurs polarisés par les bioénergies et la culture du Jatropha. Nous montrerons alors comment les interactions au sein de ce système structurent différentes trajectoires d'innovations technologiques possibles pour le développement des biocarburants.

Enfin dans la troisième étape, en interrogeant les dysfonctionnements de ce SI dans sa capacité à faire interagir les phases de conception des technologies et les phases d'implémentation, nous testerons la pertinence de notre hypothèse de départ.

Si le référentiel institutionnaliste, mobilisé à travers le SI, permet cependant d'expliquer les éléments du « landscape » de la transition énergétique référencés par (Geels, 2002), il est cependant mis en critique par sa capacité à référencer le rôle que jouent les variables microéconomiques et/ou territoriales (Kirat and Lung, 1995) dans les mécanismes d'adoption des innovations. Pourtant ces aspects micro-économiques et/ou territoriaux influencent également les conditions d'émergence et de diffusion de l'innovation (Feder et al., 1985) par des boucles de rétroactions.

Au regard d'une conception systémique, ces aspects doivent rétroagir sur l'environnement institutionnel. La production de connaissances de l'influence de ces aspects micro-économiques et territoriaux est alors nécessaire et complémentaire d'une approche systémique comme le soulignent certains auteurs d'économie spatiale (Perrier-Cornet and Sylvander, 2000 ; Pecqueur, 2005). Nous proposons donc de référencer une hypothèse complémentaire selon laquelle les dynamiques systémiques liées aux dimensions institutionnelles qui président à la structuration du système sectoriel biocarburant sont orientées par les conditions d'adoption microéconomiques et territoriales de l'innovation technologique sur la production du Jatropha.

Au regard de notre question de recherche et du référentiel sur l'économie de l'innovation mobilisé, nous qualifions donc comme deuxième hypothèse que ***l'émergence et le développement du secteur bioénergétique résultent des conditions d'adoption micro-économiques et territoriales de la production de Jatropha***.

La démarche que nous avons choisie pour répondre à cette hypothèse, conduira à explorer les conséquences du développement des cultures énergétiques. Nous ciblerons l'analyse sur les conséquences au niveau des producteurs[10] - fournisseurs de matières premières (graines de Jatropha) du secteur des biocarburants. En effet ces conséquences socio-économiques sont des éléments qui orientent les mécanismes d'adoption et de diffusion du Jatropha. Nous procéderons ainsi à une analyse des déterminants microéconomiques et territoriaux de l'adoption du Jatropha.

D'un point de vue méthodologique le référencement de la deuxième hypothèse se basera sur une analyse économétrique des différents facteurs microéconomiques qui expliquent l'adoption du Jatropha. L'appréhension de ces facteurs explicatifs de la décision d'adoption du Jatropha, permettra ainsi d'identifier les caractéristiques des exploitations et de l'environnement qui freinent ou motivent les décisions d'adoption. Ce facteur explicatif en relation avec les controverses médiatiques actuelles étant structuré par l'analyse des conséquences du développement sur les conditions de réalisation de la sécurité alimentaire dans les zones rurales.

La difficulté méthodologique centrale de cette thèse et l'enjeu de sa contribution méthodologique est d'analyser un processus d'innovation technologique dans sa phase d'émergence, de tâtonnement dans lequel les bases d'informations et de connaissances mobilisables sont disparates dans l'espace, hétérogènes selon les institutions, imparfaites car parfois discontinues dans le temps et dont la fiabilité doit être en permanence vérifiée. Cette situation ex-anté ne concerne pas la conception des inventions technologiques sur lesquelles des connaissances sont produites ou à priori mobilisables par la recherche technologique, mais concerne les conditions d'implémentation, de développement et de dissémination de ces technologies. Le champ méthodologique des évaluations *ex ante* au regard de nos explorations de la littérature étant quant à lui relativement hétérogène et peu stabilisé dans le secteur de l'agriculture (Blazy et al. 2013).

Cette difficulté exige de participer par nos enquêtes directement à la construction de bases de données dédiées à la question de recherche, dans des contextes d'enquête difficiles car

[10] Nous entendons par là, une analyse de la perspective de rentabilité du Jatropha, de l'impact sur la sécurité alimentaire et sur la connaissance technique, mais également de l'accessibilité aux sources énergétiques des populations rurales

marqués par des situations de pauvreté rurale (moins d'un dollar par jour et par habitant en zone rurale).

La démarche méthodologique s'est basée sur des enquêtes en face à face et des entretiens semi-directifs auprès des différentes parties prenantes du secteur des biocarburants, que nous préciserons par la suite. De manière générique trois dispositifs d'enquête ont structuré les bases de données que nous avons mobilisées.

- Un premier au niveau des ***institutions*** qui élaborent les politiques publiques de recherche et d'innovation en ASS principalement via l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) lieu d'ancrage de la thèse.
- Un deuxième niveau relatif aux ***projets de développement*** qui sont mis en œuvre par différents acteurs dont principalement les entreprises en *joint-venture*, les ONG et les collectivités territoriales. L'emplacement des projets est un lieu central de structuration des arrangements institutionnels.
- Un troisième niveau qui polarise les ***acteurs privés*** à savoir les entreprises et les producteurs ruraux de Jatropha.

5. Plan de présentation des résultats

Ayant finalisé la question centrale de la thèse autour de l'analyse des déterminants du processus d'innovation qui sous-tendent le développement du Jatropha ; la posture de recherche est de questionner les conditions d'émergence d'une innovation agricole en mobilisant la mise en complémentarité d'une démarche d'analyse systémique de l'innovation et d'une démarche d'évaluation ex-ante des conditions d'adoption microéconomiques.

Pour tester les hypothèses spécifiées et répondre à notre question de recherches, la thèse est organisée en deux parties contenant chacune trois chapitres selon le plan suivant :

Partie 1 : **Les déterminants institutionnels de l'émergence de l'innovation technologique sur la Jatropha au Burkina Faso**

Cette première partie relève d'une analyse à la fois théorique et empirique, avec pour objectif de faire une analyse des changements institutionnels qui ont favorisé l'essor de la filière Jatropha en ASS. Pour fonder cette analyse, il sera nécessaire de revisiter les cadrages théoriques mobilisés. Ce travail exploratoire permettra alors de tester comment émerge un

système d'innovation sectoriel « biocarburant » en faisant une analyse sur ces différentes interfaces (connaissance et processus d'apprentissage ; technologie ; structure et type d'interaction entre les acteurs ; institutions ; processus de création et de sélection....).

Cette partie comprend 3 chapitres que sont :

Chapitre 1 : « *L'environnement politique de l'émergence des biocarburants au Burkina Faso* ». L'objectif est de mettre en évidence les différentes politiques - éléments structurants de l'environnement institutionnel - qui ont été à l'origine de l'émergence des technologies de production de biocarburants en ASS en général et au Burkina Faso en particulier. Il est également discuté des conséquences sur la création d'opportunités pour les investissements dans la recherche, la formation de capital humain, dédiés aux biocarburants à base de Jatropha.

Chapitre 2 : « *Système d'innovation « Biocarburant » au Burkina Faso et trajectoire de développement* ». Ce chapitre caractérise les acteurs du SI « biocarburant » mais aussi l'environnement institutionnel (système d'éducation et de formation, politiques de recherche, fiscalité et réglementation...) dans lequel émerge cette « innovation biocarburant ». Il est également question d'analyser les différentes fonctions remplies actuellement par le système-acteur ainsi que les trajectoires de développement des biocarburants en implémentation.

Chapitre 3 : « *Structuration et défaillances du système d'innovation sectoriel biocarburant* ». Ce chapitre retrace les différentes étapes d'évolution de la production de biocarburants au Burkina Faso. Il permet par une une analyse de la fonctionnalité de ce système d'innovation de faire ressortir les défaillances auxquelles le développement de biocarburants est confronté.

Partie 2 : **Caractérisation ex-ante des déterminants microéconomiques et territoriaux de l'adoption du Jatropha**

Le deuxième axe, centré de manière spécifique sur le Burkina Faso analysera, sur la base d'une quantification économétrique, les déterminants microéconomiques et territoriaux qui expliquent l'adoption de la culture du Jatropha.

Cette seconde partie comprend également 3 chapitres :

Chapitre 4 : « *Analyse économétrique des déterminants d'adoption des cultures bioénergétiques* ». L'objet de ce chapitre est de fournir une compréhension des facteurs socio-économiques et institutionnels qui influencent la mise en culture du Jatropha curcas par les agriculteurs en tant que biocarburants. Pour cela, l'économétrie sera mobilisée pour référencer les facteurs qui déterminent l'adoption du Jatropha, et d'autre part qui influencent l'intensité d'adoption de la culture de Jatropha comme matière première pour la production de biocarburant.

Chapitre 5 : « *Analyse des impacts du Jatropha sur la sécurité alimentaire* ». L'objectif de ce chapitre au regard du quatrième chapitre sera de mettre en visibilité les impacts du développement du Jatropha sur la sécurité alimentaire. L'analyse portera sur deux dimensions : l'impact de l'introduction du Jatropha sur la disponibilité alimentaire ; et l'impact du Jatropha sur l'accessibilité alimentaire à travers l'étude des conditions de rentabilité de la culture pour les producteurs.

Chapitre 6 : « *Analyse territoriale de l'adoption des technologies sur le Jatropha* ». Ce chapitre propose d'analyser en quoi les variables territoriales dans le développement des biocarburants créent des conditions d'adoption différenciées du point de vue des externalités organisationnelles.

Partie 1 : Les déterminants institutionnels de l'émergence de l'innovation technologique sur la Jatropha

CHAPITRE 1 : L'environnement politique de l'émergence des biocarburants au Burkina Faso

Introduction

Depuis les années 2000, la prise de conscience du caractère limité des ressources fossiles au regard de l'utilisation croissante mais surtout des enjeux environnementaux liés au changement climatique, a fait émerger le concept de transition énergétique. Un axe de cette transition (cf. introduction) est basé sur les biocarburants. Ils orientent un certain nombre de politiques publiques de soutien à l'échelle internationale qui génèrent une demande mondiale en biocarburant et constituent une opportunité d'investissements des acteurs économiques dans la production afin de répondre à ce nouveau marché.

Si l'histoire longue confirme l'utilisation passée et présente de la biomasse comme une source d'énergie (production de chaleur), en revanche l'émergence de technologies - portées par la recherche scientifique - qui permettent d'envisager une valorisation de la biomasse pour la production de carburants liquides est nouvelle. La réalisation des propositions technologiques que propose la recherche dans le système productif est cependant dans notre hypothèse de recherche tributaire de l'environnement institutionnel. Nous proposons de l'analyser par les diverses politiques (soutiens budgétaires, prescriptions d'incorporation et de consommation, restrictions des échanges) mises en œuvre dans le cadre de la promotion des biocarburants. Ces politiques constituent les normes et règles du jeu qui stimulent et cadrent l'action individuelle ou collective en imposant des contraintes, mais aussi en structurant les opportunités qui orientent les trajectoires technologiques.

L'objectif de ce chapitre est de mettre en évidence les différents niveaux de structuration de ces politiques (internationales, régionales, nationales), leur articulation et conséquences sur la structuration des conditions institutionnelles qui expliquent l'origine de l'émergence des technologies de production de biocarburants au Burkina Faso. Nous analyserons plus particulièrement les conséquences sur la création d'opportunités pour les investissements dans la recherche, la formation de capital humain dédié aux biocarburants à base de Jatropha.

I. Les politiques de soutien aux biocarburants

La transition énergétique suppose selon de nombreux auteurs (Percebois, 2001 ; Sorda et al., 2010) des politiques publiques incitatives. Ces différentes politiques élargissent les opportunités d'investissement pour des acteurs économiques.

Le développement des biocarburants en ASS bénéficie de deux axes d'incitation que nous examinons respectivement :

- Les incitations politiques des pays développés : exonération fiscale, subventions à l'investissement, incorporation obligatoire de biocarburants dans le transport et la production d'électricité.
- Le développement des marchés de carbone notamment celui du marché volontaire.

Ces différentes incitations ont favorisé le financement de plusieurs projets de production de biocarburant en ASS.

1. Les politiques européennes et le marché international de carbone

a) Les directives européennes en matière d'énergies renouvelables

Plusieurs conjonctures sont à l'origine de l'émergence de la production de biocarburants en ASS. Parmi celles-ci, les Directives prise par l'Union Européenne en matière d'énergie occupent une place importante. Elles ont été mises en place afin de favoriser la production et la consommation des biocarburants en Europe.

La première Directive sur les biocarburants (2003/30/CE[11]) adoptée en 2003, fixait des « objectifs indicatifs » d'incorporation de biocarburants de 2 % (sur la base de teneur énergétique) en 2005 et de 5,75 % pour 2011. En avril 2009, le conseil européen a adopté une nouvelle Directive 2009/28/CE[12] relative à la promotion et l'utilisation des énergies

[11] La Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du conseil du 8 Mai 2003, visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports. Disponible sur : http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0042:FR:PDF

[12] La Directive 2009/28/CE du parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et modifiant puis abrogeant les directives 2001/77/CE et 2003/30/CE, JO (2009) L140/16. Disponible sur : http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=Oj:L:2009:140:0016:0062:fr:PDF

renouvelables approuvée dans le cadre du « paquet énergie climat ». Cette dernière fixe un nouvel objectif de 20 % d'énergie renouvelable dans l'ensemble de la consommation de l'UE en 2020. Une part de 10 % est réservée au secteur des transports. Celui-ci a été défini afin de réduire la dépendance vis-à-vis des carburants fossiles, de lutter contre le changement climatique et de satisfaire la demande croissante du secteur.

Outre les mesures de soutien à la consommation et à la production des biocarburants, figurent aussi des instruments de protection aux frontières. Dans ce cadre, l'Union Européenne applique des droits de douane sur l'importation des biocarburants, ainsi que sur les matières premières destinées à leur production. Concernant les biodiesels (les huiles végétales « à usage industriel ») les droits de douane pour l'importation varient de 0 % pour les huiles de palme à 3,2 % *ad valorem* pour les autres huiles[13].

Au-delà des mesures douanières visant à protéger le marché européen, cohabitent des régimes préférentiels accordés aux pays en développement. Depuis 2008[14], on remarque une ouverture du marché des biocarburants européens aux pays en développement par le biais de ces accords (ODI, 2008). Ces accords visent à encourager les exportations vers l'Europe d'agrocarburants africains, grâce au régime commercial « *tout sauf les armes* », qui exempte de droits de douane et de quotas les PMA et leur confère un avantage comparatif face aux exportateurs de bioéthanol brésilien ou de biodiesel indonésien (Banse et al., 2008). Cette stratégie d'abaissement des barrières commerciales pour les biocarburants vise à satisfaire la demande européenne institutionnalisée par les quotas à partir des pays africains.

L'ensemble de ces politiques d'incitation dans la création d'un marché dédié est à l'origine du développement des filières biocarburants en Europe. Cependant la disponibilité en terre faisant défaut en Europe, plusieurs entreprises européennes (Crest Global Green Energy, Gem Biofuels, Jatropha africa, Sustainable Agroenergy, etc) se sont implantées en ASS en vue de produire du biocarburant pour alimenter les réservoirs européens de carburants verts à hauteur de 10 % (OCDE, 2008).

[13] Rapport de la cour des comptes (2012). Evaluation d'une politique publique : la politique d'aide aux biocarburants, p. 42.

[14] Jusqu'en 2007, la stratégie de l'Union européenne était de limiter les importations des biocarburants (dans le cadre de ces accords) aux seuls petits producteurs, afin de préserver les filières européennes de biocarburants trop compétitifs (ODI 2008).

En effet dès 2006, la Commission européenne avait fait savoir dans son rapport que les objectifs de consommation de biocarburants ne pourraient être atteints sans le recours aux importations. Au regard de la configuration du marché de biocarburants européen, majoritairement dominé par le biodiesel, l'impact des politiques des Directives Européennes concerne principalement les pays en développement ayant un potentiel de production de produits oléagineux. Depuis 2009, suite à la suspension des importations de biodiesel américain – mesure antidumping – les principaux fournisseurs de biodiesel sont des pays en développement.

Tableau 1 : Evolution des exportations de biodiesel vers l'Union Européenne (en milliers de tonnes).

	2008/09	*2009/10*	*2010/11*	*2011/12*
Canada	12	125	3	-
Etats-Unis	867	30	-	-
Argentine	242	661	800	896
Indonésie	136	152	420	498
Malaisie	29	71	27	43
Pays ASS	6	55	43	124
Total	**1292**	**1094**	**1293**	**1561**

Source: Oil World. Disponible sur: http://agritrade.cta.int/fr/Agriculture/Produits-de-base/Oleagineux/Note-de-synthese-mise-a-jour-2013-Secteur-des-oleagineux

En tête des fournisseurs de biodiesel, on a l'Argentine qui est devenue récemment un acteur majeur de la production de biodiesel sur le marché international. Viennent ensuite les principaux exportateurs asiatiques (Indonésie et Malaisie) dont le biodiesel est issu d'huile de palme. Les importations en provenance des pays d'ASS apparaissent moins importantes comparées aux autres fournisseurs mais elles ont le taux de croissance le plus rapide et de nature exponentielle. Cette croissance s'explique par l'augmentation des financements européens dans les projets de production des biocarburants en ASS.

Depuis la promulgation de la directive européenne, entre 3 et 5 millions d'hectares ont ainsi été acquis par des sociétés européennes en vue d'emblaver des cultures énergétiques en Afrique (Banque mondiale, 2012). Plusieurs projets d'investissement, mettant en perspective l'exploitation du potentiel agricole des pays d'ASS pour une production de biocarburants sont annoncés (GRAIN, 2012). Ces projets de production de biocarburants pour

l'approvisionnement du marché européen structurent des conditions favorables au développement des technologies de production de biocarburant en ASS.

b) Le marché de carbone : caractère incitatif pour les biocarburants

Les biocarburants peuvent jouer un rôle dans l'atténuation du changement climatique, en limitant la croissance des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. A travers la substitution des carburants fossiles et la séquestration du carbone lors de la production, les biocarburants peuvent rentrer dans le cadre des marchés du carbone et donner lieu à l'obtention de crédits carbone pouvant être valorisés dans les marchés de carbone.

On distingue cependant deux catégories de marchés de carbone :

- **Le marché obligatoire**

Pour lutter contre le phénomène planétaire que constitue le changement climatique, le Protocole de Kyoto a prévu trois mécanismes de marché, dont le Mécanisme de Développement Propre (MDP) qui touche directement aux relations Nord/Sud. Il permet aux porteurs de projet d'acquérir des crédits carbone certifiés (CER) en investissant dans des projets de réduction ou d'évitement des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans des pays en développement. Le but du MDP est de contribuer au développement durable des pays du Sud, tout en permettant aux pays du Nord de respecter leurs engagements de quotas chiffrés. Pour un projet répondant aux MDP, les bénéfices sont principalement économiques par la vente des crédits carbone qui représentent une source additionnelle de revenus pour le projet.

- **Marché volontaire**

Parallèlement à la mise en œuvre du protocole de Kyoto, un nombre croissant d'entreprises s'engagent dans des démarches volontaires de compensation des gaz à effet de serre qu'ils émettent. Ce marché de la compensation volontaire se développe rapidement car il permet de financer des projets non soumis au cadre méthodologique de « Kyoto » par la revente des crédits carbones vérifiés (VER). Les projets volontaires sont souvent de taille plus petite et touchent parfois des domaines innovants de par leur taille et leurs bénéficiaires notamment, ceci explique d'ailleurs leur rapidité de développement. La quantité de crédits carbone qui y sont échangés, double en moyenne chaque année depuis 2004 (Ellerman et al., 2010). Toutefois, le marché volontaire reste bien plus petit que le marché de « Kyoto » en termes de

volume échangé ; et la valeur marchande des VER reste bien moins élevée que pour les CER. Ils possèdent néanmoins une valeur marketing non négligeable à travers leur soutien à des projets à fort composante sociale.

Ces deux marchés de carbone constituent une incitation pour la mise en place des projets de production de biocarburants en ASS (Tsayem Demaze, 2009). Le mécanisme de ces marchés stimule l'investissement des multinationales dans des projets de développement de biocarburants.

En 2008, l'ASS ne représentait que 2,7% des projets MDP enregistrés au monde. Elle a atteint les 5,5 % en 2013. L'augmentation de la part africaine s'explique par la multiplication des investissements dans des technologies permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Dans le marché volontaire, les projets de compensation volontaire en ASS portent essentiellement sur le secteur forestier et celui des énergies renouvelables.

La mise en place de projets de production des biocarburants en Afrique n'a cessé de croître au cours de la dernière décennie (PB[15], 2012). Ces projets financés dans la majorité par des investisseurs occidentaux constituent un réservoir de crédit carbone qui sera vendu aux industriels multinationaux qui voudraient verdir leurs activités polluantes (Cherubini et Strømman, 2011 ; Gnansounou et al., 2009).

2. L'émergence de politiques régionales africaines : UEMOA et CEDEAO

Dans le prolongement de l'impulsion des politiques européennes, des politiques régionales africaines ont été mises en place pour soutenir le développement des biocarburants en ASS. Les institutions régionales telles que l'Union Economique et Monétaire Ouest Africain (UEMOA[16]) ou la Communauté Economique Des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) incitent en effet les pays membres à mettre en place des mesures favorables au développement des biocarburants.

[15] Plateforme biocarburants (2012) « Production de biocarburants dans le monde en 2011 » www.plateforme-biocarburants.ch/infos/production.php

[16] UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africain compte 8 pays de l'Afrique de l'ouest que sont : le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, la Guinée-Bissau, le Mali, le Niger, le Sénégal et le Togo.

Pour que l'accès à l'énergie contribue à atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), les pays membres de la CEDEAO et de l'UEMOA s'étaient fixés comme objectif, à l'horizon 2015, de permettre au moins à la moitié de la population d'accéder à des services énergétiques modernes. Cette politique s'inscrivait dans les engagements pris au titre du « New Partnership for Africa's Development (NEPAD) » par la Fédération des Ministres Africains de l'Energie lors du sommet du Millénaire en septembre 2005. Ces engagements visent à favoriser le développement de projets de production énergétique afin d'améliorer l'accessibilité énergétique des populations des pays membres.

Le Livre Blanc de la CEDEAO sur l'accès aux services énergétiques fixe les grandes orientations d'une stratégie énergétique régionale : le renforcement de l'intégration régionale, la promotion de cadres politiques et institutionnels harmonisés, et le développement de programmes énergétiques cohérents et axés sur la réduction de la pauvreté en milieu rural et périurbain. L'UEMOA, à travers son Plan Directeur pour la bioénergie et l'agriculture et le développement rural incite l'émergence des technologies des énergies renouvelables dans les pays d'ASS.

Ces institutions régionales promeuvent le développement des énergies renouvelables et en particulier les agrocarburants pour répondre aux enjeux énergétiques des populations rurales et périurbaines. Les pays membres de ces instances sous régionales se sont ainsi engagés dans des politiques régionales de soutien aux énergies renouvelables par les instruments suivants :

- **La Politique Energétique Commune (PEC) :** Adoptée en 2001, la PEC s'inscrit dans la continuité des mandats que l'UEMOA exerçait avant les réformes sectorielles nationales qui ont modifié les relations entre les opérateurs énergétiques et les pouvoirs publics. La PEC comporte entre autres un volet concernant la promotion des énergies renouvelables.
- **Le Programme Régional Biomasse Energie (PRBE)** pour la lutte contre la pauvreté et la préservation de l'environnement. Il est mis en œuvre par l'UEMOA avec l'appui de la coopération néerlandaise. Le PRBE vise à aider les Etats membres à concevoir et mettre en œuvre des projets/programmes axés notamment sur les usages modernes de la biomasse.

Toutes ces politiques régionales contribuent de manière progressive à l'émergence des technologies de production de biocarburants. Cet environnement politique favorise les processus d'innovation dans le secteur des biocarburants (van Rijn et al., 2012).

3. La stratégie nationale Burkinabé de développement des biocarburants

Impulsé par les politiques des organisations régionales dont il est membre, le gouvernement burkinabé a mis en place une politique visant à favoriser le développement de nouvelles sources d'énergies telles que les biocarburants.

La vision liée au développement des biocarburants englobe trois objectifs majeurs de développement pour le Burkina Faso que sont :

- réduire l'impact des importations d'hydrocarbures sur l'économie du Burkina Faso ;
- valoriser les avantages de la production de biocarburants pour le développement de l'économie et des conditions de vie du monde rural en particulier, celui de l'économie en général ;
- contribuer à la lutte contre la pauvreté en milieu rural par le développement de filières de production d'HVB pour une consommation locale.

Ces objectifs stratégiques se retrouvent dans le document cadre de la politique de développement des biocarburants élaboré en 2009. Ce document de politique constitue un appel à l'investissement dans les projets de production de biocarburants. Dans ce document de politique, trois conditions sont à remplir dans le cadre des investissements dans la production de biocarburants : la cohérence avec la sécurité alimentaire, la cohérence avec l'environnement, les objectifs de protection de la biodiversité et du développement durable, tout en respectant la paysannerie traditionnelle.

Cette politique stratégique non coercitive fait la promotion du potentiel de production de biocarburants, et invite les acteurs économiques à investir dans le secteur des biocarburants. Des initiatives telles que la cession de terres et la création d'instances de gouvernance du secteur des biocarburants ont été instaurées afin de faciliter l'essor des biocarburants.

L'ensemble de ces initiatives politiques favorise la réalisation des investissements nécessaires dans la production de biocarburants. Ces initiatives représentent actuellement les principaux éléments d'un cadre incitatif pour la production et la commercialisation des biocarburants au Burkina Faso.

Un certain nombre de mesures politique (Cf. Annexe 1) est actuellement en train d'être examiné au sein des instances décisionnelles pour la promotion des biocarburants.

II. Les incitations à la production des biocarburants

1. Le financement croissant des politiques de recherche dédiées au Jatropha

Le contexte de croissance de la demande mondiale de biocarburant a renouvelé les investissements internationaux dans les recherches technologiques, qui ayant été initiés dans les années 70 suite au 1^{ier} choc pétrolier avaient ensuite été délaissé (Demirbas, 2009). Plusieurs programmes de recherche sur les biocarburants ont été mis en œuvre à travers le monde.

L'Union Européenne pour atteindre les objectifs des Directives soutient des programmes de recherche pour le développement des biocarburants. Ces programmes se focalisent sur deux axes.

En premier lieu, la recherche agronomique dédiée aux cultures énergétiques : le Jatropha, le ricin, le palmier à huile, etc. L'objectif est d'identifier le potentiel productif en biomasse des cultures suivant les conditions pédoclimatiques.

En second lieu, sur la recherche industrielle afin de stabiliser les conditions d'utilisation de ces biocarburants : l'adaptabilité ou la conception de moteurs fonctionnant aux biocarburants. La création du laboratoire biomasse énergie et biocarburants (LBEB) (cf. chapitre 3) au sein du 2iE résulte pour partie de ces investissements.

Les principaux financeurs de la recherche sur les biocarburants en ASS sont : l'Union Européenne, les États-Unis, le Brésil, les USA et des organismes internationaux tels que la Banque Mondiale, la FAO, l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI).

A titre d'exemples :

- Un programme de recherche financé par l'Union Européenne et l'Union Africaine a été initié en 2012 portant sur la mise au point des technologies de production et d'utilisation durables de biocarburant à base de *Jatropha curcas* pour une réduction de la pauvreté rurale en Afrique de l'Ouest. Ce projet de recherche dénommé Jatropha-Union Africaine est destiné à soutenir les mesures politiques prises par le Bénin, le Burkina Faso et le Sénégal pour le développement des nouvelles filières d'énergie durable et renouvelable. Les résultats

escomptés de ce projet, sont entre autres, la mise au point de technologies pour l'amélioration de la production et de la gestion des systèmes de culture de Jatropha dans le contexte de changement climatique ; l'amélioration des techniques d'extraction de l'huile ; l'identification des utilisations potentielles du biocarburant de Jatropha en milieu rural ; et l'évaluation de l'impact de Jatropha sur la fertilité du sol et la séquestration du carbone.

- L'ONUDI met en place des programmes de recherche technologique sur les processus industriels et le contrôle qualité dans la production de la bioénergie.
- le département de l'agriculture américain (USDA) a débloqué 44,6 millions de dollars en 2009 pour subventionner la recherche dans les biocarburants à base de Jatropha (Alsif, 2010).

Les investissements dans la recherche sur les biocarburants ont également été réalisés par les pays du sud, mais en se rapprochant beaucoup plus de dispositifs d'expérimentations de terrain (Amigun et al., 2008). L'objectif est de fournir des connaissances mobilisables pour les divers projets de développement de biocarburants dans les pays d'ASS. En Afrique et plus particulièrement en Afrique occidentale, les programmes de recherche sur les biocarburants se sont focalisés sur la culture du *Jatropha Curcas*. La recherche sur cette culture bénéficie de plusieurs financements en vue de soutenir le développement de biocarburants (Achten et al., 2010). L'estimation de ces financements s'élève à plus de deux millions d'euro (Boccanfuso et al., 2013).

a) La recherche agronomique sur les cultures bioénergétiques : focus sur la Jatropha

En Afrique, bien que le Jatropha ait été introduit depuis plusieurs décennies et fasse l'objet de nombreuses médiatisations, très peu de résultats sont mobilisables. La recherche agronomique (amélioration variétale et mise au point d'un itinéraire technique optimal) reste embryonnaire (Francis et al., 2005). Ce constat conduit à la mise en place de programmes de recherche sur cette culture afin de créer des connaissances fiables pour sa production.

L'objectif de ces programmes de recherche est focalisé par l'optimisation des conduites culturales, à la diversité des sites de production afin d'assurer une bonne productivité du Jatropha.

Ces programmes de recherche portent respectivement sur :

- l'étude physiologique de la plante du Jatropha ;
- l'évaluation de la productivité de la plante selon le système de culture ;
- l'analyse des effets de la fertilisation sur la production du Jatropha ;
- l'évaluation des effets de la taille sur la productivité du Jatropha.

L'ensemble de ces études vise à stabiliser un itinéraire technique pour l'exploitation du Jatropha.

Par ailleurs, la recherche agronomique s'attèle à développer des variétés de Jatropha non-toxiques afin de permettre l'utilisation des tourteaux pour l'alimentation animale. Des études effectuées par le centre de recherche zimbabwéen – Agricultural Research Trust – présentent des résultats intéressants sur la sélection des variétés non toxique de Jatropha (Divakara et al., 2010 ; Jingura, 2011).

L'ensemble de ces programmes de recherche sur la culture de Jatropha fournit de la connaissance et du savoir-faire favorables à la production de Jatropha en tant que culture énergétique. La production et la mise à disposition de ces connaissances constituent des incitations à l'émergence des filières biocarburants à base de Jatropha.

b) La recherche technologique sur la production et l'utilisation de d'huile du Jatropha

Pour soutenir le développement des cultures à vocation énergétique, des études sont également menées d'une part au niveau industriel pour stabiliser les procédés de trituration des graines et de fabrication de biodiesel, et d'autre part du coté de l'utilisateur final, pour adapter les moteurs actuels à l'utilisation du biocarburant. Ces travaux de recherche ont pour objectif d'optimiser les performances et les rendements des procédés industriels utilisés dans la production de biocarburants.

Les technologies d'extraction des graines oléagineuses utilisées pour la trituration sont de deux types : le pressage mécanique ou l'extraction par solvant. La première méthode permet d'extraire entre 90 et 95 % de l'huile de la graine et la seconde 99 % (Sayyar et al., 2009). Pour ces deux technologies, la recherche a caractérisé un ensemble de paramètres influençant le rendement en huile du processus de pressage. Ces paramètres sont : la vitesse de la rotation

de la vis ; le réglage de la sortie de la presse ; le taux d'humidité des graines et le préchauffage des graines. Ces paramètres sont des facteurs importants pour l'optimisation du rendement en huile des presses.

Selon le type de presse, la recherche tente de standardiser le paramétrage optimal afin de faciliter l'investissement des acteurs économiques dans le maillon de transformation du secteur des biocarburants. En outre, la standardisation concerne aussi le process de production de biodiesel à partir de l'huile issue du pressage.

Par ailleurs des recherches sont mises en œuvre pour stabiliser l'incorporation des biocarburants dans les moteurs actuels ; ceci pour stimuler la demande au niveau des utilisateurs finaux des biocarburants. Des expérimentations sont alors conduites en ASS, à travers plusieurs programmes tels que le programme des plateformes multifonctionnelles. Ce programme consiste à utiliser de l'huile végétale dans un groupe électrogène afin de fournir des services énergétiques aux populations rurales (Vaitilingom, 2007). En outre, les constructeurs de moteur ont également apporté leur expertise en mettant en place des moteurs qui peuvent fonctionner directement à l'huile végétale (groupe électrogène, motopompe, moulin, etc.). Dans le contexte actuel où les moteurs standard ne peuvent fonctionner à l'huile végétale, des modifications telles que l'installation d'un kit de bicarburation[17] a été développée.

L'ensemble de ces recherches de mise au point des technologies de transformation et d'utilisation des biocarburants est de faciliter l'émergence de la filière d'innovation sur les biocarburants. L'appréhension de ces investissements dans la recherche stimule les acteurs économiques à s'investir dans la production de biocarburants.

2. Les financements multinationaux pour la production de biocarburants

La production de biocarburants comme toute autre filière nécessite un accès aux financements afin d'enclencher le processus de production. Les politiques de soutien aux biocarburants se sont accompagnées par la mise en place de plusieurs fonds d'investissement. L'accès au

[17] Ce principe a pour objectif de faire basculer le fonctionnement du moteur à l'huile végétale lorsqu'il est à son plein régime. Le plein régime du moteur est le niveau de fonctionnement où la température du moteur est maximale. A cette température, l'huile végétale et le diesel deviennent identiques.

capital étant un obstacle majeur en Afrique, l'avènement de ces financements constitue un motif du développement de la production de biocarburants.

Accroissement des financements dédiés au biocarburant

Des financements publics et privés d'origines diverses ont été créés afin de soutenir les investissements dans les biocarburants. Ils servent à financer les activités de la filière biocarburant notamment la production de la matière première et l'installation des unités de transformation. Les partenaires financiers ayant mis en place des fonds d'investissement dédiés aux bioénergies au niveau de l'ASS sont :

❖ La Banque Mondiale : bien que les soutiens financiers dans le secteur de l'énergie aient généralement diminué au cours des deux dernières décennies, la Banque Mondiale est le leader dans le domaine du soutien aux technologies d'énergie « verte » : l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables (y compris la bioénergie). Depuis 1990, la Banque Mondiale a consacré plus de 11 milliards de dollars à ce type de projets dans les pays en voie de développement (Banque Mondial, 2010). Ces dernières années, le soutien annuel du groupe de la Banque Mondiale aux énergies renouvelables atteint 1,5 milliard de dollars, ce qui représente 40% de son engagement total dans le secteur de l'énergie. Dans le domaine de la bioénergie, la Banque s'est engagée dans divers projets, qui incluent la bioénergie utilisée pour produire de l'électricité, et dans les méthodes modernes de cuisson, etc. Elle reconnait que des efforts sont également nécessaires pour permettre aux pays en développement et particulièrement à leurs populations rurales de bénéficier des technologies énergétiques qui résultent de la production des biocarburants.

❖ La Banque Européenne d'Investissement (BEI) : elle a ouvert une antenne régionale pour l'Afrique de l'Ouest et pour la région du Sahel en 2005. Son but est d'améliorer le climat des investissements dans le domaine de l'énergie, augmenter le montant investi dans ce type de projets et renforcer le développement des énergies renouvelables. En 2007, un accord pour la mise en place d'un fonds fiduciaire Union Européenne-Afrique dans le secteur énergétique a été signé (la Commission Européenne et neuf états membres) pour financer les projets régionaux dans le domaine de l'énergie.

❖ La Banque Africaine de Développement (BAD). Dans le processus de développement du Cadre d'investissement pour les énergies propres (CEIF), la BAD dans sa politique dans le

secteur de l'énergie a mis en place une stratégie basée sur deux piliers d'investissement stratégiques : les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. C'est un segment du Programme de financement des services énergétiques à l'intention des petits utilisateurs (FINESSE). Ce programme développe les ressources pour le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, y compris l'identification et la préparation des projets. Il apporte également un soutien à la préparation et au développement des projets bioénergies. La BAD participe aussi à un certain nombre d'autres initiatives : soutenir la Competence Platform on Energy Crop and Agroforestry Systems for Arid and Semi-arid Ecosystems — Africa (COMPETE) de l'Union Européenne afin d'accélérer la mise en place de projets de bioénergie en Afrique.

❖ La Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD). Elle a pour but de promouvoir le développement équilibré des États membres et de réaliser une intégration économique en Afrique de l'Ouest, en finançant des projets de développement prioritaires. Les projets prioritaires sont le développement rural, les infrastructures basiques et modernes, l'énergie, l'agro-industrie, et d'autres services.

❖ La Banque pour l'Investissement et le Développement de la CEDEAO (BIDC). Elle a exprimé son désir de travailler en collaboration avec l'UEMOA pour mettre en place un fonds dédié à la bioénergie. Ce fond dénommé FABER (Fonds Africain des Biocarburants et des Energies Renouvelables) s'élève à deux cents millions d'euros et a pour objectif de fournir un appui financier au niveau local pour les projets d'énergies renouvelables, pour pouvoir impulser le développement de l'industrie des biocarburants dans cette région d'Afrique.

En plus de la mise en place de ces fonds d'investissement, des partenariats bilatéraux s'activent pour le financement des projets bioénergies en ASS, au nombre desquels :

- L'Allemagne : le Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), l'agence allemande de développement, promeut activement les énergies renouvelables et fournit un soutien dans le domaine du développement des ressources et de l'assistance technique dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest. Son organisation soeur, Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), est ainsi une des banques de développement les plus actives dans le financement des énergies renouvelables, y compris de la bioénergie, offrant des investissements et des prêts à bas niveau d'intérêt.

- L'Union Européenne : elle est a été une source considérable de financement pour les programmes d'énergies renouvelables dans les pays en développement. L'Initiative de l'Union Européenne pour l'énergie (EUEI) a créé une infrastructure pour financer les projets d'énergies renouvelables, d'efficacité énergétique et d'électrification rurale en Afrique, dans les Caraïbes et dans le Pacifique. L'Union Européenne a fourni 90 millions d'euros de subventions à travers le programme « Energy crop Scheme » pour promouvoir la culture de matières premières des biocarburants sur 2 millions d'hectares de terres[18]. En outre, il y a eu également l'African Bioenergy Fund qui fait partie d'un projet d'établissement d'un fonds africain pour le Fond mondial pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables (GEEREF) mis en place par la Commission européenne. Le GEEREF est un fond mondial financé par l'Union Européenne pour les pays en voie de développement, dont le but est d'augmenter l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables dans les pays en développement, y compris les pays de l'Afrique subsaharienne.

Par ailleurs plusieurs agences des Nations unies soutiennent activement la bioénergie, il s'agit notamment de la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED) ; du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) ; du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) ; de l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI) ; de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et du Fonds international pour le développement agricole (FIDA) (Cf. Annexe 2).

a) Les investissements dans la production de biocarburants en ASS

En relation avec les incitations financières précédentes, de 2005 à 2010, plusieurs investisseurs ont acquis des terres en ASS pour des projets de production de biocarburants. On dénombre une centaines de projets de production dans les biocarburants, émanant d'une cinquantaine entreprises étrangères (GRAIN, 2012). Le tableau ci-dessous présente l'origine des projets de production de biocarburants observés dans les pays d'ASS.

[18] Chatham House Energy, Environment & Development Programme. A practical approach for ensuring biofuels are positive contributor to low carbon future: Royal Institute of International Affairs, Chatham House Biofuels Roundtable 14–15 April; 2008.

Tableau 2 : Origine des projets de production de biocarburants dans les pays d'ASS

Pays d'origine de l'investisseur	Nombre d'entreprises	Pays de production de biocarburants
Royaume Uni	11	Ghana, Guinée, Liberia, Madagascar, Malawi, Mali, Mozambique, Namibie, Sénégal, Tanzanie, Zambie
Italie	7	Congo, Ethiopie, Ghana, Guinée, Kenya, Sénégal
Allemagne	6	Ethiopie, Madagascar, Mali, Ghana, Kenya, Tanzanie, Zambie, Burkina Faso
France	6	Benin, Burkina Faso, Cameroun, Guinée, Mali, Mozambique Sénégal, Togo
USA	4	Burkina Faso, Ethiopie, Mali, Mozambique, Kenya, Tanzanie, Sierra Leone, Togo, Uganda
Canada	4	République Démocratique du Congo, Mozambique, Kenya, Malawi, Zambie
Pays Scandinaves	4	Ghana, Tanzanie
Belgique	3	Burkina Faso, Cameroun, Ethiopie, Tanzanie
Suisse	3	Malawi, Kenya, Sierra Leone
Pays bas	2	Burkina Faso, Tanzanie
Chypre	1	Ghana, Côte d'Ivoire

Source : http://www.theguardian.com/environment/2011/may/31/biofuel-plantations-africa-british-firms

Dans la liste des pays investisseurs dans les biocarburants en ASS, le Royaume Uni vient en première position. Sur les 3,2 millions d'hectares réservés pour la production d'agrocarburants en Afrique subsaharienne, plus de la moitié sont ainsi liés à onze sociétés britanniques (Cf. annexe 3). A titre d'exemple, le groupe Crest Global Green Energy détient environ 900 000 hectares au Mali, en Guinée et au Sénégal.

En plus de la Grande Bretagne, on rencontre d'autres investisseurs que sont : l'Italie, l'Allemagne, la France et les Etats-Unis. Le Brésil et la Chine acquièrent aussi des terres en Afrique pour produire des agrocarburants. A titre d'exemple la China's ZTE Agribusiness Company Ltd s'est implantée en RDC et au Soudan en vue de produire des agrocarburants (Gabas and Goulet, 2013).

L'ensemble de ces investissements dans la production active le processus d'innovation en matière de biocarburants.

b) Les conséquences de ces fonds d'investissement au Burkina Faso

Le développement des biocarburants au Burkina Faso à l'instar des autres pays d'ASS s'est amorcé grâce aux financements internationaux. L'Etat burkinabé accompagne cet élan à travers la facilitation des investissements en mettant en œuvre des cadres incitatifs (accords d'investissements, réformes législatives dans les domaines du foncier, de la fiscalité) mais également à travers l'attribution de terres à certains promoteurs de biocarburants (ICDES, 2009).

L'Etat burkinabé bénéficie de ces financements notamment ceux du Programme Régional Biomasse Energie (PRBE) de l'UEMOA, ceci dans l'optique de :

- Identifier et développer les instruments pragmatiques des cadres d'action, fondés sur l'expérience d'autres pays et régions.
- Établir des cadres de réglementation au niveau national pour accélérer le développement de la bioénergie.
- Intégrer la bioénergie dans les stratégies nationales de développement de l'agriculture, la conservation de la forêt et sa gestion durable, la réduction de la pauvreté, l'énergie et l'électrification rurale.
- Etablir une organisation directrice au sein du gouvernement national pour coordonner les activités touchant à la bioénergie dans les ministères concernés.

Les différents fonds d'investissement, en plus d'amener les pouvoirs publics burkinabé à mettre en place un soutien gouvernemental, sous forme de politique, de règlementaire et d'incitation au biocarburant, ont favorisé l'installation des divers agents dans les activités de production des biocarburants au Burkina Faso. Les bénéficiaires de ces financements sont en général les entreprises promotrices de biocarburant, les centres de recherche et de formation (2iE, Universités, Centre National de Recherche Scientifique et Technologique), les associations (Impulsion, Aprojer), les ONG. Nous référencerons plus en détails ces bénéficiaires dans le chapitre suivant.

Au Burkina Faso, les projets de production de biocarburants sont lancés dans la majorité des cas par des entreprises étrangères. Les projets initiés par des opérateurs nationaux, au nombre de cinq, bénéficient de financements extérieurs. Le tableau ci-dessous présente les différents projets de production de biocarburant au Burkina Faso avec leurs sources de financement.

Tableau 3 **: Projets biocarburant et origine du financement**

Projet Biocarburant	Forme Juridique	Source de financement
Agritech Faso	Société de Capitaux	Singapour
Fasobiocarburant	Société de Capitaux	Pays Bas
GENESE SA	Société de Capitaux	
Belwet Biocarburant S.A	Société de Capitaux	Allemagne
Fasogaz sarl	Société de Capitaux	Belgique
Ilaria Burkina	Entreprise individuelle	
Association Impulsion	Groupement - association	Belgique, Union Européenne
Tiipaalga	Association	Suisse
Projet communal de Boni	Collectivité territoriale	France
Agro-ED	Société de Capitaux	
Aprojer	Groupement - association	
Fondation Dreyer	ONG	Union Européenne
Projet communal de Dori	Collectivité territoriale	
Association Wouol	Association	Local
STAB	Société de Capitaux	Local

Source : Enquête Salif Derra (2012)

L'analyse de l'origine des financements ayant favorisé l'émergence des biocarburants montre l'importance des financements extérieurs. Ceci renseigne des enjeux du développement des biocarburants pour ces partenaires financiers. L'enclenchement du processus d'innovation dans le secteur des biocarburants est gouverné par des partenaires financiers extérieurs. Cette gouvernance est rendue possible grâce au divers fonds d'investissement dédiés au Jatropha.

Conclusion

Ce chapitre montre l'environnement politique qui a structuré l'émergence de la production de biocarburants en ASS. L'instauration des politiques européennes de soutien aux biocarburants a favorisé l'émergence de la production des biocarburants. Les Directives européennes sur les biocarburants ont été le précurseur des initiatives de productions de biocarburants des pays d'ASS. Ces directives ont dépassé les frontières de leur application, du fait de l'importance des besoins européens en biocarburant au regard de sa faible capacité de production. Cela a incité les multinationales européennes à se lancer dans la production de biocarburants en ASS pour satisfaire cette demande. A la suite des incitations des politiques européennes, des organisations supranationales telles que l'UEMOA ou la CEDEAO, ainsi certains Etats

d'ASS ont également mis en place des politiques afin de promouvoir l'émergence des technologies de production de biocarburants.

La mise en place de ces politiques de soutien au biocarburant s'est accompagnée par la création de fonds d'investissement afin de financer les différentes activités du secteur des biocarburants (la recherche agricole et industrielle, la formation et le renforcement des capacités des acteurs du secteur, la production, l'élaboration de cadre législatif). L'ensemble de ces mesures mises en œuvre au niveau des pays d'ASS constitue des facteurs favorables à l'émergence des technologies de production de biocarburants.

L'émergence des biocarburants dans les pays d'ASS est portée par un ensemble d'acteurs constitués sous forme de réseau. Ce réseau d'acteurs constitue l'entité systémique au sein duquel le processus d'innovation s'effectue. Nous allons dans le prochain chapitre, analyser le système acteurs qui porte le processus d'innovation autour des biocarburants structuré par les cadres financiers précédents, dans le cas du Burkina Faso. Nous analyserons principalement les différentes coordinations et interactions au sein de ce système acteurs qui structurent les principaux arrangements institutionnels.

Chapitre 2 : Système d'innovation « biocarburant » au Burkina Faso et trajectoires de développement

Introduction

Dans les pays d'ASS, la production des biocarburants apparait comme une innovation induite par la mise en place des incitations politiques et économiques au niveau international (Abdulai and Huffman, 2005; Amigun et al., 2011). La politique de l'Union Européenne a joué de ce point de vue, un rôle moteur.

Dans plusieurs pays d'ASS, le secteur des biocarburants s'est construit autour du *Jatropha Curcas*, culture oléagineuse dont l'huile présente des caractéristiques très proches du diesel. Le processus d'innovation en matière de biocarburant dans ces pays repose sur l'appropriation d'une technologie par plusieurs acteurs de nature et de fonctions différentes. La mise en complémentarité de ces acteurs entre les phases de production de matière première, d'usinage et d'utilisation de l'énergie qualifie la structure d'une « filière d'innovation » (Montaigne, 1988; Temple et al., 2009). La diversité des acteurs dans cette filière d'innovation souligne l'importance des interactions et des jeux d'acteurs pour son développement. Ces interactions reposent sur les réseaux d'acteurs. Elles créent des synergies qui portent l'innovation dans la filière. Un élément de ces synergies repose sur les arrangements institutionnels.

Dans ce chapitre, il est question d'étudier comment la notion de système d'innovation permet de créer une structure cohérente pour représenter et comprendre l'agencement entre les institutions, les réseaux d'acteurs, l'environnement institutionnel (système d'éducation et de formation, politique de recherche, fiscalité et réglementation...) dans lequel émerge « l'innovation biocarburant » au Burkina Faso. Nous proposons pour cela, de caractériser par une mise en visibilité du système acteurs, l'ensemble des parties prenantes du secteur des biocarburants impliquées au Burkina Faso. Nous analyserons ensuite les différentes fonctions remplies actuellement par le système acteur. La conjonction entre cette mise en visibilité et cette analyse nous permettra alors en répertoriant les différents projets de développement, de proposer une première différentiation des trajectoires technologiques qui structure la valorisation énergétique du Jatropha.

I. L'approche systémique de l'innovation contemporaine

1. L'émergence du « système d'innovation agricole » : origine et caractéristiques

Dans les années 90, la production industrielle est devenue plus intensive en connaissance avec l'augmentation des investissements dans des actifs immatériels tels que le savoir, la connaissance, la recherche (Fischer, 2001). Le concept de système d'innovation émerge au milieu des années 80 comme une perspective néo-schumpétérienne[19] structuré par la convergence entre l'économie évolutionniste et la théorie des systèmes. Dans cette posture les fondements épistémiques des changements technologiques s'expliquent par l'hybridation complexes entre des innovations techniques/scientifiques et institutionnels/organisationnels (Spielman, 2005). Ces fondements sont en rupture avec des processus continus et qui sous-entendent les théories classiques qui conditionnent l'innovation au seul rapport de prix relatifs des facteurs. Une description complète de l'approche des systèmes d'innovation est proposée par (Lundvall, 1985; Lundvall, 1992).

Le système d'innovation est défini comme « *un ensemble d'agents interdépendants, leurs interactions, et les institutions qui conditionnent leur comportement par rapport à l'objectif commun de la production, la diffusion et l'utilisation des connaissances et / ou de la technologie* » (Spielman, 2005). Dans cette définition, l'accent est mis sur le processus qui permet l'accumulation de la connaissance et son utilisation par des agents hétérogènes. Ce processus repose sur des interactions complexes qui sont conditionnées par les institutions économiques. Dans notre utilisation de ce référentiel, le système d'innovation se fonde sur deux composantes principales : les organisations et les institutions.

Les organisations représentent les entreprises (qui peuvent être des fournisseurs ou des clients), les universités, les centres de recherche, les industries et les organismes publics. Ce sont les acteurs ou les agents du système d'innovation. Les interactions entre ces différentes

[19] According to Schumpeter (1939), innovation is endogenously determined by the behaviour of the entrepreneur and his or her financiers, and by the institutions of private property, business traditions, and capitalist competition. Over the long run, technological change results from the continuous market entry of entrepreneurial agents and innovation processes that force older firms and production methods into obsolescence, thereby reallocating resources to support a new production regime (the "creative destruction"). Schumpeter thus suggested that innovation results from the character of social and economic institutions, and that institutions change in response to innovation, that is, that the relationship between society and innovation is endogenously determined (Spielman, 2005).

organisations sont cruciales dans les processus d'apprentissage, considérés nécessaires pour le développement d'innovations (Edquist, 2001). Dans le secteur agricole, les organisations sont représentées par les centres de recherche agricole (nationale et internationale), les industries agroalimentaires, les agriculteurs et consommateurs, les organisations non-gouvernementales (ONG) et les organisations de producteurs.

Les institutions représentent les habitudes, les routines, les pratiques établies, des règles ou des lois qui régissent les relations et les interactions entre les individus, les groupes et les organisations. Ce sont les règles du jeu.

Les relations entre les organisations et les institutions sont importantes pour l'innovation et pour le fonctionnement des systèmes d'innovation. Les organisations sont fortement influencées et façonnées par les institutions ; les organisations peuvent être dites «intégrées» dans un environnement institutionnel ou un ensemble de règles, qui comprennent le système juridique, les normes, les standards, etc. Les institutions peuvent être aussi «intégrées» dans les organisations.

Le concept de système d'innovation a émergé dans le secteur industriel, sa transposition et son utilisation se sont accélérées dans le secteur agricole avec les travaux d'un certain nombre d'auteurs (Hall and Clark, 1995 ; Johnson and Segura-Bonilla, 2001 ; Arocena and Sutz, 2002). Cette littérature conduit à l'émergence de la notion de système d'innovation agricole (AIS), qui est l'application du «système d'innovation» au secteur agricole.

L'approche AIS ne remplace pas nécessairement les référentiels théoriques antérieurs qui structuraient l'analyse de l'innovation dans les institutions de recherche en agriculture. Elle se combine à d'autres référentiels, mais la diversité des usages qu'elle rencontre, structure différentes communautés de connaissances (Touzard et al 2014). Une de ces communautés se structure autour des travaux en termes d'Agricultural Knowledge and Information System (AKIS). Ell est polarisée par les mécanismes de coordination systémique (liés à l'agriculture) entre les acteurs autour des conditions d'émergence et d'utilisation des informations et connaissances (Klerkx et al., 2010). L'AKIS est défini comme un « *ensemble d'organisations agricoles et/ou de personnes, de leurs liens et interactions, engagés dans un processus de génération, transformation, transmission, stockage, récupération, intégration, diffusion et utilisation de connaissances et d'informations, dans le but de travailler en synergie pour appuyer des prises de décisions et la résolution de problèmes et d'innovation dans un pays donné ou dans l'un de ses secteurs* » (Röling 1990, in Klerkx et al., 2012). Selon Hall et al.,

(2005), l'AKIS se focaliserait uniquement sur les acteurs et pas suffisamment sur le rôle des marchés, le secteur privé ou le contexte politique.

L'approche AIS élargit la portée de l'analyse afin d'inclure non seulement la nature et le caractère des interactions des agents, mais les motivations et les comportements des agents. Elle analyse également les institutions qui façonnent les motivations et les comportements des agents ainsi que la dynamique des changements institutionnels (Hall et al., 2005 ; Spielman, 2005 ; Spielman et al., 2008 ; van Rijn et al., 2012). De ce a fait, les planificateurs et les chercheurs s'intéressent plus au rôle des politiques, aux cadres institutionnels, et leurs dynamiques d'ajustements. Il s'agit de réfléchir plus largement sur la nature des politiques qui orientent et structurent l'innovation, non seulement par la mise à disposition de nouvelles connaissances, mais aussi par des incitations qui stimulent et soutiennent la créativité. Ces approches renforcent les programmes de recherches sur le rôle des partenariats qui sous-tendent les relations de confiance et de coopération entre les individus et les organisations (Hall et al., 2005).

La figure ci-dessous présente la structure théorique d'un système d'innovation agricole. Elle met en relief les principales composantes « acteurs » d'un AIS (enseignement et recherche, entreprises privées, consommateur, organismes de financement et institutions) et les relations existantes entre ces groupes d'acteurs.

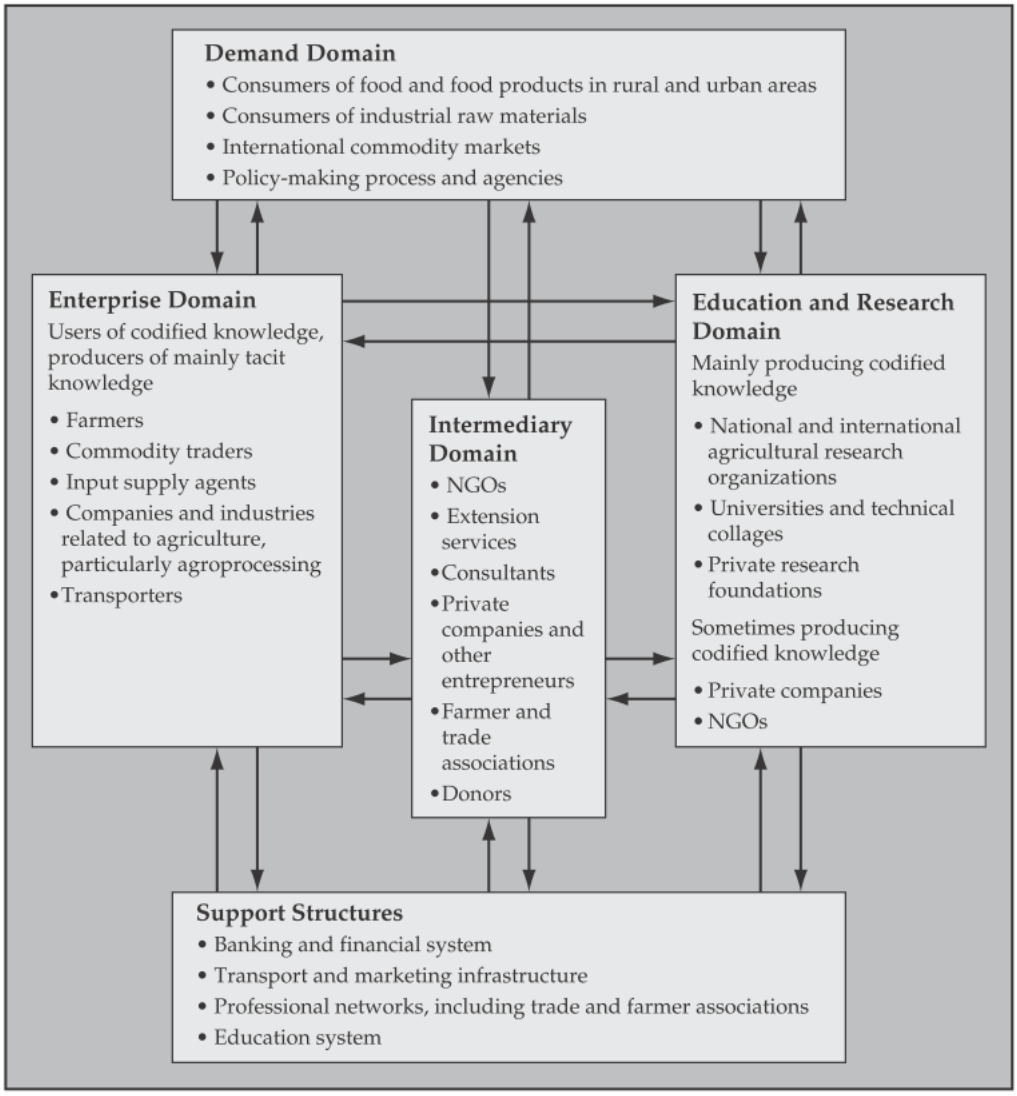


Figure 2 : Les éléments d'un système d'innovation agricole (Arnold et Bell, 2001)

Le système d'innovation agricole est constitué de 5 groupes d'acteurs :

- Domaine enseignement et recherche dédiés au secteur : chargé de la production et de la diffusion de connaissances codifiées.
- Domaine entrepreneurial : chargé de produire l'output du système. Ce groupe comprend l'ensemble des acteurs de la chaine de valeur qui utilisent les connaissances codifiées de la recherche pour leurs activités de production.
- Domaine de la demande : constitué par l'ensemble des consommateurs finaux du système.
- Structures de soutien : chargées d'appuyer financièrement l'ensemble des acteurs dans la réalisation de leurs activités. Elles comprennent les institutions de financement, les infrastructures de transport, le système d'enseignement.

❖ Organisations de relai : chargées de mettre en place des cadres incitatifs qui vont favoriser l'interaction des différents acteurs. En outre, elles ont pour rôle de faciliter le transfert des connaissances et des informations.

Ce cadre conceptuel identifie trois conditions à la réalisation du processus d'innovation en agricultures que sont : (i) générer des changements qui s'inscrivent dans les valeurs et règles des sociétés en y associant l'ensemble des acteurs concernés ; (ii) Mettre en place un cadre politique favorable qui permet le développement des services d'appui nécessaires aux acteurs (iii) répondre aux attentes en termes d'accroissement de la productivité et la compétitivité sectorielle.

2. Les fonctions du système d'innovation

Comme le rappelle Edquist (2001), l'analyse des composants de la structure du système et des relations entre eux, n'est pas suffisante pour la compréhension du processus d'innovation. Une analyse de « ce qui se passe dans le système » est nécessaire (Edquist, 2001).

2.1. L'intérêt de l'approche fonctionnaliste des SI

L'approche structuraliste des SI permet l'identification des organisations et institutions ainsi que les relations existantes entre elles. Elle caractérise le système acteur dédiées à un secteur d'activité sans expliquer l'ensemble des facteurs importants qui influent sur le développement, la diffusion et l'utilisation de l'innovation. Pourtant, il est aussi important d'aller au-delà de la description du système acteur pour comprendre ce qui se passe à l'intérieur du système afin d'apporter des éclairages sur des questions auxquelles la mobilisation de l'approche structuraliste ne permet de répondre. A titre d'exemple, ces questionnements sont : qu'est-ce que les organisations font dans le cadre du processus d'innovation ? Comment les institutions limitent/empêchent ou stimulent les activités liées au processus d'innovation ? Quel le rôle joue les relations entre les composants du SI dans le processus d'innovation ?

Ces questionnements qui font référence aux activités et fonctions des composantes du SI, nécessitent une approche fonctionnaliste. Cette approche comporte une dimension plus appliquée qui permet de mesurer *in fine* la performance du SI (Bergek et al., 2008). La notion de performance dans ce cadre est liée à capacité du SI à produire, diffuser et utiliser les

innovations. Elle a été développée initialement par des chercheurs suédois (Carlsson and Stankiewicz, 1991 ; Jacobsson and Johnson, 2000) en réponse aux difficultés d'identifier les faiblesses et les raisons des échecs dans la structure des SI appliquée aux systèmes techniques. Comme le rappellent Bergek et al., (2008) : « Il est difficile, voire impossible, d'évaluer le bienfondé ou l'inopportunité d'un élément particulier ou d'une combinaison d'éléments de la structure sans se référer à ses effets sur les processus d'innovation » (Bergek et al., 2008 ; 409). Quelques auteurs identifient cependant des faiblesses au niveau de la structure du système (infrastructures, institutionnelles, interactions dans le réseau d'acteurs, capabilités des acteurs, etc.) sans pour autant parvenir à en tirer des règles permettant d'identifier des avantages ou inconvénients dans la structure (Klein Woolthuis et al., 2005). Cette approche structuraliste ne permet donc pas d'identifier les blocages de l'innovation (Klerkx et al., 2012).

L'approche fonctionnaliste présente donc l'avantage de ne pas seulement se focaliser sur l'innovation ou sur la structure, mais sur son utilité qui conditionne alors son succès. Il est alors possible de comparer des SI entre eux, quel que soit leur structure ou l'avancée du processus d'innovation.

2.2. Les différentes fonctions du SI

La caractérisation des fonctionnalités des SI repose principalement sur les travaux de Bergek qui par une synthèse de la littérature émergente sur cette question (Bergek, 2002) identifie 7 fonctions principales. Ces fonctions qui influencent directement l'objectif du SI sont :

- **Le développement de connaissances et l'échange d'informations** : cette fonction est au cœur du concept de SI, du fait de la dynamique d'apprentissage qu'elle induit (Edquist et Johnson 1997, in Hekkert et al., 2007). Il existe différents types de connaissances (scientifiques, technologiques, de production, de pratiques, de savoirs et savoir-faire) et de sources de développement de connaissances (la recherche, l'expérimentation, la vulgarisation de faits techniques, la co-construction entre différents acteurs, etc.)[20]. Dans le monde rural, ce développement de connaissances repose largement sur la façon dont les informations circulent et sont transmises de proche en proche. Les réseaux formels ou informels ; les interactions avec

[20] Parfois aussi catégorisés dans la littérature anglophone par « *learning by doing, learning by using, learning by interacting* » (Edquist, 2001)

les différentes structures d'appui-conseil privées, étatiques ou associatives ; jouent un rôle primordial dans l'intensité de circulation de l'information.

- **L'influence sur l'orientation de la recherche technologique** : elle tient une place importance dans le développement des innovations techniques du fait des effets d'incitations ou de pressions potentielles sur les entreprises à même de développer ces technologies (taxes ou subventions à l'utilisation de certaines technologies). Dans l'agriculture et en ASS, cette fonction est remplie par les organismes de recherche agricole (INERA, universités, centres internationaux de recherche, 2iE) avec les agents de production (agriculteurs, industriels).
- **La création de débouchés à l'invention**. Lorsqu'une nouveauté émerge (produit, intrants…), il est possible qu'il n'y ait pas encore de marché existant pour le commercialiser. Cette fonction du SI est la plus évidente, elle est soulignée dans de nombreuses publications (Carlsson et Stankiewicz, 1991 ; Markard et Truffer, 2008). Plusieurs stades de développement du marché permettent alors la réalisation de l'invention en innovation donc la structuration du processus dont principalement : le marché naissant, dans lequel l'incertitude est encore importante ; le marché consolidé (« bridging market ») qui implique l'ensemble des acteurs d'une filière (intégration verticale de l'innovation) ; le marché de masse (diversification horitozontale et intersectorielles de l'innovation… par exemple sur les agrocarburants, l'utilisation de l'énergie produite dans différents secteurs).
- **La construction de légitimité :** elle est « *une question d'acceptation sociale et de conformité avec les institutions concernées* » (Bergek et al., 2008). Cette fonctionnalité semble faire l'articulation entre le fait technique et le fait social de l'innovation. Sans légitimité, impossible d'imaginer la dissémination de l'innovation. La légitimité requière une évolution des règles d'utilisation et de gestion des ressources selon différents mécanismes allant de la conformité avec les règles existantes, à la création de nouvelles règles (Mahoney, 2000; Chavance, 2001). Les coordinations entre acteurs du système par la coopération, catalyse cette évolution (Hekkert et al., 2007). Les biocarburants requièrent au même titre une construction de légitimité. Cette nouvelle production (agricole et industrielle) doit être à la fois reconnue par les différentes parties prenantes, et s'intégrer dans leurs activités et modes de gouvernance.
- **La mobilisation de ressources** : le développement de l'innovation requiert une mobilisation de ressources, qu'elles soient financières, humaines ou informationnelles. Le SI doit être capable de générer ces ressources nécessaires afin que l'innovation soit

continue dans la mise en complémentarité des trois niveaux qui structurent la filière technologique.

- **La genèse d'externalités positives**. Elle concerne la création d'effets externes bénéficiant sans contrepartie monétaire, une utilité ou un avantage de façon gratuite. Selon Bergek et al, (2008), cette fonction serait une fonction clé pour le renforcement des autres fonctions. La réduction de l'incertitude avec le développement de l'innovation a une influence sur la formation du marché et sur l'orientation de la recherche technologique. En agriculture, il est ainsi nécessaire de manière spécifique d'enrôler de nouveaux types d'acteurs dont principalement les semenciers, les collecteurs, ainsi que les commerçants, etc.
- **L'expérimentation entrepreneuriale** : cette fonction est spécifique aux activités menées en entreprises. Il s'agit des expérimentations souvent effectuées pour le calibrage d'une innovation (procédé, produit, etc…). Concernant les biocarburants, cette fonction du SI est concomitante à la fonction de développement de connaissances et d'échange d'informations sur les différentes options en termes d'itinéraires techniques.

2.3. Un manque de recul sur les modes d'articulation des fonctions entre elles

Du fait de leur émergence récente, les fonctionnalités du SI ont jusqu'alors été assez peu été étudiées dans le cas d'application aux biocarburants ; et surtout aux conditions d'émergence de la filière Jatropha qui constituent l'innovation que nous étudions. Le fait que les fonctions interagissent entre elles est à l'origine même du changement (Hekkert et al., 2007; Hekkert and Negro, 2009) et de l'existence du SI, pourtant les modes d'articulation des fonctions entre elles ne sont pas bien établies. Il existe des effets d'entraînement des fonctions entre elles mais la littérature n'indique pas si l'ensemble des fonctions doivent être remplies pour que le SI fonctionne, ou si elles doivent l'être progressivement. Il n'est pas non plus indiqué de niveau de « remplissage » ou d'exécution de ces fonctions (total, partiel, existence d'un effet de seuil ?). Enfin, il n'est pas fait mention de la prédominance de certaines fonctions ou de l'existence de fonctions « leviers ». Hekkert et al., expliquent que les fonctions s'organisent selon un « *modèle non linéaire avec de multiples interactions entre les fonctions, qui vont affecter la performance du système dans son ensemble de façon positive ou négative* » (Hekkert et al., 2007).

L'enjeu réside donc selon nous dans l'évaluation des interactions des fonctions entre elles et vis-à-vis du système dans son ensemble, dans une approche diachronique. Il sera alors possible de différencier les fonctions « *moteurs de l'innovation* » (Klerkx et al., 2012) de celles peu influentes ou résiduelles.

La réalisation du processus d'innovation, par la mise en complémentarité interactive des différentes fonctions, montre par ailleurs qu'il n'est pas possible d'atteindre un équilibre dans le système. La recherche d'une optimisation du processus d'innovation est donc illusoire : « *Nous ne savons même pas si la meilleure trajectoire ou la trajectoire optimale peut être atteinte, étant donné que nous ne savons pas de quel type elle pourrait être* » (Edquist, 2001). Partant de ce constat, il semble impossible d'estimer le « bon fonctionnement » d'un SI de façon absolue. En revanche il est possible d'identifier des points de blocage ou de réaliser des comparaisons analogiques entre des processus d'innovation qui présente des similitudes comme cela a été réalisé entre le Jatropha et l'anacarde (Audouin, 2014).

Dans la suite de ce chapitre, nous proposons dans un premier temps de caractériser la structure du SI biocarburant au Burkina Faso et dans un second temps d'analyser les différentes fonctions remplies actuellement par ce dernier afin de caractériser les lieux de blocage.

II. Le système d'innovation « biocarburant » au Burkina Faso en construction

Après avoir détaillé la structure et le contenu des fonctions du SI, il convient d'appliquer ce cadre conceptuel au secteur des biocarburants au Burkina Faso. Nous allons à travers l'approche structuraliste du SI, caractériser l'ensemble des acteurs et institutions qui promeuvent l'innovation et la production de biocarburants ainsi que les principales interactions entre eux. Ensuite, nous détaillerons les fonctions remplies actuellement par le SI biocarburant.

1. Caractérisation du système-acteurs dans le secteur des biocarburants

1.1. Les agents du système d'innovation « biocarburant »

L'émergence des biocarburants au Burkina Faso repose sur l'implication de plusieurs agents et organisations que sont : les centres de recherche, les industriels, les agriculteurs, la société civile, les pouvoirs publics, les organismes non gouvernementaux (ONG), les médias...

L'ensemble de ces acteurs constitue le « *système d'acteur institutionnel* », qui impulse la dynamique productive et d'innovation autour des biocarburants. Au Burkina, les acteurs qui composent le système d'innovation et de production biocarburant sont :

- **Domaine enseignement et recherche**

Cette composante comprend les centres de recherche et de formation nationaux et internationaux qui œuvrent dans le cadre de la promotion des biocarburants au Burkina Faso. Ces institutions de recherche sont composées de l'institut international de l'ingénierie de l'eau et l'environnement (2iE), le centre de coopération internationale de recherche agricole pour le développement (CIRAD), les structures de recherche nationales (INERA, IRSAT) et l'université de Ouagadougou.

- **Domaine entrepreneurial**

Cette composante dont les déterminants territoriaux seront analysés dans le chapitre 6, est constituée :

- **Les producteurs :** Ces sont les acteurs qui assurent la production de la matière première. Il s'agit ici des agriculteurs et des entreprises agricoles industrielles
- **Les promoteurs de** projet biocarburant en activités sur le territoire national. Les promoteurs ayant le statut d'entreprise sont : FasoGaz, Fondation Dreyer, Ilaria Burkina, STAB. Les promoteurs qui ont un statut juridique d'association ou ONG sont : Aprojer, Impulsion, New tree, Projets communaux de Boni et Dori, Wouol.
- **Les acteurs de la transformation des matières premières :** Ils constituent les acteurs qui assurent la production de base en biocarburants. Il s'agit ici des huileries telles SN-CITEC, des sucreries comme la SOSUCO associée aux distilleries comme la SOPAL, et de certains promoteurs de projet biocarburants disposant d'unité de transformation (Belwet, Agritech, Fasobicarburant, Genese).

- **Domaine de la demande**

Ce domaine du SI est composé par :

- **Les acteurs de la distribution :** Les acteurs de la distribution et du stockage potentiels sont la SONABHY (Société Nationale Burkinabé des hydrocarbures), les promoteurs de projets de biocarburants et des commerçants.
- **Les consommateurs :** Les consommateurs constituent l'ensemble de tous ceux qui utiliseront les biocarburants pour satisfaire leurs besoins énergétiques. Ils peuvent être constitués :
    - Des entreprises publiques d'électricité seront constituées des industries, des centrales électriques (SONABEL ou les services d'électrification rurale)
    - Des collectivités territoriales : mairies
    - Des utilisateurs privés.

❖ **Domaine des institutions de relais**

Les acteurs institutionnels se composent des ministères en charge des différentes activités d'encadrement de la production des biocarburants. Il s'agit des ministères en charge de l'énergie, de l'agriculture, de l'environnement, de l'enseignement et de la recherche scientifique, de l'économie et des finances, du commerce et de la justice. Ces acteurs institutionnels ont formé un comité interministériel (CICAFIB) qui est chargé de définir un cadre réglementaire et fiscal afin d'assurer la sécurité des investissements des entreprises de production, de transformation et de distribution/commercialisation des biocarburants. En outre, la fonction de ces acteurs institutionnels est aussi de mettre en place des normes qui garantissent la qualité des produits au niveau des utilisateurs/consommateurs.

❖ **Domaine des structures de financement**

Les Structures de financement du secteur des biocarburants sont d'origine diverses ; et parmi les plus importantes on peut citer : les agences des Nations Unies (PNUD, PNUE, FAO, FIDA) la Banque Mondiale, l'Union Européenne, l'UEMOA, la CEDEAO, le Brésil, Taiwan. A travers leur financement, ces acteurs assiste l'installation des différents maillons du secteur par une politique de mise en place d'instruments de financement dans la production, la formation et la recherche liés au développement de cette filière.

La majorité de ces agents a débuté leurs activités sur les biocarburants avec les premiers lancements de projets de production en 2007. L'ensemble de ces acteurs constitue le réseau d'acteur qui impulse la dynamique d'innovation et de production de biocarburants.

1.1 Les interactions structurantes du SI biocarburant

Dans le cadre du développement des biocarburants, les agents sont amenés à interagir au regard de la différence de leurs objectifs mais également de leurs niveaux de connaissances. L'innovation en matière de biocarburant nait de l'interaction entre les acteurs et leur environnement socioéconomique. L'ensemble des acteurs constitue de fait le *réseau d'innovation*[21] chargé de promouvoir l'essor des biocarburants dans le pays. L'efficacité de ce réseau d'innovation est fonction de la capacité des intervenants à interagir et à se coordonner pour l'innovation et la production des biocarburants. (Freeman, 1987) et (Nelson, 1993) soulignent l'importance que revêtent l'interaction et la coordination dans la poursuite d'une action collective de production et d'innovation. Les acteurs du système d'innovation biocarburant recherchent tous, par le biais de leurs interactions à mieux déterminer les opportunités d'innovation et les problèmes que rencontrent les conditions de réalisation de ces opportunités. La mise en place des politiques qui lèvent ces problèmes au niveau des ressources humaines et financières ; et la production et le partage des informations permettent alors de générer les impacts économiques et/ou sociaux (Ekboir, 2012).

Les interactions et la coordination reposent avant tout sur les capacités des agents du système d'innovation à caractériser les opportunités d'innovation, à évaluer les défis qui se posent et à obtenir accès au capital social, humain et financier nécessaire à l'innovation, à l'acquisition de connaissances et à l'échange d'informations. Dans la production de biocarburant, ces interactions revêtent différentes formes : il s'agit d'une part des consultations visant à définir des politiques publiques sur les biocarburants (acteurs de la recherche et les pouvoirs publics), et d'autre part des travaux de recherche concertés (recherche, entreprises, agriculteurs). Le pôle de la recherche est au centre de la dynamique de ce système. La recherche interagit en effet avec l'ensemble des acteurs en générant la connaissance et l'information nécessaires pour leurs activités.

Ainsi dans le cas de la production de biocarburants au Burkina Faso, la concertation et les échanges observées entre la recherche et les pouvoirs publics (CICAFIB), ont permis à ces derniers de définir la stratégie nationale de développement des biocarburants. Cette stratégie

[21] Réseau d'innovation : Groupe d'intervenants divers qui mettent à disposition de manière volontaire leurs connaissances et d'autres ressources (financements, matériels et terrains) dans le but de concevoir conjointement ou d'améliorer un processus social ou économique ou un produit. Ces réseaux sont également appelés plateformes d'innovations.

définit le cadre réglementaire dans lequel les agents de la production doivent se référer au niveau national. Les centres de recherche interagissent également avec les acteurs de production (promoteurs, agriculteurs, industriels) dans le cadre de l'adaptabilité et l'implémentation de la technologie biocarburant au contexte local. Il s'agit de la mise en place des fiches techniques au niveau de la production agricole mais aussi du réglage au niveau des unités de pressage et de transformation.

La figure ci-dessous représente l'ensemble des agents et des organisations inter reliés dans des relations marchandes et non marchandes avec comme objectif principal le développement des biocarburants.

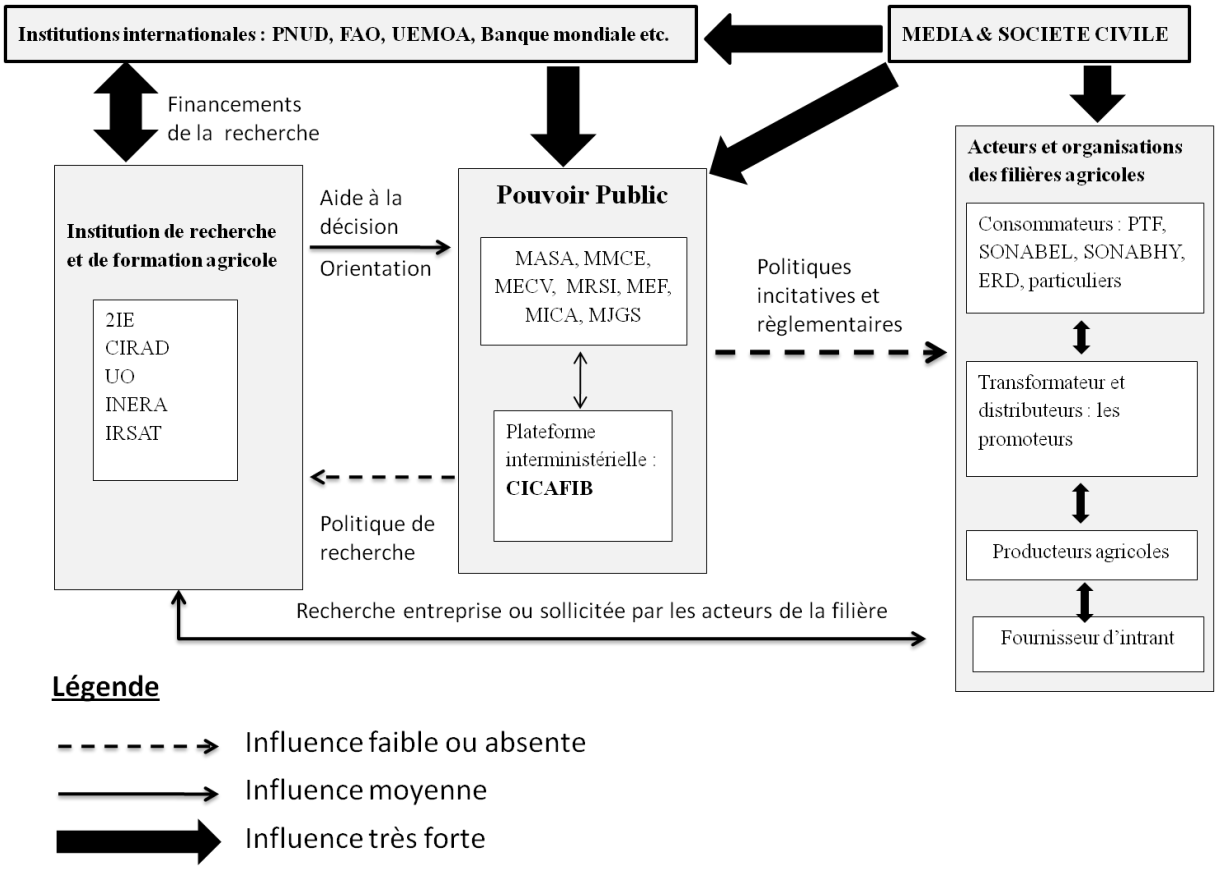


Figure 3 : Le système d'innovation biocarburants au Burkina Faso
Source : données d'enquêtes 2011, 2012 et 2013. Salif Derra (en mobilisant la proposition de schéma conceptuel de Arnold et Belle 2001)

La figure ci-dessus met en exergue quatre principales composantes du SI biocarburant ainsi que les interactions existantes entre elles.

Les institutions de recherche et de formation sur les biocarburants se composent de l'institut d'ingénierie d'eau et d'environnement, le CIRAD, l'université de Ouagadoudou, et

les instituts du CNRST (INERA, IRSAT). Elles entreprennent des relations avec l'ensemble des autres intervenants du système afin de produire de la connaissance nécessaire pour l'activité de chacun. A cet effet, les acteurs de la chaine de valeur du système coordonnent leur besoins en termes de connaissances avec les champs de recherche desdites institutions. En outre, les organes techniques des pouvoir publics mutualisent leurs travaux avec les instituts de recherche afin de fournir aux organes décisionnels de l'Etat des informations nécessaire pour l'élaboration des cadres réglementaires du secteur des biocarburants.

Les organisations internationales constituent des éléments majeurs du système d'innovation biocarburant national. A travers leurs financements et leurs orientations politiques, elles influencent de manière forte l'ensemble des parties prenantes dans le secteur des biocarburants. Il existe un déterminisme fort entre l'émergence du système d'innovation et de production des biocarburants et ces institutions internationales du fait de l'importance de leur pouvoir politique et financier sur l'ensemble des acteurs.

Les institutions publiques dans le secteur des biocarburants sont chargées de définir le cadre réglementaire et fiscal qui va assurer la sécurité des investissements des acteurs travaillant pour les segments de la production, de la transformation et de la distribution/commercialisation des biocarburants. En outre, elles doivent également mettre en place des normes qui garantissent la qualité des produits au niveau des utilisateurs/consommateurs. Ces institutions publiques sont constituées de 8 ministères[22], des administrations locales, des collectivités territoriales et du CICAFIB.

Les acteurs des filières constituent la quatrième composante du SI qui est chargée d'assurer les principales activités de la filière d'innovation à savoir la production du Jatropha, la transformation du Jatropha en biocarburant et l'utilisation des biocarburants. Il regroupe les agents économiques qui mobilisent les connaissances codifiées et tacites, les informations, les ressources financières afin de produire et d'utiliser les biocarburants pour la transition énergétique.

[22] Le Ministère des Mines, des Carrières et de l'Energie ; Le Ministère de l'Agriculture et Sécurité Alimentaire ; Le Ministère de l'Economie et des Finances ; Le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie ; Le Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation ; Le Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat ; Le Ministère des Enseignements Secondaire et Supérieur et le Ministère de la Justice et la Garde des Sceaux.

Ces différentes composantes s'influencent mutuellement sous forme de financements, directives ou recommandations. Ces relations ont été soulignées par les enquêtes effectuées auprès des acteurs constitutifs de chaque composante. Dans ces enquêtes, il s'agissait d'identifier pour chaque acteur, les initiatives des autres acteurs qui impactent son activité.

Ces différentes interactions observées au niveau du système d'innovation a pour objectif de (i) renforcer les capacités et compétence en matière de biocarburant de chaque agent, (ii) soutenir financièrement et techniquement la création de partenariats novateurs et le développement des entreprises, (iii) établir un environnement institutionnel approprié pour le développement des biocarburants.

2. Les fonctionnalités du système d'innovation biocarburant

Pour l'analyse des fonctions du SI, Hekkert et al., (2007) proposent d'identifier les évènements survenus au sein du SI (rencontres, conférences, conflits, déclaration politique, etc.) et de les positionner en faveur ou défaveur de l'innovation par rapport à la ou aux fonctions qu'ils activent. Cette méthode a été appliquée au cas des biocarburants et biogaz aux Pays-Bas (Negro et al., 2007; Negro et al., 2012). Nous mobilisons cette démarche pour identifier les fonctions remplis actuellement dans le SI biocarburant au Burkina.

2.1. La production de connaissance sur les biocarburants

Le processus d'innovation repose fondamentalement sur l'amélioration du partage du savoir et de l'utilisation des informations et des connaissances disponibles pour procéder aux modifications souhaitées. La recherche et le développement technologique sont absolument nécessaires pour l'innovation, mais ne constituent qu'une partie du processus d'innovation (Lundvall, 1992; Spielman, 2005). Dans le cas des biocarburants au Burkina Faso, le défi majeur n'a pas été de créer de nouvelles inventions, mais plutôt de produire de nouvelles connaissances et de savoir-faire afin d'adapter et d'utiliser ceux qui existent déjà, pour faire face à une demande d'un marché spécifique.

Au Burkina Faso, le pôle de production de connaissance sur les biocarburants est composé du 2iE, du CIRAD, de l'INERA, de l'IRSAT et de l'université de Ouagadougou. L'institut 2iE est considéré comme le point focal de ce pôle, du fait de sa capacité à drainer des financements internationaux pour la recherche et l'accompagnement du développement des biocarburants. Ces principaux financeurs sont l'UE, l'Union Africaine, le Brésil, et

l'UEMOA. Cette structure est à l'origine de la mise en place de la conférence internationale (cf. chapitre 3) sur les biocarburants dont l'objectif est de réduire l'asymétrie d'information et de connaissance entre les agents mais également de favoriser la coordination de leurs activités.

Par ailleurs, les acteurs de production tels que les agriculteurs, les industriels contribuent à travers les processus d'apprentissage « essais erreur » à créer de connaissances tacites pour le processus d'innovations biocarburant.

L'ensemble de ces acteurs de production de connaissances a pour but de fournir de nouvelles connaissances et informations, sources de développement du secteur. La production de connaissance ainsi que sa diffusion constitue le socle de l'essor du système d'innovation et de production des biocarburants (Casadella and Benlahcen-Tlemcani, 2006; Djeflat, 2009).

2.2. La formation et le renforcement de capacité des agents

L'innovation en matière de biocarburant est la résultante des capacités, des ressources et des interactions de différents intervenants provenant d'une large gamme de domaines concernant l'agriculture et l'industrie. La capacité de générer de nouvelles idées, connaissances, technologies, procédures et modes de collaboration est tributaire de l'existence d'un vaste éventail de compétences telles que l'établissement de contrat, connaissance des dispositions légales et des structures de règlement des différends, etc. (Rajalahti et al., 2008; Rivera, 2011).

De ce fait, il importe de constituer et de renforcer les capacités des différents agents devant intervenir dans l'innovation et la production de biocarburant. S'il est très important d'améliorer les compétences techniques, ces dernières doivent s'accompagner de compétences fonctionnelles parce que les nouveaux modes de fonctionnement exigent, outre une large gamme de qualifications scientifiques, techniques, administratives et entrepreneuriales, des capacités de travail en partenariat, de négociation, d'établissement de consensus et d'apprentissage.

Cette fonction du système d'innovation est remplie par le centre de recherche et d'enseignement 2iE. Il a été créé à cet effet, au sein de l'institut un laboratoire de recherche LBEB (laboratoire biomasse énergie et biocarburants) chargé de produire des connaissances et des informations nécessaires au renforcement des capacités des acteurs. Il remplit de ce fait,

les fonctions de recherche, d'enseignement, de vulgarisation des connaissances nécessaires pour le développement des biocarburants. Cette plateforme sert de points de liaison pour l'échange d'informations et de services qui permettent d'appliquer les connaissances ; elle se trouve ainsi en mesure de faciliter les processus faisant intervenir de multiples parties prenantes et de leur fournir un appui. Cela constitue en quelque sorte une plateforme pluraliste tirée par la demande (y compris les aspects techniques, entrepreneuriaux et organisationnels de ce processus) qui permet de fournir un soutien à la clientèle hétérogène qui constitue le système d'innovation et de production biocarburant.

A cet effet, plusieurs séminaires de formation et d'ateliers de formation ont été organisés par ladite plateforme. Parmi ces rencontres de renforcement de capacité des acteurs du secteur des biocarburants, il y a, une qui présente une importance particulière du fait de son envergure. Il s'agit de la conférence internationale sur les biocarburants. Cette conférence - dont le rôle et l'importance dans la construction du capital social autour des biocarburants seront étayés dans le chapitre suivant - est mise en place afin d'améliorer les capacités et compétences des acteurs dans les processus d'innovation du secteur des biocarburants.

La formation et le renforcement des capacités des intervenants dans le secteur des biocarburants visent plusieurs objectifs : faciliter la création de nouvelles connaissances ; la réduction de les asymétries d'information entre les acteurs et favoriser les interactions et la coordination des acteurs. A travers ces formations de renforcement de capacité, bon nombre d'agents acquière dans une mesure croissante un ensemble de compétences qui contribuent de manière spécifique au développement de la production de biocarburants. Le renforcement des interactions et de la coordination peut également encourager tous les intervenants du système d'innovation, en particulier les organismes de recherche et de vulgarisation, à être mieux à l'écoute les uns des autres et à mieux répondre aux besoins et aux préoccupations de tous, en particulier ceux des agriculteurs (producteurs de matière première) (Ekboir, 2012).

3. Les trajectoires de développement des biocarburants induites par le système d'innovation actuel

La représentation réticulaire des acteurs permet d'analyser les fonctions et le niveau d'influence des agents et organisations dans le développement des activités de production de biocarburants. La fonction ultime du SI est de produire, diffuser et l'utiliser l'innovation. Dans le cas du SI biocarburant cette fonction ultime peut être remplie par plusieurs

trajectoires technologiques. Les différents acteurs selon leurs ressources et leurs objectifs implémentent une trajectoire.

On entend par trajectoire de développement, l'ensemble des choix et compromis fait tout au long de la filière de production. Ces choix portent sur la culture, le mode de conduites culturales, la capacité des unités industrielles, le marché visé, etc....

Ces différents choix sont opérés par les acteurs du « *système acteur entrepreneurial* » c'est à dire les agents de la chaine de valeur (agriculteurs, industriels, distributeurs) sous l'encadrement des pouvoirs publics. Les porteurs de projet biocarburant selon leurs activités dans la chaine de valeur (production agricole, transformateur, commercialisation) orientent l'implémentation des biocarburants. Ces derniers s'appuient sur les résultats et connaissances offerts par la recherche pour leurs activités. Les ministères en lien avec la production de biocarburants orientent les choix pris par les promoteurs selon les priorités de l'Etat. C'est ainsi que l'Etat à travers le Fond de Développement de l'Electrification (FDE) octroie une subvention à hauteur de 50% du coût de carburants dans des projets de service d'électrification rurale à base de biocarburants.

On dénombre actuellement quatorze projets biocarburants au Burkina Faso, implantés dans 17 provinces et 8 régions. Ces projets sont : APROJER, AGRITECH, Génèse, Ilaria Burkina, Faso Biocarburant, Impulsion, Belwet SA, Wouol, Newtree, Fondation Dreyer, STAB, Faso Gaz, projet communal de Boni et Dori. Les projets biocarburants se concentrent sur la filière Jatropha, excepté STAB[23] qui est sur le coton. Cette focalisation sur le Jatropha trouve son explication sur le fait qu'il soit considéré comme n'entrant pas en compétition avec les cultures vivrières (Janin and Ouedraogo, 2009 ; Joël Blin et al., 2011).

Pour différencier les trajectoires de développement de biocarburant induites par le SI, nous avons analysé les différents projets de production de biocarburants. Sur la base des enquêtes que nous avons effectuées auprès des promoteurs, nous avons créé une base de données (Annexe 4) caractérisant les projets biocarburant au Burkina Faso. Cette caractérisation s'est faite suivant :

- l'objectif du projet ;
- la forme juridique du projet ;
- l'activité principale du promoteur de projet ;

[23] Société de transformation agroalimentaire du Burkina. Elle souhaite diversifier son gamme de produits avec la production de biocarburant à base de coton.

- la superficie de production visée ;
- les provinces d'implantation du projet ;
- capacité ou échelle de transformation (artisanale, industrielle);
- le mode de production agricole préconisé (paysanne, agrobusiness) ;
- le produit final (graine, HVC, biodiesel) ;
- le marché visé (local, national, international)

Sur la base de ces informations, une analyse factorielle des composantes (AFCM) a permis d'aboutir à une typologie de trajectoire de développement de biocarburants. Cette typologie fait apparaitre deux trajectoires de développement types (figure 4).

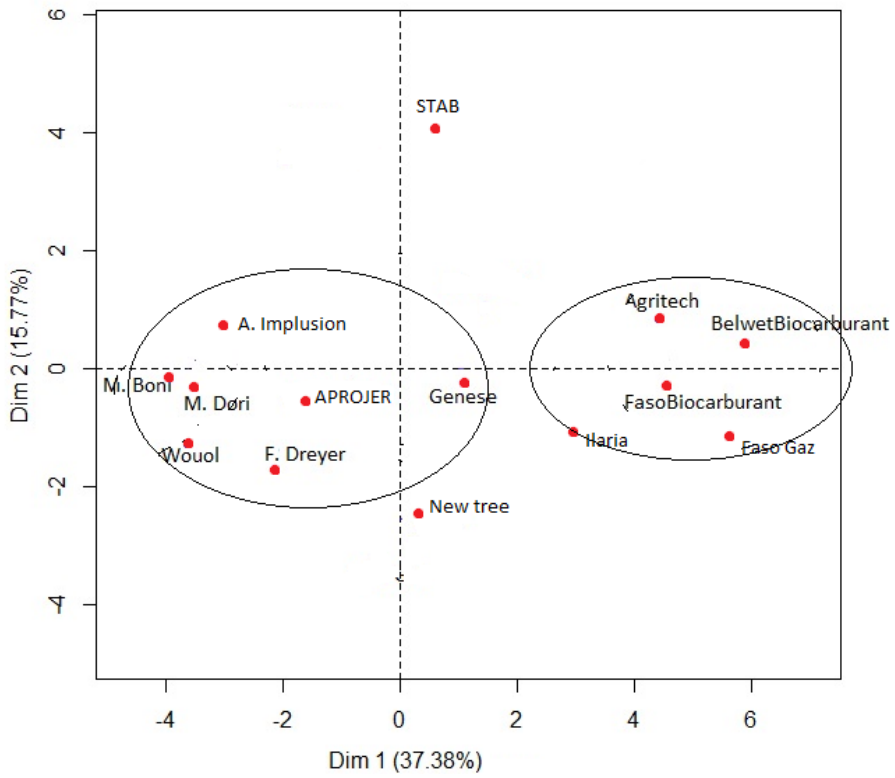


Figure 4 : Cartographie des trajectoires de développement

De cette typologie, nous avons déduit deux trajectoires de développement. La première tendance est l'implémentation des biocarburants de petite échelle pour un usage dans le bassin de production (électrification rurale, mécanisation agricole). La seconde est la production de biocarburants pour une utilisation au niveau national (transport, centrale électrique).

Le tableau ci-dessous représente les différents projets de production de biocarburants suivant les deux trajectoires susmentionnées.

Tableau 4 : classification des projets selon les trajectoires de développement

Trajectoire de développement des biocarburants	Projets	Activité du promoteur
Biocarburant pour une électrification rurale	Impulsion	Production HVB et fourniture d'électricité
	Projet communal de Boni	Production de Jatropha, transformation en HVB et utilisation en substitution au gasoil au niveau local.
	Projet communal de Dori	Production de Jatropha
	ONG New Tree	Transformation du Jatropha en HVC
	APROJER	Cession de la production aux paysans, transformation des graines et vente HVC et biodiesel
	Fondation dreyer	Production de HVB du Jatropha pour utilisation au niveau des dolotières + ERD
	ONG Wouol	Production d'HVB à partir du Jatropha pour la consommation locale et l'export.
	GENESE Sarl	Appui à la production, transformation des graines en HVB et Biodiesel pour la vente au niveau national
Biocarburant pour le transport	Belwet Biocarburant SA	Production de Jatropha sous contrat avec les paysans, vente et transformation des graines
	AGRITECH Faso S.A.	Production de Jatropha, transformation en HVB et biodiesel pour le marché national et international
	Faso biocarburant	Appui à la production, transformation des graines en HVB et Biodiesel pour le marché national
	Faso Gaz	Production agricole et tranformation en biodiesel pour le marché national et international
	Ilaria	Production de jatropha et transformation en biodiesel

Description des trajectoires de développement

- La trajectoire « **bioénergie pour l'électrification rurale** » souvent appelée **« circuit court »** qui caractérise un modèle de développement dans lequel les phases de production – transformation et utilisation sont spatialement intégrées c'est-à-dire concentrée dans la même localité. Les projets qui entre dans cette catégorie présentent des unités de production moins capitalistique (1 hectare au maximum par producteur de matière première, unité de transformation de petite capacité 60 à 100kg/h, etc.). Ces types de projet sont mis en œuvre ou soutenu par des organismes de soutien au développement dans l'optique d'augmenter l'accessibilité et la disponibilité des services énergétiques dans les zones rurales. La faible dimension des unités de production notamment l'unité de transformation pose la question de la durabilité de cette trajectoire du fait de sa rentabilité (Amigun et al., 2008b). En effet, cette trajectoire présente de faibles rendements d'échelle et produit du biocarburant (huile végétale carburant) dont la qualité peut être variable (Portale, 2012).
- La trajectoire « **biocarburant pour le transport** » également appelée « **modèle industriel »** se caractérise par un dispatching géographique des phases de production-transformation-utilisation. Le principe de fonctionnement de cette trajectoire s'appuie sur le modèle de l'industrie agroalimentaire. La production de matière première est faite en zone rurale, la transformation et l'utilisation en majorité se font en milieu urbain. Etant donné, la taille du marché à couvrir (nationale voire international), les unités de transformation présentent de grandes capacité faisant ainsi bénéficier de rendements d'échelle. Les promoteurs référenciés dans cette catégorie sont des grandes entreprises souvent filiales de groupes internationaux : Belwet Biocarburant ; Agritech Faso ; Fasobiocarburant, Ilaria et FasoGaz. Les avantages d'un tel modèle reposent sur sa rentabilité financière. En effet, les unités de transformation étant de grande capacité arrivent à générer des économies d'échelle sous réserve de disponibilité suffisante de matière première. Cette trajectoire soulève des controverses en raison des risques de concurrence qu'elle pose par rapport aux productions alimentaires (Ewing and Msangi, 2009 ; Eijck et al., 2012). Fondé sur une production à grande échelle, l'allocation des terres pour la production de matière première présente des risques de précarisation de la sécurité alimentaire dans le contexte d'accroissement démographique.

Ces deux trajectoires de développement résultent d'une hybridation entre une gouvernance exogène issue des incitations internationales et régionales et une gouvernance nationale

structurée autour des stratégies politiques de développement entreprises par le pays (SCADD, Vision 2020, et.). Cette forme de gouvernance du secteur biocarburant explique la structuration et le fonctionnement du système d'innovation en émergence au niveau du pays.

Conclusion

Le Burkina Faso à l'instar d'autres pays d'ASS s'est lancé dans la production de biocarburants en vue de répondre à ces enjeux économiques et environnementaux. A cet effet, plusieurs agents et organisations se sont mobilisés. Il s'agit des institutions publiques ; des entreprises privées, des ONG ; des centres de recherche et universités, des agriculteurs ; de la société civile et des médias. L'ensemble de ces acteurs structure un système d'innovation et de production de biocarburants émergent au niveau du pays. Nous avons caractérisé ce système d'innovation par la mise en évidence des parties prenantes ainsi que les interactions structurantes. Ce système est pour une grande partie gouvernée par l'importance des financements extérieurs au Burkina Faso. Les promoteurs de projets sont financés en majorité des multinationales ou ONG. Elles orientent les choix et les trajectoires technologiques dans le secteur des biocarburants.

L'analyse de la fonctionnalité de ce système d'innovation fait ressortir l'activité centrale de production de connaissance polarisée par une plateforme technologique de formation et de renforcement des capacités des acteurs. La production de connaissances ainsi que sa diffusion à travers des ateliers de formation et de renforcement des capacités telles que les conférences sur les biocarburants, constituent ainsi le levier principale d'essor de la production des biocarburants (création de nouvelles connaissances ; réduction des asymétries d'informations entre les acteurs, interactions et la coordination des acteurs). Ainsi deux modèles de développement de biocarburant à base de Jatropha émergent. Il s'agit d'une part de la production de biocarburants destinée fournir des services énergétiques et d'autre part de la production de biocarburants pour le secteur des transports, voire pour l'export. Ces trajectoires de développement nécessitent des ressources et des technologies différentes pour l'activation de la transition énergétique.

En dépit de ces investissements institutionnels et cognitifs consentis depuis 2007, il n'existe pas encore de biocarburant à base de Jatropha sur le marché qui fasse l'objet de transaction commerciale. Ceci s'explique par l'absence de matières premières pour les unités de

transformation. Cette absence de matière première est la conséquence d'une faible adoption du Jatropha par les agriculteurs.

Nous détaillerons dans le chapitre suivant, les différentes défaillances du SI biocarburant qui peuvent être rattachées à ce faible niveau d'adoption du Jatropha par les agriculteurs.

CHAPITRE 3 : Structuration et défaillances du système d'innovation biocarburant

Introduction

La question des biocarburants est posée comme une solution au problème de pauvreté énergétique que connaissent les pays d'ASS. Dès 1935 sous la colonisation, des essais de production d'électricité à partir d'huile végétale ont été mis en œuvre par le groupe EDF afin d'approvisionner les villes secondaires en énergie (Henning, 2009). Ces essais avaient pris fin avec la découverte de plusieurs gisements de pétrole abaissant ainsi son coût d'accès. Avec les différents chocs pétroliers survenus au cours des dernières décennies mais également de la prise en compte des enjeux environnementaux, il réapparait à la fois un intérêt et un besoin de développer des énergies renouvelables.

Nous allons dans ce chapitre, retracer les différentes étapes d'évolution de la production de biocarburants au Burkina Faso. Cela va passer par l'analyse des acteurs pionniers ayant permis d'enclencher ce processus mais également des facteurs ayant permis l'émergence du système d'innovation actuel. En outre, s'appuyant sur l'analyse fonctionnelle faite dans le chapitre précédent, nous montrerons les défaillances auxquelles le développement de biocarburants est confronté.

I. Emergence du réseau sociotechnique des biocarburants au Burkina Faso

1. Les stratégies pionnières de la valorisation énergétique du Jatropha

Au Burkina Faso, bien que l'idée d'utiliser le *Jatropha Curcas* pour faire du biocarburant remonte en 1985 (Diop et al., 2010), cette plante était bien connue pour avoir été introduite par des missionnaires avant les indépendances (vers 1945). Les agriculteurs connaissaient le Jatropha surtout en raison de sa toxicité d'où son nom local de « wabum banga mam[24] ». Il était utilisé principalement en tant que haie de protection des cultures et de délimitation des

[24] Qui veut dire : *« mange moi et tu sauras qui je suis »*. Ce nom a été donné pour les raisons non comestibles de la plante dont la consommation provoque des douleurs au ventre et de diarrhée pouvant aboutir à une mort.

champs et concessions. On l'utilisait également dans la médecine traditionnelle pour soigner certaines maladies.

La prise de connaissance du potentiel énergétique du Jatropha a été faite en 1985 lors d'une foire agricole où a été exposée une machine fonctionnant à l'huile de Jatropha (Derra et al., 2012a). Cette expérience a constitué les premiers résultats expérimentaux de la valorisation énergétique de cette plante au Burkina Faso. Depuis cette première expérience, plusieurs initiatives ont été prises afin de promouvoir le développement des biocarburants à base de Jatropha. Parmi les initiatives ayant eu le plus d'influence dans l'utilisation du Jatropha comme plante énergétique, nous avons :

- la mise en place des programmes de recherche sur la valorisation énergétique du Jatropha ;
- le lancement des projets de production de biocarburants à base de Jatropha ;
- l'intégration des biocarburants dans l'agenda politique et élaboration d'une politique publique régissant le développement de la filière.

La figure ci-dessous retrace ces différentes étapes par lesquelles la production de biocarburant à base de Jatropha s'est opérée au Burkina Faso. Ce processus a conduit à la structuration du réseau d'acteur, élément essentiel du système d'innovation et de production de biocarburants.

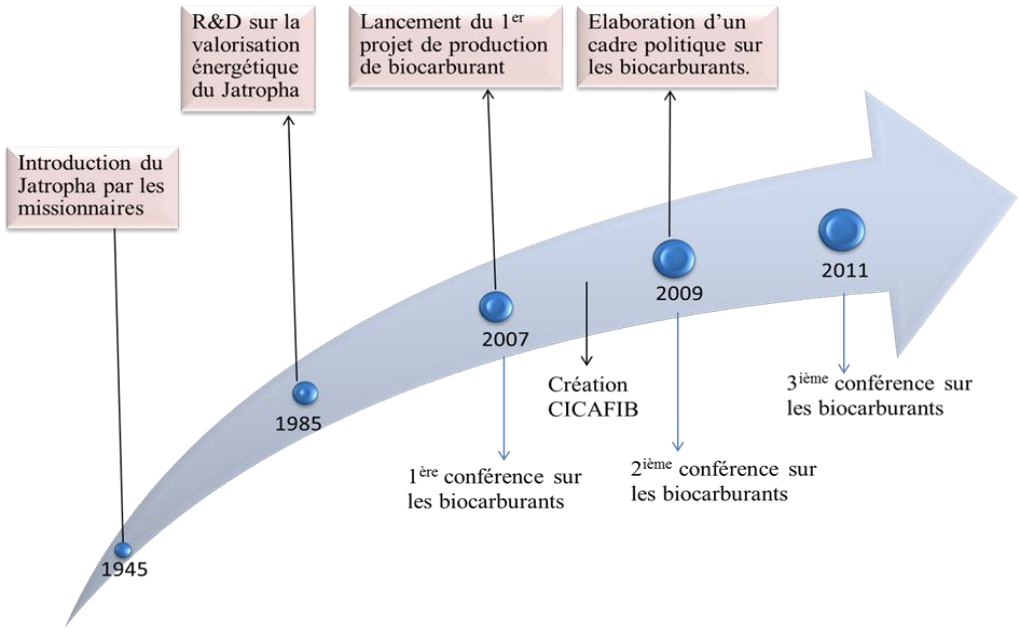


Figure 5: Evolution des initiatives pour le dévelopement de la filière Jatropha (Source : données d'enquête 2012)

1.1. Les premières recherches publiques sur la valorisation énergétique du Jatropha

La recherche sur la valorisation énergétique du Jatropha a débuté dans les années 80, bien avant l'engouement pour les biocarburants des années 2000. Dès le début des années 80, les pouvoirs publics avec l'appui de partenaires ont lancé des initiatives pour la production d'huile pure de Jatropha. Le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) avec l'appui de l'assistance technique allemande (GTZ) avait lancé un projet de recherche sur le Jatropha entre 1983 et 1986 (Diop et al., 2010). Ce projet de recherche avait pour objectif de promouvoir la production de biocarburant à base de Jatropha afin de favoriser l'essor des activités génératrices de revenu en milieu rural. Les résultats issus de ces travaux ont montré la faisabilité technique de l'utilisation de l'huile de Jatropha dans des moteurs de type « Lister[25] ». L'utilisation de l'huile de Jatropha dans des systèmes d'éclairage et de cuisson (lampes, foyer, etc) a été prouvé dans le cadre de ce programme de recherche.

Suite à ce premier programme de recherche, un professeur d'université toujours sous un appui financier du GTZ, a entrepris un projet de recherche sur le Jatropha. Ces recherches ont porté en particulier sur la sélection variétale et l'étude physiologique de la plante du Jatropha. Ce professeur connu sous le nom de « *Makido Ouédraogo*[26] » est considéré comme le « *précurseur*» dans la recherche sur la valorisation énergétique du Jatropha. Ces recherches effectuées depuis les années 1980 ont permis à l'époque de faire des essais d'incorporation de l'huile de Jatropha dans des moteurs.

Ces recherches initiales sur le potentiel énergétique mais aussi de l'exploitation industrielle du Jatropha furent abandonnées suite au désintérêt des entreprises de production mais aussi des pouvoirs publics de l'époque. La crise énergétique et sociale survenue dans les années 2000, a renouvelée la question des biocarburants au Burkina Faso (Dabat, Blin, et al., 2010) et l'intérêt pour développement de cette filière. La recherche sur cette plante a repris grâce aux financements de provenance diverses (cf. chapitre 1).

[25] Type de moteur utilisé dans les années 80 en milieu rural dans les pays d'ASS pour faire tourner des équipements mécaniques : moulins à grains, pompes à eau, plateforme énergétique, etc.

[26] Il possède un champ expérimental de 8 hectares à 25Km de Ouagadougou depuis une dizaine d'année. Il dispose d'un laboratoire de recherche à l'UFR/SVT de l'Université de Ouagadougou pour ses recherches.

1.2. Les investissements dans la production des biocarburants

Les premiers projets de production du Jatropha ont été mis en place par l'ONG New tree (2003) et une association Impulsion (2004). Ces deux initiatives étaient toutes financées par la Belgique, non pas pour la production de biocarburant mais plutôt pour les caractères protectrices du Jatropha contre l'érosion et la dégradation des sols.

En 2007 avec la hausse des prix du pétrole, les premiers projets de valorisation énergétique du Jatropha voient le jour. Les projets installés à cet effet, sont : Belwet, Aprojer, Agritech Faso. Le promoteur du projet Belwet, une autorité locale fut le précurseur dans cette nouvelle forme de production.

Le lancement de ces projets a redynamisé la recherche grâce aux financements. La redynamisation de la recherche a entrainé l'installation de nouveau projets de production de biocarburants que sont : ONG Genese et Illaria en 2008 ; Faso biocarburant SA ; le projet communal de Boni en 2009 ; et enfin Fasogaz et le projet communal de Dori en 2010.

- ***Un pionnier Burkinabé porté par la coopération allemande***

A l'origine du premier projet de valorisation énergétique du Jatropha se trouve un investisseur Burkinabé (Belwet Sarl). Du fait de sa notoriété sociale – député, chef coutumier – ce promoteur a pu agir directement tant au sein du milieu politique que du milieu rural pour susciter l'adhésion et l'intérêt pour la production de biocarburant. L'origine de cet investisseur nait d'une visite dans une usine de production de biocarburant allemande en 2006. Il devient ainsi « l'intermédiaire » des investisseurs allemands au Burkina Faso. Ce partenariat lui permet de bénéficier d'un soutien financier (environ 300 milles euro) pour le lancement de son projet de production de biocarburants. L'objectif de départ était l'exportation de la production énergétique vers l'Allemagne, mais suite à la cessation du partenariat, le promoteur a révisé cet objectif vers une production destinée au marché national. S'appuyant sur son pouvoir politique, il a pu obtenir des fonds publics (aides de l'Etat, crédit auprès des banques, etc) pour la poursuite de son projet mais aussi pour promouvoir le Jatropha auprès des agriculteurs, la société civile, les médias...

Les activités effectuées ont concerné la distribution de semence, la sensibilisation et la formation au niveau des médias locaux et nationaux, la réalisation de démonstration d'utilisation de l'huile dans un tracteur. Il a ainsi joue un rôle central dans l'adoption du

Jatropha par plus de 100 000 producteurs et la constitution d'une vingtaine de groupements de producteurs sur plus de 70 000 ha dans la région du « *plateau mossi* » (Bezongo et Ouédraogo, 2010).

Le poids politique de cet acteur a ouvert la voie à d'autres initiatives privées (Agritech, Aprojer, Fasobiocarburant, etc.) et surtout à médiatiser le *Jatropha curcas* et les biocarburants au niveau national. Il est considéré comme le précurseur des projets de production de biocarburants.

1.3. L'appui politique du Ministère de l'énergie sur la promotion des biocarburants

Si les deux précurseurs (recherche et production) ont beaucoup œuvré et influencé l'émergence de la production de biocarburants à base de Jatropha au Burkina Faso, il existe un troisième agent qui a œuvré au sein des pouvoirs publics notamment dans le ministère des mines, des carrières et de l'énergie (MMCE) pour que la production de biocarburants soit intégrée dans les stratégies de lutte contre la pauvreté énergétique. Il s'agit du conseiller technique du ministre de l'énergie. Cet entrepreneur politique (Jean Paul Laude) a apporté son expertise au ministère de l'énergie et particulièrement à la direction générale de l'énergie pour la définition d'un document cadre de politique de développement des biocarburants au Burkina Faso en novembre 2009. Il a ensuite contribué à la création du comité interministériel chargé de la coordination des activités des filières biocarburants au Burkina Faso (CICAFIB) composé de différents ministères (MMCE, MECV, MAHRH). L'objectif de ce comité est d'élaborer la stratégie nationale développement des biocarburants (cadre réglementaire et fiscal, établissement de standards pour les produits, etc...). Ce comité constitué de quatre commissions[27] est chargé de définir la politique publique en matière de biocarburant définie comme la réponse d'une autorité politique nationale, au moyen d'un programme d'action coordonné, de modifier l'environnement social ou économique d'acteurs sociaux saisi en général dans une logique sectorielles.

[27] Le CICAFIB comprend un comité de pilotage, un secrétariat opérationnel et 4 commissions spécialisées : Commission spécialisée chargée de la production des intrants ; Commission spécialisée chargée du cadre fiscal ; Commission spécialisée chargée du cadre institutionnel, juridique et réglementaire ; Commission spécialisée chargée du développement industriel des filières biocarburants.

2. L'innovation institutionnelle à travers le lancement des conférences sur les biocarburants : un rôle clé de structuration du réseau sociotechnique

L'influence des pionniers dans le secteur des biocarburants a favorisé l'élargissement des agents impliqués dans le secteur. Ceci a entrainé une innovation organisationnelle afin de renforcer le capital humain dans ce secteur. Le renforcement des capacité des acteurs constitue en effet une ressource essentielle pour le processus d'innovation technologique (Jacobsson and Johnson, 2000). Les différentes actions de renforcement des capacités structurent le réseau sociotechnique qui doit porter le processus d'innovation dans le secteur des biocarburants.

Ce réseau se structure autour des plateformes institutionnalisées d'échange et de partage d'information (séminaires, ateliers de formation, conférences). L'objectif étant de faire profiter à chaque acteur les connaissances et le savoir faire des autres (techniques de production, conséquences sur les conditions de vies, etc..) et aussi de favoriser la création d'un capital social utile pour le développement des technologies de production de biocarburant.

La principale plateforme d'échange et de renforcement de capacité - de par sa médiatisation et son importance en termes d'influence sur les participants - mise en place dans le secteur des biocarburants est la conférence internationale sur les biocarburants. Cette conférence apparait comme une innovation institutionnelle et organisationnelle structurante dans l'orientation des investissements dans le secteur biocarburant en émergence. Elle constitue une source de renforcement de compétence par excellence, à travers les échanges et partages de connaissances.

Avant d'analyser l'impact de ces conférences sur la gouvernance du processus d'innovation, nous allons décrire les facteurs conjoncturels qui ont permis sa mise en place.

2.1. Origine et évolution des conférences sur les biocarburants

Créée pour la première fois en 2007 par l'institut le 2iE avec la collaboration du CIRAD et sous le patronnage du Minitère des Mines, des Carrières et de l'Energie (MMCE) ; cette conférence se tient tous les deux ans. Le 2iE est un institut de recherche et de formation au sein duquel il existe un laboratoire dédié à la recherche sur les bioénergies et les

biocarburants. Le laboratoire en question fut créé en 2007 sous le financement de l'Union Européenne dans un but d'accompagnement le développement des biocarburants en Afrique.

L'organisation des conférences sur les biocarburants est placée sous la tutelle du MMCE avec le concours financier de l'Union Européenne, de l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME), du Brésil, du groupe Total et de la coopération Taïwanaise. Ces conférences sont des moments privilégiés pour faire le point sur les connaissances et les avancées dans ce domaine. On y aborde également les enjeux relatifs à l'implémentation des filières de production de biocarburants dans le contexte des pays d'ASS.

La figure ci-dessous montre les différentes conférences qui se sont tenues avec leurs questionnements.

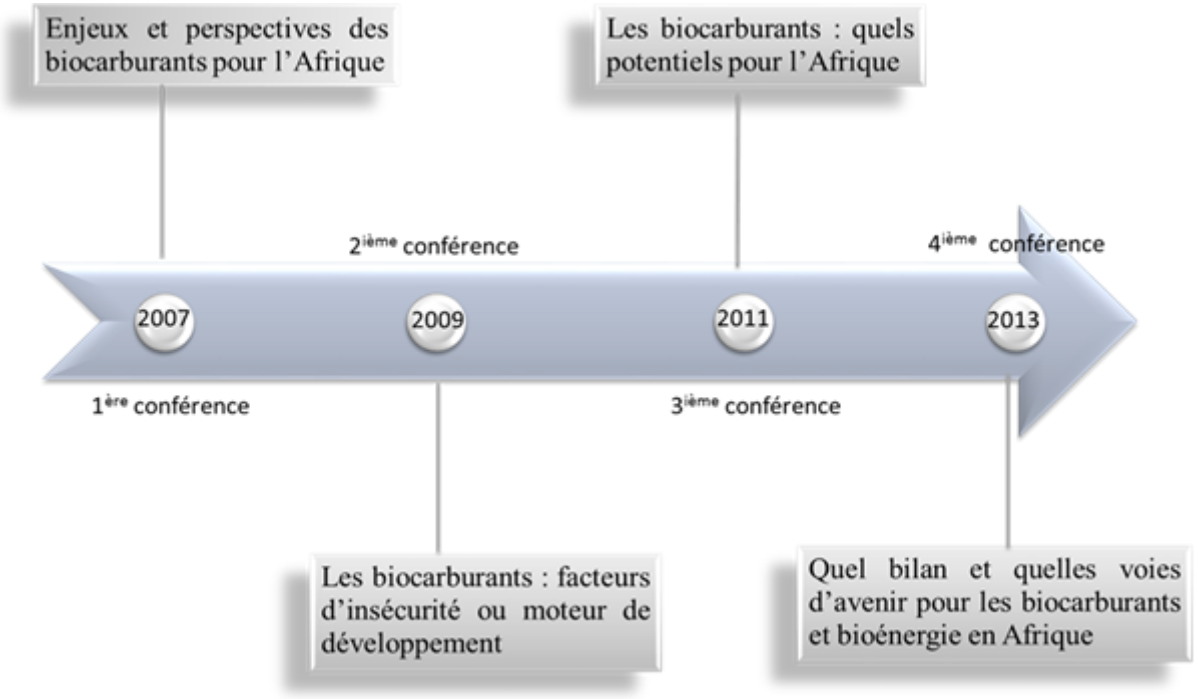
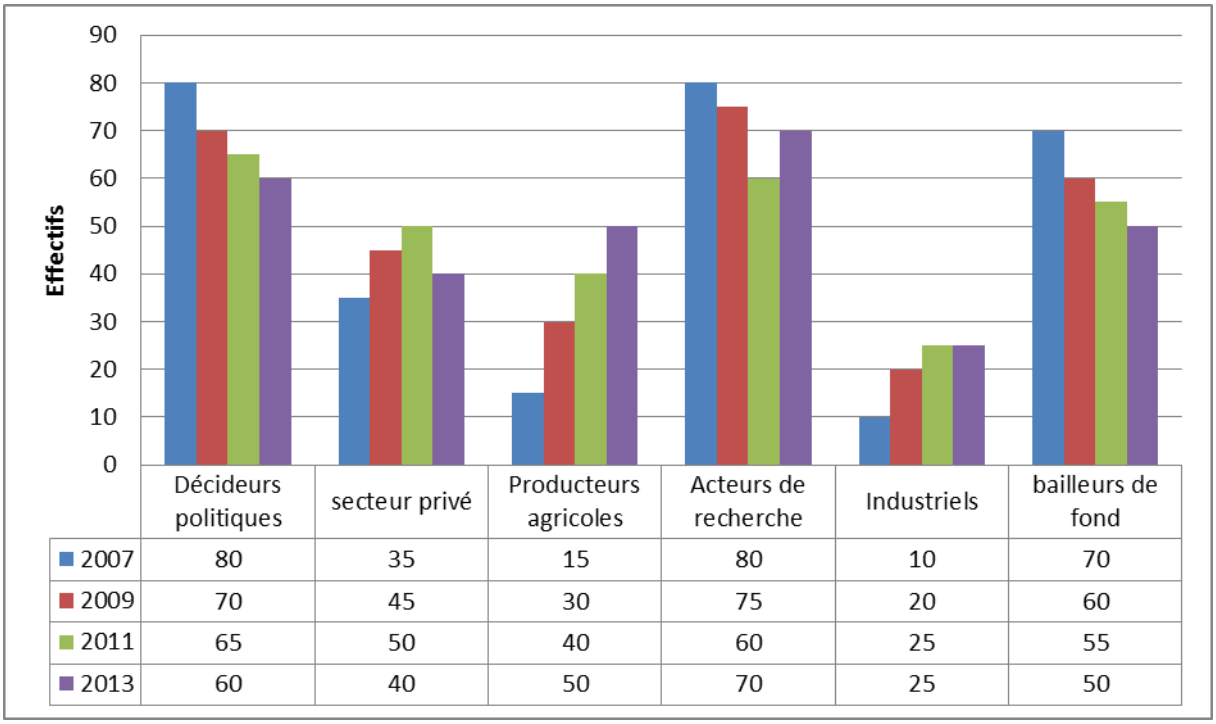


Figure 6: Représentation des différentes questions traitées par les conférences (source : donnée d'enquête 2012)

En se proposant d'analyser la question du développement des biocarburants en Afrique, aussi bien dans ses dimensions technologiques, agronomiques et environnementales que dans ses aspects institutionnels et politiques, la conférence sur les biocarburants s'est voulue un lieu privilégié d'échanges entre les décideurs politiques et économiques, les experts techniques et la société civile. A chaque conférence, ce sont plus de 300 personnalités,

chercheurs, promoteurs, décideurs, représentants d'ONG issus de plusieurs pays qui se réunissent.

Le graphique ci-dessous représente la répartition des participants au cycle de conférence selon la nature de l'activité menée dans le secteur des biocarburants.



	Décideurs politiques	secteur privé	Producteurs agricoles	Acteurs de recherche	Industriels	bailleurs de fond
2007	80	35	15	80	10	70
2009	70	45	30	75	20	60
2011	65	50	40	60	25	55
2013	60	40	50	70	25	50

Figure 7 : Evolution des groupes de participants dans les conférences

Le nombre de participants aux conférences biocarburants varie très peu. On dénombre environ 300 participants à chaque conférence. Cependant on note une variation d'effectif selon les catégories de participants. Ainsi, on a une augmentation des participants du monde agricole. Ils ne représentaient que 5% des participants en 2007, leur nombre a atteint 20% en 2013. Cette augmentation montre l'intégration de plus en plus importance des acteurs agricoles dans le processus de développement des biocarburants au Burkina Faso.

On constate une diminution des acteurs de la sphère politique mais également des organismes de financement. Cette diminution s'explique notamment par la retombée de l'engouement que les biocarburants avaient suscité en 2007. Les bailleurs de fond étaient en nombre important à la première conférence pour vérifier de l'existence d'une réelle opportunité d'investissements dans le secteur des biocarburants. Leur nombre a décru au fils des conférences notamment à cause du constat de la faible rentabilité financière des projets mais également de la médiatisation des controverses sur la sécurité alimnetaire.

Du coté des acteurs publics, on constate également une régression d'effectifs. La première conférence était constituée de presque 30% de décideurs politiques. Ces acteurs politiques étaient composés de représentants des ministères de l'énergie et de l'agriculture des 8 pays de l'UEMOA. Ces derniers avaient participé massivement afin de disposer d'informations nécessaires pour une élaboration de politique publique sur les biocarburants. Ceci pour encadrer l'intérêt et l'engouement que les biocarburants ont suscité à l'époque.

L'objectif principal de l'ensemble de ces conférences est de lever les contraintes et verrous technologiques pour permettre le développement des biocarburants. Les questionnements soulevés par ces conférences mettent en perspectives des controverses soulevées par l'implémentation des biocarburants dans le contexte africain et burkinabé en particulier.

De ce fait, elles visent à fournir aux décideurs politiques, une évaluation objective du potentiel des biocarburants en Afrique. Il est en effet plus que jamais nécessaire d'évaluer sur des bases réelles le potentiel véritable des biocarburants en Afrique, en mettant en exergue leurs avantages et leurs risques aux plans environnemental, économique et social.

2.2. Les rôles de la conférence dans l'activation du système d'innovation

Ces conférences jouent un rôle important dans la structuration et l'activation des fonctions du système d'innovation biocarburant. Les fonctions affichées lors de la mise en place de ces conférences sont : la création de connaissances, la mutualisation des informations sur les conditions d'émergence ; l'activation des interactions entre les acteurs ; et l'orientation du processus de recherche.

La production de connaissances

Le processus d'innovation repose fondamentalement sur l'amélioration du partage du savoir et de l'utilisation des informations et des connaissances disponibles (Malerba, 2005). Le cycle de conférence constitue des moments privilégiés pour faire le point sur les connaissances et les avancées scientifiques dans le domaine des biocarburants. Ces conférences apportent des connaissances nécessaires telles que les techniques de conduite du Jatropha (semis, plantation, l'espacement optimum entre les plants), le paramètrage des unités de transformation, le processus de filtrage et les conditions d'utilisation. Elles servent également aux pouvoirs publics, à travers les informations données, d'élaborer les stratégies de développement ainsi que des cadres réglementaires. En effet, elle a permis à l'Etat burkinabé de fixer une

superficie maximale (environ 500 000 ha) pour les cultures à vocation énergétique. Pour cela, une mesure de déclaration a été mise en place pour l'ensemble des projets de production. En outre, ces conférences ont été à l'origine de la mise en place une politique de réduction des taxes sur l'importation des unités de transformation.

Les résultats de recherche, échangés (choix variétal, la conduite technique, les normes de qualité de l'huile, le type de moteurs, les chemins d'impact de ces biocarburants) lors de ces conférences, constituent le socle de connaissances sur lequel le secteur des biocarburants se bâtit. Le brassage des connaissances à travers les interactions, permet de stabiliser certaines informations mais aussi d'ouvrir d'autres pistes de recherche qui viendront augmenter le stock de connaissances déjà existantes.

L'activation des interactions entre acteurs

Les conférences biocarburants permettent d'activer des interactions entre les agents. Les interactions les plus évidentes sont celles entre acteurs de la recherche. L'activation de cette interaction dans le domaine de la recherche favorise la mutualisation des travaux de recherche de manière à éviter de travailler sur des sujets qui ont déjà fait l'objet de recherche ; de construire des partenariats de recherche etc... D'autres types d'interaction ont été également possibles grâce aux conférences. Il s'agit des interactions entre :

- **La recherche et les entrepreneurs** : l'activation de cette interaction permet de coordonner les actions entre la sphère scientifique et la sphère productive afin d'ajuster les outputs de la recherche (cultivar, itinéraire technique, caractéristiques pour l'huile carburant) aux besoins des entreprises agricoles et industrielles. La mise en relation de ces acteurs a permis de confirmer la maturité technologique de l'utilisation des huiles végétales dans les moteurs stationnaires. Elle a aussi mis en évidence le manque d'informations fiables sur les adaptations ou les modifications à apporter aux moteurs ou sur leur mode d'utilisation au regard de la qualité des huiles concernées.
- **La recherche et les pouvoirs publics :** la mise en interaction des chercheurs et des politiques constitue une manière de nourrir la conception que les politiques ont au regard des biocarburants. Elle a contribué à mettre les biocarburants dans l'agenda politique de l'Etat (Gatete and Dabat, 2014). Cette prise en compte par les instances politiques a permis l'élaboration d'un cadre réglementaire portant sur le plafonnement des superficies des cultures énergétiques à 5% de la superficie agricole utile du pays, mais aussi sur les conditions

d'attribution de terre pour la production de biocarburants. Il a été mis également en place une politique d'exonération de taxes pour l'importation de matériels industriels pour la production de biocarburants. Ces politiques publiques sont établies afin d'assurer la qualité, la sécurité des activités de production mais aussi de promouvoir l'innovation.

❖ **Les entrepreneurs et les structures de financement :** l'activation de cette interface constitue un moyen pour les entreprises de rentrer en contact avec des partenaires financiers potentiels. Les promoteurs de projets et les bailleurs discutent des possibles coopérations et d'éventuelles mises en place de projets communs. Des promoteurs de projet biocarburant tels que Agritech et Belwet ont dans le cadre de cette interaction bénéficié d'équipements de pressage. Cela a été possible suite aux échanges que ces promoteurs ont eu avec la délégation taïwanaise lors de la conférence de 2009.

❖ **Le secteur public et le secteur privé :** Le cycle de conférence a permis une interaction entre le secteur privé et le secteur public. Il a favorisé la création d'un partenariat public privé dont l'objectif est de contribuer à la mise en place d'un environnement favorable pour les investissements privés. Cela impose au secteur public de définir un cadre institutionnel, qui permette de faire jouer la complémentarité des acteurs publics et privés sur les court, moyen et long termes afin de favoriser la réalisation des investissements nécessaires. Ce partenariat va également contribuer à assurer le développement harmonieux des filières de production agricoles, de la transformation et de la distribution.

Les fonctions sous-jacentes de la conférence

Les conférences biocarburants sont un lieu d'influence des groupes d'intérêt (public ou privé) sur les décideurs politiques. Les pouvoirs publics ainsi que les bailleurs de fonds (UE, Brésil, Taiwan….) s'appuient sur les conclusions de tel évènement pour l'élaboration de leurs politiques d'encadrement et de financement. De ce fait, chaque groupe d'intérêt représenté dans ces conférences tentent de défendre leurs intérêts, en se faisant entendre par les décideurs politiques. Ainsi le groupe d'intérêt le plus influent procède à des interventions destinées à influencer directement ou indirectement l'élaboration, l'application ou l'interprétation de mesures législatives, normes, règlements et plus généralement, toute intervention ou décision des pouvoirs publics. Ces groupes d'intérêt généralement favorables au développement des biocarburants se fixent pour but d'infléchir une norme, d'en créer une nouvelle ou de modifier ou supprimer des dispositions existantes afin d'en favoriser l'émergence des biocarburants.

Ces conférences occupent une fonction de lobbysme dans le secteur des biocarburants au Burkina Faso. En effet, c'est au cours de ces conférences, que c'est forgé l'idée de production du biocarburant uniquement avec du Jatropha. Ce verrouillage sur le Jatropha s'est opéré malgré l'existence d'autres cultures à fort potentiel mais surtout l'absence de connaissances scientifiques sur la faisabilité technique de cette culture. Ceci explique la focalisation progressive de la thématique de ces conférences sur le Jatropha.

3. Impact de la conférence sur le processus d'innovation

La conférence qui est un lieu de partage et d'échange de connaissance, oriente la production sur le terrain à travers les recommandations. A titre d'exemple, ce sont les conclusions des conférences qui ont mis le Jatropha en première position comme la culture énergétique au Burkina Faso. En outre, ces mêmes conclusions, sur la non concurrence du Jatropha sur la production alimentaire, ont amené les pouvoirs publics à promouvoir cette plante. Par ailleurs, les conférences étant un lieu de rencontre des bailleurs de fond qui à travers leur pouvoir financier, influencent les actions des producteurs. Dans cette ligne d'idée, le « groupe Total » de par sa contribution financière occupe une place importante dans l'auditoire de ces conférences.

Toutes ces influences ont conduit à recentrer le SI biocarburant autour du Jatropha à travers les financements et les plateformes technologiques sur le Jatropha. Cette focalisation se matérialise par la construction de capital humain et social favorable à l'innovation sur le Jatropha. Nous allons dans la suite, décrire le rôle joué par ces conférences dans cette construction du capital humain et social

3.1. Impact de la conférence sur les investissements dans le capital humain

La formation des agents économiques occupe une place importante dans la mise en œuvre d'un changement technique (Lundvall and Johnson, 1994). Ainsi avec l'établissement de projets biocarburant dans les pays d'ASS, la formation apparaît être un investissement indispensable pour la production. En effet, la formation des individus contribue à la construction d'un capital humain capable de mettre en œuvre et de soutenir le processus d'innovation en matière des biocarburants.

Reposant au début sur un principe de transfert de technologie relativement simple d'assimilation, il s'est révélé que l'implémentation des biocarburants nécessite au préalable le

développement de compétences techniques appropriées. Dans les pays d'ASS disposant de peu de savoir-faire technologique, la formation constitue un outil d'apprentissage pour les différentes parties prenantes de la filière biocarburant. L'apprentissage et/ou la connaissance de toute nouvelle activité constituent un élément essentiel de leur émergence (Lundvall and Johnson, 1994; Malerba, 2002) particulièrement pour les d'agrocarburant.

La formation est un élément central dans le processus d'innovation des biocarburants (FAO, 2009). Elle constitue un vecteur d'amélioration du capital humain. La mise en place des plateformes de formation vise à fournir le savoir technique nécessaire pour les biocarburants afin de lever les incertitudes des acteurs potentiels. Ces formations ne se limitent pas sur le renforcement du savoir-faire technique, elles servent également à développer l'esprit entreprenariat au niveau de ces acteurs. La conséquence attendue de cet apprentissage par la formation est l'augmentation de la confiance des acteurs qui perçoivent dans l'effort consenti pour cette formation comme un indicateur de l'intérêt de cette activité (Ghadim et al., 2005).

Plusieurs formations ont été mises en place afin de soutenir le développement des activités inhérentes à la production des biocarburants. Dans l'agriculture, des investissements ont été consentis dans l'organisation des ateliers de formation, des campagnes de sensibilisation dans les radios rurales, des champs écoles, etc… afin d'apporter l'information et la connaissance nécessaire liée à la mise en culture du Jatropha. Des champs pilotes ont même été mis en place dans certaines localités pour servir d'un lieu de « *learning by doing* » pour les producteurs.

Le renforcement des capacités des entrepreneurs privés (industriels, promoteurs) ainsi que des acteurs publics (Ministères, agences de régulation, agences d'électrification rurale,…) vise également l'amélioration des connaissances de ces derniers afin de favoriser la création d'un environnement propice aux investissements productifs.

A défaut de soutenir directement des programmes de recherche et développement, les états des pays d'ASS et plus particulièrement le Burkina Faso a favorisé l'installation de structures permettant la diffusion des informations relatives au secteur des biocarburants. L'objectif est de favorisé la recherche endogène afin de constituer un capital humain capable de générer des économies d'échelles externes liées à la diffusion du savoir et de la connaissance. Ce sont ces types d'économies d'échelle externes qui ont joué un rôle important

dans la baisse des coûts de production et par conséquent d'une compétitivité des biocarburants du Brésil (Goldemberg et al., 2004).

La capacité d'apprentissage et d'adaptation au contexte actuel est cruciale pour la performance des individus, firmes, régions et nations. Elle définit une nécessité constante de reconstruire les qualifications des individus et les compétences organisationnelles et technologiques des agents (Casadella and Benlahcen-Tlemcani, 2006).

3.2. Construction d'un réseau sociotechnique autour des conférences biocarburants

La production des biocarburants en tant qu'innovation est le produit d'interaction au sein d'un réseau socio-économique. L'existence d'interactions et de partenariats spécifiques dans un réseau socio-économique constitue une importance capitale pour l'innovation (Hall et al., 2001). Le « capital sociétal », autrement dit la capacité à nouer des relations de coopération, constitue un facteur essentiel de l'efficacité d'un système de production et d'innovation. La conférence internationale sur les biocarburants fut ainsi créée dans cette optique pour servir de plateforme dans la création de ce capital sociétal au niveau du secteur des biocarburants.

Cette plateforme constitue un lieu d'interactions entre tous les « *stakeholders* ». Déjà au nombre de quatre, la conférence internationale sur les biocarburants au Burkina Faso a favorisé la construction d'un réseau sociotechnique constitué d'agriculteurs, de chercheurs, d'industriels et de décideurs politiques. C'est ce réseau sociotechnique qui est chargé de produire les connaissances et les technologies nécessaires à l'implémentation et au développement des bioénergies au Burkina Faso. Le fonctionnement de ce réseau sociotechnique rencontre des difficultés à enclencher la production de biocarburant. Ces difficultés que nous allons détailler dans le point suivant portent sur les défaillances fonctionnelles du SI.

II. Les défaillances fonctionnelles du système d'innovation biocarburants

Le décalage entre les investissements (financiers, technologiques, cognitifs) réalisés sur le Jatropha depuis 1985 et la réalité du développement productif de cette filière interpelle sur les défaillances de ce système. Nous proposons de qualifier ces défaillances de deux manières. La première en repérant les controverses actuelles en suspens. La deuxième en mobilisant nos

résultats d'enquête à dires d'expert sur les facteurs limitants concernant les interactions entre acteur.

L'approche fonctionnaliste de ce système d'innovation présente les fonctions à remplir pour développement et la diffusion des innovations (cf. chapitre 2). Au regard de ces fonctions théorique et de système d'innovation biocarburant au Burkina Faso, nous pouvons souligner en plus de l'absence d'un marché, nombreuses défaillances. Ces défaillances portent sur les incomplétudes du SI biocarburant à savoir un déficit de connaissances sur la technologie Jatropha entrainant ainsi plusieurs controverses ; une faiblesse dans la coordination des parties prenante ; et un manque de cadre incitatif bien structuré.

1. Les controverses existantes sur le développement des biocarburants

1.1. Les controverses technologiques sur la production

Plusieurs controverses subsistent dans le secteur des biocarburants à base de Jatropha. Elles portent essentiellement sur la production et la transformation du Jatropha.

- **Les controverses sur la production de Jatropha :**

Ces controverses portent sur les conditions d'obtention des rendements de la culture. Introduite au départ comme une plante pouvant produire des rendements élevés même sur des terres marginales (Pellet and Pellet, 2007), le constat en est différent à tel point que les investissements consentis sous cette hypothèse deviennent précaires. Les résultats disponibles sur les premières plantations, ne donnent pas de rendement satisfaisant sur des terres marginales (Tatsidjodoung et al., 2012). Il y a un manque de connaissances sur les conditions de mise en culture du Jatropha.

La mise en culture au niveau des agriculteurs s'est ainsi faite sans réelle connaissance au préalable des besoins en investissement (temps, capital). Chaque promoteur recommande une conduite technique différente, ne favorisant pas ainsi une standardisation de la conduite culturale. Cette absence d'harmonisation entraine une confusion chez les agriculteurs qui ne savent plus, laquelle des recommandations conduit à de meilleurs rendements.

Ces controverses soulignent le besoin de connaissances afin d'éclairer les producteurs pour l'insertion et la diffusion du Jatropha dans le système agraire. Il est fondamental de disposer à

cet effet de connaissances fiables sur: (i) la capacité de la plante à s'adapter aux sols pauvres et à la variabilité pluviométrique, (ii) sa sensibilité aux maladies et aux ravageurs, (iii) ses performances agronomiques en fonction des types de sol et des modes de conduite de sa culture (en culture pure ou associée, avec plus ou moins d'intrants, avec ou sans irrigation), (iv) la durabilité économique (rentabilité comparée à d'autres spéculations) et environnementale (effet possible de la multi-toxicité de la plante) de la culture.

La recherche actuelle observée au niveau du secteur n'a pas apporté d'éclairages précis sur ces questionnements, ce qui n'incite pas les agriculteurs à se lancer dans l'activité de production de Jatropha. La conséquence de ce déficit de connaissance pour l'activité agricole est la faible fourniture en matière première (graine de Jatropha) pour la production de l'output du SI biocarburant.

❖ **Les controverses sur la transformation**

Du côté de la transformation, malgré les différentes conférences et ateliers, il y a toujours une absence de standards de qualité de l'huile végétale carburant (HVC). Les unités de transformation sont de tailles et de technologies différentes. Ceci se traduit par la coexistence de deux méthodes de pressage : le pressage sans torréfaction et le pressage avec torréfaction. Ces deux types de pressage présentent des taux d'extraction différents mais également des qualités d'huile variables (Vaitilingom, 2007).

L'absence d'harmonisation des choix technologiques tout le long de la filière biocarburant résulte de la faiblesse des interactions entre les chercheurs et les producteurs (agriculteurs, transformateurs, etc.). Ces interactions en dépit des conférences s'avèrent peu nombreuses ou inappropriées.

1.2. Les controverses sur les trajectoires de développement

Le choix de la trajectoire de développement des biocarburants soulève de nombreux débats notamment sur leurs impacts relatifs aux conditions de vie (sécurité alimentaire et foncière, revenu). En outre, la question sur le choix de la forme organisationnelle, à même de favoriser le développement du secteur des biocarburants constitue également un élément supplémentaire pour ces débats. Cette controverse porte sur les deux trajectoires de développement (cf chapitre 2).

❖ **La trajectoire « électrification rurale » ou modèle « circuit court »**

Cette trajectoire est présentée comme une stratégie qui va favoriser la décentralisation des sources de production d'énergie. Elle est perçue comme une alternative allant permettre aux populations marginalisées d'avoir un accès financier et physique à de l'énergie moderne. L'ensemble des acteurs de production (agriculteurs, industriels et utilisateurs) est circonscrit dans une même localité géographique.

Mise en avant par certains promoteurs de projets, cette trajectoire devrait permettre un accès aux services énergétiques en milieu villageois et par conséquent favoriser le développement d'activités génératrices de revenus (intensification de l'agriculture, transformation des produits agricoles, diversification des activités économiques…). Plusieurs études prétendent une facilité de mise en œuvre sur le plan technique de cette trajectoire, du fait de la faible mobilisation des terres et des investissements (Rossi and Lambrou, 2009; Brittaine and Lutaladio, 2010; J. Blin et al., 2011).

Les avantages énoncés ci-dessus se fondent sur l'hypothèse que la proximité géographique et organisationnelle devrait engendrer des externalités positives telles qu'une meilleure circulation de l'information, un partage du capital cognitif, etc.... (La mise en évidence de l'importance de ces externalités est faite dans le chapitre 6). Une meilleure circulation de l'information ou le partage d'un capital cognitif s'avère important pour le développement des biocarburants dans la mesure où ils contribuent à réduire le risque, l'incertitude et à économiser les coûts de transaction.

Cependant pour créer les externalités dans cette trajectoire dite de « circuit court », cela suppose de lever certaines contraintes liées à la capacité des acteurs à se prendre en charge et à développer une action communautaire pérenne à la fois pour la gestion des plantations et des équipements de presse et l'organisation de la filière depuis la plantation jusqu'à l'utilisation de l'énergie. En outre, il s'agit de résoudre le problème de la faiblesse de la capacité financière des bénéficiaires potentiels à savoir les ruraux afin de pérenniser la production de la matière première ainsi que de la transformation.

- **La trajectoire « transport » ou modèle dit « circuit industriel »**

On observe le développement d'une autre trajectoire de développement des biocarburants dans les pays soudano-sahéliens. Il s'agit de la trajectoire dite « circuit industriel ». Cette trajectoire à l'instar des filières agroalimentaires consiste à placer les producteurs agricoles uniquement comme des fournisseurs de matières premières. Le produit final est destiné pour

une consommation urbaine (le secteur du transport ou la production d'électricité dans les centrales).

Le développement de cette trajectoire repose sur la mise en place d'un réseau d'approvisionnement pérenne en matière première et d'un système de distribution du biocarburant performant. Bien implémentée, cette trajectoire pourrait entrainer une réduction du coût de l'électricité, la rendant ainsi accessible dans les zones rurales. La conséquence de la baisse du coût de l'énergie serait l'augmentation de la disponibilité et l'accessibilité de cette énergie aux populations et par conséquent à une amélioration des conditions de vie.

Par ailleurs, du côté des centrales électriques, cette trajectoire devrait générer des crédits carbones qui seront mis sur le marché international du carbone (marché de droit à polluer ou marché volontaire). En outre, cette trajectoire permettrait une diminution importante de la facture pétrolière pour les pays exportateurs d'hydrocarbures.

Cependant cette trajectoire de développement requiert une capacité d'approvisionnements en matière première très élevée. Elle implique une mobilisation importante de ressources foncières, ce qui pourrait se faire au détriment des productions alimentaires (Cotula et al., 2008). En outre, cette trajectoire nécessite des investissements conséquents et une organisation importante pour assurer un approvisionnement régulier en matières premières.

Au vue de ces deux modèles de développement de la filière biocarburant, le problème de choix se pose avec acuité pour les décideurs politiques. La question posée est lequel de ces modèles est-il capable de réussir dans le contexte actuel du pays ? Pour l'instant, on observe le développement de ces deux modèles au niveau du pays.

2. La faiblesse des interactions au sein du système acteur

Malgré la mise en place de plusieurs plateformes d'échange, le réseau sociotechnique en place a des difficultés à produire les résultats escomptés à savoir l'efficacité en matière d'innovation et de production des biocarburants. Les raisons qui expliquent cette situation sont la faiblesse des échanges et la coordination des actions. Les sphères du SI biocarburant demeurent toujours faiblement intégrées les unes aux autres.

2.1. Les défaillances dans l'articulation entre la recherche et les pouvoirs publics : absence de normes techniques sur la production

Une faiblesse d'interaction entre la sphère de la recherche et les institutions politiques s'observe dans le secteur des biocarburants. Ceci est constaté à travers l'inexistence actuelle d'une politique règlementaire avec des objectifs bien détaillés au niveau du secteur des biocarburants.

La recherche, n'ayant pas encore stabilisé des résultats (standard de production, normes, connaissances des conséquences sociales sur les choix technologique, etc...) permettant la définition d'une stratégie précise, interagit avec les pouvoirs publics de manière sporadique sur des aspects généraux. Ainsi, à défaut de tenir une posture de « *wait and see* », les pouvoir publics ont élaboré sur la base des résultats actuels de la recherche un document stratégique pour la promotion des innovations en matière des biocarburants.

Le document « politique cadre sur les biocarburants » qui marque la volonté de l'Etat à s'engager dans le développement des biocarburants n'est pas clairement formalisé par une stratégie cohérente. Il évoque trois conditionnalités (adéquation avec la sécurité alimentaire ; protection de l'environnement, de la biodiversité et du développement durable ; respect de la paysannerie traditionnelle) que doit respecter tout projet biocarburant, sans établir des prescriptions d'incorporation des biocarburants dans le transport, ni des normes des normes de qualités de ces biocarburants. Aucun objectif quantifié, ni de politique fiscale ne sont définis, malgré l'existence du CICAFIB. Cette situation ne favorise pas la production de biocarburant, ni l'émergence du marché. Elle conduit à la faible productivité et performance actuelle du SI biocarburant.

2.2. Le problème de leadership au sein des acteurs publics

Du coté des pouvoirs publics, la faible coordination des institutions publiques dans l'encadrement du développement de la filière se traduit par des directives souvent contradictoires sur le terrain. Cette absence de coordination des actions est observée dans la plupart des SI au niveau des pays du sud (Intarakumnerd et al., 2002; Lundvall et al., 2006).

Le ministère de l'agriculture devant être au cœur de l'activité se trouve en second plan derrière le ministère de l'énergie. Les acteurs et instances publique en charge de l'agriculture s'impliquent très faiblement dans cette activité. Aucune directive en matière de production du

Jatropha n'est donnée par le ministère de l'agriculture. Les rares initiatives paysannes qui ont bénéficiées d'un appui de la direction provinciale de l'agriculture étaient pour la mise en place de groupement de producteurs de Jatropha. Elles ont été d'ailleurs stoppées du fait que le Jatropha étant une plante forestière, sa promotion relève des services de l'environnement (Janin et Ouedraogo, 2009).

Du côté de la production et de la transformation, on constate une faible organisation. Chaque promoteur agit de son côté. Il y a un esprit de méfiance et de concurrence entre les promoteurs de biocarburants au Burkina Faso. Cette situation décrédibilise les promoteurs vis-à-vis des services déconcentrés de l'Etat et des producteurs. Les producteurs de Jatropha également ne se sont pas organisés en groupement. Les rares initiatives de groupement de producteur se font sous l'impulsion d'un promoteur dans une logique de captation de subventions.

Conclusion

La production des biocarburants, fondée sur l'hypothèse selon laquelle son usage serait une opportunité de développement économique a connu plusieurs étapes au Burkina Faso. L'analyse historique de la production de biocarburant fait ressortir trois périodes importantes ayant eu une influence dans le développement des biocarburants. La première période concerne la mise en place des programmes de recherche sur la valorisation énergétique de la culture du Jatropha. La seconde est l'arrivée massive des projets de production de biocarburants à base de Jatropha. Enfin la troisième période est marquée par l'implication des pouvoirs politiques à travers l'intégration des biocarburants dans l'agenda politique et l'élaboration de politique autour du développement des biocarburants.

Cette évolution en plusieurs étapes a favorisé l'intégration progressive des parties prenantes jusqu'à la configuration actuelle SI biocarburant. L'activation des différentes fonctions de ce SI biocarburant s'est fait à travers les différentes conférences sur les biocarburants. Ces conférences constituent une innovation institutionnelle et organisationnelle qui oriente les investissements dans le secteur biocarburant en émergence. Elles jouent en effet un rôle structurant dans le développement de ce secteur à travers la création de connaissances, la mutualisation des bases d'informations expérimentales. Elle participe à orienter la recherche et à activer les interactions entre les acteurs du secteur publics et privés.

En dépit des investissements (financiers, technologiques, cognitifs) réalisés dans le secteur des biocarburants, la production actuelle de biocarburants reste faible voir nulle. L'absence de

biocarburant sur le marché burkinabé est la résultante d'un faible approvisionnement en graines de Jatropha pour la production de biocarburant. Le SI biocarburant n'a pas fourni suffisamment de ressources pour la mise en culture du Jatropha par les agriculteurs. Ceci trouve une explication dans les défaillances du SI biocarburant que sont (i) la difficulté d'avoir des référentiels sur les conditions technologiques de développement du Jatropha ; (ii) la multiplicité des acteurs institutionnels et l'absence de concertation entre eux ; (iii) l'absence d'une politique agricole incitative pour la production du Jatropha.

Par ailleurs, l'analyse SI biocarburant permet de montrer l'incomplétude dans le sens où certains de leurs aspects sont inefficients ou simplement inexistants. Les différentes sphères du SI biocarburant demeurent faiblement intégrées les unes aux autres. A cet effet étant donné que l'analyse revêt un caractère a posteriori (ex-ante), l'utilisation de l'approche système d'innovation a favorisé la compréhension de la structuration et de l'émergence d'un système d'innovation sectoriel. Par ailleurs, cela a permis de mettre en évidence l'influence des arrangements institutionnels dans le développement des biocarburants.

Partie 2 : Caractérisation ex ante des déterminants microéconomiques et territoriaux de l'adoption du Jatropha

Introduction de la deuxiéme partie

Le SI biocarburant rencontre actuellement des difficultés à produire des biocarburants nécessaires à la transition énergétique envisagée par le pays. Ces difficultés trouvent leur origine au niveau de la production de matière première. La production agricole à vocation énergétique est actuellement faible pour permettre le fonctionnement des industries de production de biocarburant. L'instabilité de l'approvisionnement en matière agricole constitue un verrou au développement des industries de transformation et en corollaire le secteur biocarburant.

La faiblesse de l'offre agricole s'explique par une faible diffusion des cultures énergétiques. Ce constat souligne que le SI biocarburant n'a pas su inciter l'intérêt des agriculteurs dans le processus d'innovation à travers le développement de connaissance sur les conditions d'adoption du Jatropha. La connaissance des facteurs qui influencent l'adoption de la culture du Jatropha permet de mettre en place des conditions favorables à sa diffusion.

Pour cela, nous proposons dans cette partie de mettre en évidence au niveau microéconomique les facteurs qui influencent sur l'adoption du Jatropha. Nous référencerons dans cette partie, en quoi et comment les anticipations des impacts microéconomiques du développement des biocarburants rétroagissent sur les phases de mise en œuvre des technologies que tentent de disséminer les incitations politiques de la première partie. En effet, nous analyserons les perspectives de rentabilité de la culture du Jatropha ; présentée comme le vecteur moteur de la mise en culture du Jatropha au Burkina Faso, qui structurent les processus d'adoption des producteurs. Ainsi nous évaluerons l'impact du développement du Jatropha sur la sécurité alimentaire des agriculteurs (chapitre 5).

De plus, nous allons montrer à travers une modélisation économétrique, les facteurs socio-économiques et institutionnels qui influencent la mise en culture du *Jatropha curcas* par les agriculteurs en tant que technologie de biocarburants (chapitre4). L'idée centrale de ce chapitre est de révéler sur la base des données receuillies auprès des agriculteurs, les facteurs qui influencent l'adoption de la culture de Jatropha. Ainsi l'analyse économétrique va permettre de tester les arrangements organisationnels promus qui influencent sur la décision d'adoption du Jatropha. Ces arrangements concernent notamment la mise en place de dispositifs d'apprentissage et de renforcement de connaissances (information, formation, assistance technique) et l'établissement de contrat d'achat du Jatropha.

Ces arrangements renseignent sur le besoin de proximité entre les acteurs afin de stimuler l'adoption du Jatropha. De ce fait, nous proposons de montrer l'influence de la proximité des différents agents de la filière sur la décision des agriculteurs à adopter la culture du Jatropha (chapitre 6). Ainsi à travers une analyse territoriale, on cherchera à mettre en évidence les effets d'agglomération qui jouent un rôle important dans l'adoption du Jatropha par les agriculteurs. Ces effets d'agglomérations sont relatifs au degré de proximité spatiale des phases de la filière production-transformation-utilisation de l'énergie.

CHAPITRE 4 : Econométrie des déterminants d'adoption des cultures bioénergétiques

Introduction

La production de Jatropha est médiatisée ces dernières années pour ses qualités en tant que matière première pour l'industrie des biocarburants. Cet intérêt est porté par ses potentialités comme source potentielle de production de biodiesel et de diversification des revenus pour l'agriculture familiale (Mapemba et al., 2013). Cette médiatisation a encouragé l'investissement dans la production du Jatropha dans plusieurs localités du Burkina Faso.

Malgré un démarrage de la production en 2007, on constate au niveau du terrain, une faible mise en culture du Jatropha entravant par conséquent le développement de l'industrie de transformation des graines en biocarburant. Plusieurs raisons peuvent expliquer cet état de fait. Bien qu'il ait eu de plus en plus de projet d'investissement sur le Jatropha depuis 2007, il n'y a aucune connaissance sur les déterminants d'adoption de la culture du Jatropha dans le contexte burkinabé. Les décisions d'investissement et de production du Jatropha sont faites sur la base de peu d'informations factuelles (Brittaine and Lutaladio, 2010).

L'objet de ce chapitre est de fournir une compréhension des facteurs socio-économiques et institutionnels qui influencent la mise en culture du Jatropha par les agriculteurs. Nous mobilisons pour cela, une modélisation économétrique pour tout d'abord, déterminer les facteurs qui influent sur l'adoption du Jatropha, et ensuite pour évaluer les facteurs qui influencent l'intensité d'adoption de la culture de Jatropha en tant que matière première du secteur des biocarburants.

Pour ce faire, nous évaluons ex-post (c'est-à-dire à posteriori) les raisons qui expliquent la décision d'adoption ou non-adoption du Jatropha. La finalité de l'approche est d'identifier les caractéristiques des exploitations et de l'environnement qui peuvent significativement freiner ou motiver les décisions d'adoption.

I. Cadre conceptuel de l'analyse des déterminants d'adoption

1. Hypothèses de déterminants de l'adoption d'une innovation agricole

L'adoption de l'innovation en agriculture a été largement abordée depuis les travaux de (Griliches, 1957). Différents auteurs ont réalisé des revues sur le sujet (Feder and Umali, 1993; Abadi Ghadim and Pannell, 1999; Marra et al., 2003). Selon la théorie néoclassique, les agriculteurs adoptent de nouvelles technologies si elles leur apportent des avantages économiques nets (Scherr, 2000; Kabunga et al., 2012). Toutefois, il est établi que la raison pour laquelle les agriculteurs adoptent une nouvelle technologie va au-delà de la théorie néoclassique. De nombreuses études ont analysé les variables qui influencent l'adoption de nouvelles technologies dans le secteur agricole (Feder et al., 1985; Doss, 2006; Matuschke and Qaim, 2009). En règle générale, les variables affectant l'adoption d'une nouvelle technologie ont été classées dans les groupes suivants : a) le capital humain ou variable sociopersonnelle, b) les facteurs structurels et c) le capital social (Lapar and Pandey, 1999; Lichtenberg, 2001; Kabunga et al., 2012). En ce qui concerne le capital humain, il est d'usage d'évaluer l'effet de l'âge, du sexe, de l'éducation, de l'alphabétisation, et de l'expérience et de la formation agricoles. Parmi les facteurs structurels, la taille des exploitations et le revenu des ménages ont été largement analysés. Enfin, des études récentes ont mis l'accent sur les effets de l'accès aux réseaux sociaux sur la perception d'une nouvelle technologie par l'agriculteur et leurs conséquences sur le processus d'adoption (Winters et al., 2004; Kabunga et al., 2012; Maertens and Barrett, 2013).

Par ailleurs, un des facteurs le plus souvent omis dans ces études est la perception qu'a l'agriculteur des caractéristiques de l'innovation qui lui est proposée. Dans le cas du Jatropha, la perception occupe une place importante dans la construction de la décision d'adoption des agriculteurs (Mukuruba, 2013)

En plus des perceptions intrinsèques aux attributs de l'innovation, d'autres études ont montré que le risque joue un rôle important dans le processus d'adoption de nouvelle technologie, nouvelle culture et nouvelle pratique (Moschini and Hennessy, 2001; Akay et al., 2009). En effet, la décision d'adoption des agriculteurs est fonction de la perception du profit espéré, de la perception du risque et de leur attitude face au risque (Abadi Ghadim and Pannell, 1999). Des travaux aux Cameroun sur l'introduction de nouvelles varités d'agrumes (Dury and Temple, 1999) confirment le poids de l'aversion aux risques dans leur décision

d'investissement en privilegeant les variétés qui diminuent les revenus moyens espérés mais offrent par leur rusticité une plus grande stabilité.

En ajoutant l'attitude au risque dans le modèle d'adoption, l'agriculteur maximise son utilité espérée plutôt que le profit espéré (Choudhury and Goswami, 2013). Cette différence montre que l'adoption des innovations est moins probable dans des conditions où le risque et l'incertitudes sont relativement élevés pour les individus (Abadi Ghadim and Pannell, 1999).

La figure ci-dessous refait le recaptulatif des déterminants de la décision individuelle d'adoption des innovations agricoles.

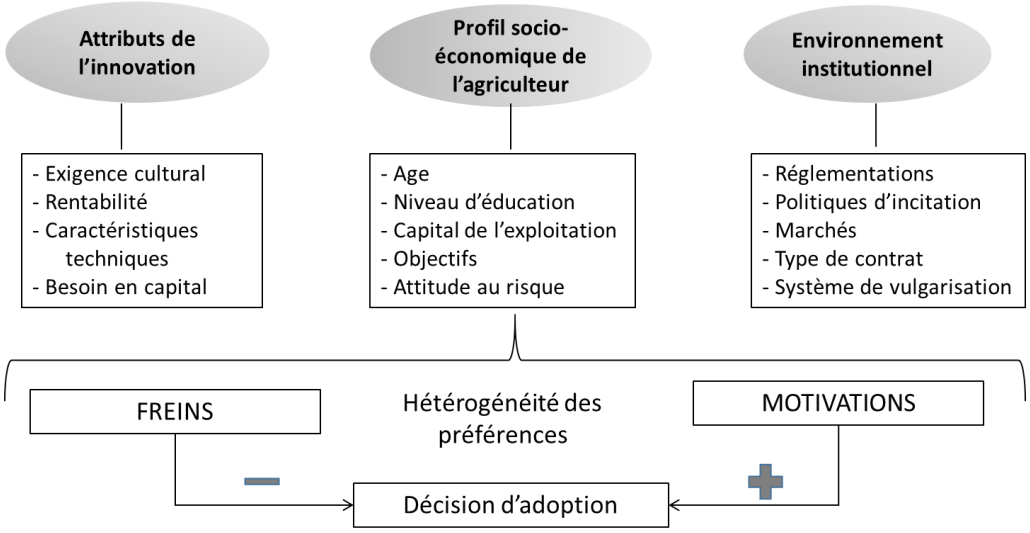


Figure 8 : Représentation conceptuelle des déterminants de la décision individuelle d'adoption d'innovations. Adapté de Blazy 2012

2. Modélisation empirique des déterminants de l'adoption du Jatropha

Dans la littérature économétrique, trois modèles ont été fréquemment utilisés pour analyser l'adoption des nouvelles technologies : (a) les modèles avec probabilité linéaire, (b) la fonction logistique (Logit) et (c) les fonctions avec densité normale (probit) (Ayuk, 1997; Adesina et al., 2000; Mazvimavi and Twomlow, 2009). Ces modèles utilisent des variables à choix binaire comme variable dépendante (Blazy et al., 2011). Cependant, l'utilisation d'une variable de choix binaire comme une variable dépendante ne permet pas de capturer l'intensité d'adoption de la technologie qui varie selon les adoptants (Greene, 1997; Baidu-Forson, 1999; Brett, 2004). Pour surmonter ce problème, l'utilisation du modèle Tobit (Tobin, 1956) a été proposée pour l'analyse de l'intensité d'adoption où la variable dépendante est continue avec une limite zéro.

Le modèle Tobit est un modèle de régression à variable dépendante limitée, dans lequel la variable intensité d'adoption est censurée, c'est-à-dire qu'elle n'est pas observée pour les agriculteurs qui n'adoptent pas le Jatropha, et observée, c'est-à-dire non censurée pour ceux qui adoptent cette culture. Le modèle Tobit (ou modèle de régression normale censurée) permet de prendre en compte la censure des données concernant l'intensité d'adoption en supposant qu'à la fois les déterminants et les effets des déterminants sont identiques pour la probabilité d'adoption et pour l'intensité de cette adoption (Tobin, 1956; McDonald and Moffitt, 1980; Adesina and Baidu-Forson, 1995). De ce fait, nous allons chercher à vérifier dans le cas du Jatropha si les déterminants d'adoption sont identiques à ceux de l'intensité.

Pour ce faire, considérons un modèle où Y est un vecteur d'observation et X un vecteur de variables explicative de la variabilité de Y. Le modèle s'écrit comme suit :

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Où β est un vecteur de coefficient à estimer et Ɛ un vecteur d'inconnu qui représente l'effet des variables inobservées. L'hypothèse d'exogénéité des instruments suppose que pour tout individu i, lorsque ses X_i changent, son terme d'erreur $Ɛ_i$ n'a pas de raison de changer (ni celui des autres individus). C'est une condition très forte, dont dépendent la validité du modèle et la qualité des estimations. Cette hypothèse a deux conséquences immédiates : l'espérance des résidus est nulle et les distributions des variables des inobservées sont non corrélées. Une variable X_k qui est corrélée avec les résidus Ɛ est dite endogène.

La décision d'adoption des nouvelles technologies par les agriculteurs est basée sur la maximisation de leur utilité. Soit j = 1 la nouvelle culture c'est-à-dire le Jatropha et j = 2 l'ancienne culture, $U(M_{ji}, A_{ji})$ la fonction d'utilité du $i^{ième}$ agriculteur. Ceci implique que l'utilité dérivable du type de spéculation culturale dépend de M qui est le vecteur des caractéristiques socio-personnelles, structurelles et institutionnelles de l'adoptant et A le vecteur des caractéristiques associées à la culture. Bien que la fonction d'utilité ne soit pas observable, la relation entre l'utilité dérivée du type de culture est supposée être une fonction de vecteur observable des caractéristiques spécifiques de l'agriculteur, de la culture concernée et le terme aléatoire qui a une moyenne de zéro.

$$U_{ji} = x_j F_j (M_i , A_i) + e_{ji} \quad \text{avec} \quad j = 1, 2 ; i = 1, 2\ldots\ldots n \qquad \text{(Equation 1)}$$

Comme les fonctions d'utilité U_{ji} sont aléatoires, le i^{eme} agriculteur choisira l'alternative j = 1, si $U_{1i} > U_{2i}$ ou si la variable latente (c'est-à-dire une variable inobservée mais qui détermine complètement la réalisation de la variable indicatrice étudiée) est $I = U_{1i} - U_{2i} > 0$. La probabilité que Y soit égal à 1 (c'est-à-dire que l'agriculteur adopte la nouvelle culture) est fonction des variables indépendantes :

$$P_i = Pr\,(Y_i = 1) = Pr\,(U_{1i} > U_{2i})$$
$$= Pr\,[(x_1 F_i (M_i, A_i) + e_{1i} > x_2 F_i (M_i, A_i) + e_{2i}]$$
$$= Pr\,[e_{1i} - e_{2i} > F_i (M_i, A_i) (x_2 - x_1)]$$
$$= Pr\,[\mu_i > - F_i (M_i, A_i) \beta]$$
$$P_i = F_i (X_i, \beta) \qquad \text{(Equation 2)}$$

où X est une matrice de n x k variables explicatives b ; β est un vecteur de k x 1 paramètres à estimer ; Pr (.) est la fonction de probabilité et μ_i est évalué à X_i, β.

La probabilité que l'agriculteur adopte la culture du Jatropha est donc fonction du vecteur de variables explicatives, de paramètres inconnus et du terme d'erreur tel que décrit par l'équation 2.

La probabilité d'adoption est estimée par un modèle Probit où μ_i est un terme d'erreur normalement distribué avec une moyenne égale à zéro et un écart-type S^2 constant.

$$Y_i = X_i, \beta \text{ si } I = X_i \beta + \mu_i > T \text{ (adoption)}$$
$$= 0 \text{ si } I = X_i \beta + \mu_i < T \text{ (non adoption)}$$

où Y_i est la probabilité d'adoption de la culture du Jatropha, I la variable latente non observée qui reflète les effets combinés des facteurs influençant l'adoption du Jatropha et T le niveau seuil non observé.

Basées sur les procédures d'analyse multivariée du Probit, les équations suivantes examinent les facteurs qui influencent l'adoption du Jatropha :

$$I = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \beta_n X_n \quad \text{et} \quad Y = g(I)$$

Où $Y = 1$ si $I \geq T$ et $Y = 0$ si $I \leq T$

La procédure d'estimation en deux étapes d'Heckman (Heckman, 1979; Heckman et al., 2006; Puhani, 2000) est utilisée afin de contrôler le problème de biais de sélection de l'échantillon qui se pose souvent du fait de la classification arbitraire des adoptants et des non-adoptants. En premier lieu, il est nécessaire d'estimer la probabilité d'adoption avec un modèle probit. La seconde étape consiste à réaliser l'estimation de l'intensité d'adoption. Cette estimation est obtenue par les moindres carrés ordinaires à l'aide des observations pour lesquelles Yi > 0. La procédure d'estimation d'Heckman permet ici non seulement de lever l'hypothèse d'égalité des coefficients entre la probabilité d'adoption et l'intensité, mais également de contrôler l'existence d'un biais de sélection dans la population. Le biais de sélection est lié au fait que les individus s'autosélectionnent par leur décision d'adoption du Jatropha. Dans ce cas, il doit exister un biais d'omission de variable dans l'équation d'intensité d'adoption (Greene, 1997) dont l'ampleur est donnée par l'inverse du ratio de Mills. L'introduction de cette variable dans l'équation d'intensité permet de corriger le biais.

3. Sélection des variables potentielles pour l'explication de l'adoption du Jatropha

L'analyse économétrique établit l'influence avérée de certaines variables explicatives de l'adoption et de l'intensité d'adoption du Jatropha (superficie du Jatropha divisée par la superficie de l'exploitation). S'inspirant de la littérature sur les études d'adoption des technologies agricoles, les variables (Cf Annexe 5) sont supposées influencées la décision de l'agriculteur à planter ou non la culture du Jatropha. Ces variables candidates pour l'explication de l'adoption du Jatropha sont relatifs aux caractéristiques socio-professionnelles de l'agriculteur (genre, âge, éducation, activité principale, perception du Jatropha), caractéristiques structurelles de l'exploitation (localité, distance à une route, SAU, nombre d'individu de l'exploitation, nombre de main d'œuvre familiale, couverture alimentaire, opportunité de travail non agricole), et aux ressources institutionnelles de l'exploitation (prix contractuel, groupement, marché, relation avec le promoteur, accès à l'information, à l'assistance, à la formation).

Description des variables candidates

Variables socio-personnelles

- *Genre de l'agriculteur* : variable binaire qui prend la valeur 1 lorsque l'enquêté est un homme et 0 sinon. L'hypothèse souvent émise concernant cette variable est que les

exploitants hommes ont plus accès à la terre et à ce titre peuvent emblaver une nouvelle culture (Ouedraogo, 2003). On s'attend donc à ce que l'adoption du Jatropha soit positivement influencée par le sexe de l'agriculteur.

- *Age de l'agriculteur* : cette variable est utilisée comme un *proxy* de l'expérience agricole de l'agriculteur. Le signe attendu de cette variable ne peut être défini à l'avance. En effet, tandis que certaines études (Sall et al., 2000; Adegbola and Adekambi, 2008; Goswami et al., 2012) ont montré que les producteurs âgés adopteraient plus facilement les nouvelles cultures que les jeunes, d'autres telles que celles de (Zegeye et al., 2002; Ouedraogo, 2003) ont abouti à une conclusion contraire. Ces contradictions de résultats sur le rôle de l'âge dans l'adoption sont confirmées dans d'autres situations comme l'adoption de nouvelles cultures au Cameroun (Temple and Minkoua, 2013).
- *Niveau d'éducation du producteur* : variable à trois modalités (0 sans instruction, 1 niveau primaire, 2 niveau secondaire et plus). L'instruction (indicateur de capital humain) accroît l'habileté de l'agriculteur à efficacement utiliser les inputs et à choisir la meilleure technologie parmi un certain nombre d'alternatives (Rahman, 2003). Ainsi, nous supposons que plus le niveau d'instruction d'un agriculteur est élevé, et plus il adoptera la culture du Jatropha.
- *Perceptions du Jatropha* : variable à trois modalités (1 culture de rente, 2 production de carburant, 3 protection des sols). L'adoption d'une innovation agricole dépend des perceptions que les agriculteurs ont sur cette dernière. De fait, l'utilité perçue du Jatropha influence l'adoption de cette culture.

Variables structurelles

- *Localité de production :* Variable à trois modalité (1 Barsalogho, 2 Zorgho, 3 Léo). La prise en compte de cette variable dans l'analyse a pour objectif de montrer la différence en termes d'adoption du Jatropha dans les trois zones de l'étude. Ceci permet en effet d'appréhender les caractéristiques spécifiques de chaque zone favorable à l'adoption du Jatropha.
- *Distance de l'exploitation à une route* : variable utilisée comme un proxy du niveau d'enclavement de l'exploitation agricole. Cette variable renseigne sur l'accessibilité au marché de l'exploitation. Elle représente la distance en km entre l'exploitation et le lieu de vente du Jatropha. Il est donc espéré une corrélation positive entre cette variable et l'adoption de la culture de Jatropha.

- *Superficie de l'exploitation* : elle renseigne sur la taille des exploitations étudiées. L'hypothèse émise est que plus l'agriculteur possède de terres, et plus grande sera la probabilité d'adopter la culture du Jatropha. En effet les risques de concurrence avec d'autres cultures sont alors diminuées voir l'aversion pour le risque à de nouveaux investissements est plus faible.
- *Effectif ou nombre d'individu dans l'exploitation* : cette variable représente le nombre de personne à charge de l'exploitation. L'hypothèse que nous posons est que plus le nombre d'individu de l'exploitation est élevé (par conséquent de « bouche à nourrir ») et plus l'agriculteur serait réticent pour l'introduction d'une nouvelle culture dont il ne dispose pas d'ample connaissance comme c'est le cas du Jatropha.
- *Disponibilité de la main d'œuvre agricole*. C'est une variable continue qui représente le capital travail de l'exploitation. Le nombre de main d'œuvre familiale est un facteur de production importante en agriculture familiale (Bainville, 2000; Hermelin and Lagandré, 2009). De ce fait, une exploitation qui dispose d'une main d'œuvre importante présente plus de chance d'introduire une nouvelle spéculation.
- *Couverture alimentaire.* C'est une variable binaire qui prend 1 si la production annuelle des céréales couvre les besoins de l'exploitation. L'alimentation en milieu rural au Burkina Faso étant constitué à majorité de céréales (Ouedraogo et al., 2007) alors l'autosuffisance en céréales des exploitations est gage d'une sécurité alimentaire. Cette variable est construite sur la base des informations que les agriculteurs ont renseignées sur le nombre d'années d'insuffisance céréalière qu'ils ont connu les 10 dernières années. Les exploitations ayant connu au minimum 5 années sont considérées comme des exploitations présentant une insuffisance structurelle en céréale, donc d'insécurité alimentaire. Dans de telle situation, l'introduction d'une nouvelle culture que l'agriculteur pressent comme un vecteur de réduction de sa capacité de production est fort peu probable (Dufumier, 1996; Alary, 2006; Ouedraogo, 2010). L'hypothèse posé ici est que plus une exploitation couvre ses besoins en céréale, plus grande sera sa probabilité d'adopter une nouvelle culture non alimentaire telle que le Jatropha.
- *Opportunité d'activité non agricole*. Cette variable renseigne sur la présence d'activités génératrices de revenu dans la zone de production du Jatropha. Le développement d'activité non agricole en milieu rural entraine une délocalisation de la main d'œuvre agricole notamment la jeunesse vers ces activités. De ce fait, la disponibilité de de travail non agricole dans une localité influence négativement l'adoption de la culture de Jatropha.

Variables institutionnelles

- *Appartenance à un groupement*. variable dichotomique qui prend 1 si l'agriculteur est membre d'un groupement, et 0 sinon. Cette variable est indicatrice de la possibilité d'échange de connaissances que les agriculteurs disposent. L'appartenance à un groupement est supposée affecter positivement l'adoption du Jatropha.
- *Prix attendu du Jatropha*. C'est un indicateur de la perspective de rentabilité de la culture. Une nouvelle culture dont le prix attendu est élevé, incitera l'agriculteur à emblaver cette dernière afin d'améliorer le revenu de l'exploitation. L'hypothèse est donc que la variable prix influence positivement la probabilité d'adoption de la culture du Jatropha.
- *Marché de vente de la graine*. Variable à trois modalités (1 exploitation, 2 village, 3 pays). La situation du marché par rapport à l'exploitation a une influence sur l'assolement des agriculteurs. L'hypothèse est que la proximité du lieu de vente du Jatropha influence positivement la probabilité d'adoption du Jatropha.
- *Contact avec les promoteurs de projet*. Variable binaire (1 l'agriculteur a des contacts réguliers avec les agents de vulgarisation du promoteur, et 0 sinon). Cette variable renseigne la proximité du promoteur par rapport aux agriculteurs. Cette proximité qui favorise les interactions permet aux agriculteurs de disposer d'informations et de connaissances sur la conduite culturale et la finalité de la culture du Jatropha. On espère donc que la variable affecte positivement la probabilité d'adoption du Jatropha.
- *Accès à l'information*. variable binaire qui prend 1 lorsque l'agriculteur a accès à l'information et 0 sinon. Cette variable renseigne sur l'accessibilité aux connaissances sur le Jatropha de l'agriculteur. L'accès à l'information permet à l'agriculteur de se construire un capital « connaissances » autour de l'activité et de développer ainsi une attitude positive vis-à-vis de cette dernière. Il est espéré une corrélation positive entre l'adoption du Jatropha et l'accessibilité à l'information.
- *Participation à une formation spécifique sur la culture du Jatropha*. C'est une variable binaire (1 l'agriculteur a participé au moins a une formation et 0 sinon. Cette variable approxime la compétence de l'agriculteur sur la Jatropha du fait que les individus ayant suivi une formation disposent de connaissances et de savoir-faire favorisant l'exercice de l'activité. On suppose alors une influence positive de cette variable sur l'adoption du Jatropha.
- *Assistance pour l'activité*. Variable binaire (1 l'agriculteur bénéficie d'une assistance, et 0 sinon) qui indique l'existence d'un soutien pour la production du Jatropha. Ce soutien

concerne notamment l'assistance matériel (semences, plants, outils, etc.), l'octroi de crédit et aussi l'appui technique. On suppose alors que l'assistance présente une influence positive sur la probabilité d'adoption du Jatropha.

Les variables susmentionnées sont supposées influencer la probabilité ainsi que l'intensité d'adoption du Jatropha. Nous allons décrire comment ces variables ont été renseigné et ensuite nous procéderons au test économétrique pour voir si ces dernières influencent l'adoption et si oui de quelle manière.

II. Zone d'étude, sources des données et stratégie d'échantillonnage

1. Choix de la zone d'étude et collecte des données

Les données collectées concernent la campagne agricole 2011-2012 et proviennent de 480 agriculteurs sélectionnés de façon aléatoire dans 3 provinces (cf. Tableau 6). Le choix de ces trois provinces s'est fait sur la base d'une typologie des modèles de filière qui se développent au niveau du terrain. Cette typologie a fait ressortir trois modèles (cf. Chapitre 6). Le tableau ci-dessous représente ces trois modèles de manière succinte avec les principales composantes de discrimination.

Tableau 5 : les différents archétypes de développement des biocarburants au Burkina Faso.

Typologie des filières de Jatropha	Spatialité de la filière*	Capacité de transformation	Nature du produit final
Modèle 1 : local integré	Intégré[28]	Faible	Huile végétale carburant
Modèle 2 : production régional et/ou production urbaine	Intermédiaire	Grande	Huile végétale carburant et biodiesel
Modèle 3 : agro-industriel	Désintégré	Grande	Biodiesel

*_Spatialité de la filière_ indique le niveau de proximité géographique des différents agents de la filière de Jatropha.

Pour une question de représentativité, nous avons retenu dans le choix des zones d'enquête, un projet de chaque groupe. A travers ce choix, on vise à faire une comparaison des comportements des agriculteurs face à cette culture selon ces modèles. Les localités retenues à cet effet sont :

[28] Intégré signifie que l'ensemble des acteurs des différents maillons de la filière sont concentré sur une même localité.

- **Barsalogho** : commune rurale de la province du Sanmatenga ; zone d'activité du projet Impulsion catégorisé dans le modèle « local intégré ».
- **Léo** : commune de la province du Sissili ; zone d'activité du projet de production de biocarburant de la fondation Faso biocarburant. Elle est classée dans le modèle « production régionale ».
- **Zorgho** : province du Ganzourgou, zone d'influence de plusieurs projets biocarburant dont le plus connu est Belwet Sarl. Cette zone est représentive des projets biocarburants du modèle « agro-industriel ».

2. Plan d'échantillonnage

Les informations collectées sont relatives (i) aux caractéristiques socio-économiques et démographiques des agriculteurs interviewés ; (ii) aux différentes activités et stratégies du chef d'exploitation ; (iii) à l'identification des connaissances et du savoir-faire autour de la culture du Jatropha et (iv) à l'identification de l'environnement institutionnel accompagnant le développement de la culture du Jatropha.

Faute de disposer d'une connaissance absolue sur les populations cibles, un échantillonnage raisonné a été utilisé. Cette méthode d'échantillonnage consiste à faire une typologie sur la population cible et d'effectuer la sélection des individus à l'intérieur de chaque groupe crée afin d'avoir une représentativité. A travers cette méthode, l'hétérogénéité des individus se réduit et permet de construire un échantillon représentatif dont les informations produites sur la base de ce dernier pourraient être généralisables à l'ensemble de la population (Beaud and Weber, 2003).

L'échantillonnage raisonné dans notre étude s'est appuyé sur les variables telles que la superficie ou le nombre de plants, l'année de plantation et le mode de plantation. Les modalités de ces variables sont comme suit :

- Nombre de plants : [0, 200], [200, 600] et [600, + ∞[
- Année de la première plantation : avant 2008, 2008/2010, après 2010
- Mode de plantation : Haie vive, vergers, mixte

Le tableau ci-dessous montre l'échantillon des producteurs de Jatropha obtenu au niveau de chaque zone d'enquête. Dans une optique comparative, nous avons procédé dans les mêmes conditions au choix des agriculteurs non producteurs du Jatropha.

Tableau 6 : tableau d'échantillonnage

	Barsalogho			**Zorgho**			**Léo**		
	Non producteurs 44			**Non producteurs = 79**			**Non producteurs = 97**		
	Producteurs = 65			**Producteurs = 90**			**Producteurs = 104**		
	N < 200	200<N< 600	N> 600	N< 200	200 <N < 600	N> 600	N < 200	200 < N< 600	N > 600
Avant 2008	5	7	6	5	10	8	9	12	7
2008-2010	8	9	6	8	16	10	15	25	12
Après 2010	7	10	8	7	14	12	12	13	9
Total	20	24	19	20	40	30	36	40	28

III. Résultats de l'estimation économétrique

1. Caractéristiques socioéconomiques des répondants et structures des exploitations

L'échantillon compte 479 individus dont 259 producteurs de Jatropha. La commune de Barsalogho en compte 65 producteurs pour 109 enquêtés ; Zorgho 90 producteurs pour 169 enquêtés et Léo 104 producteurs pour 201 interviewés. L'échantillon compte 30 productrices de Jatropha. Les statistiques descriptives des variables explicatives utilisées dans la modélisation sont en annexe 6.

- ***Caractéristiques socio-personnelles***

L'âge moyen des exploitants enquêtés a été de 45 ans environ. Ceux ayant 40 ans et plus sont les plus nombreux (70%). Cette tendance s'explique par le fait que les jeunes ne disposent pas assez de terres pour emblaver le Jatropha ou sont plus intéressés par des activités non agricoles (petit commerce, transports publics et autres prestations de services). La majorité des enquêtés n'a pas été scolarisée (70%). Pour 4/5 d'entre eux, l'agriculture constitue la principale activité économique. 80% des exploitants agricoles interrogés sont propriétaires foncier des parcelles qu'ils exploitent.

La place du Jatropha dans le système de production varie suivant sa finalité. La superficie moyenne dédiée au Jatropha est d'environ un demi-hectare (environ 200 plants dans un espacement de 5X5). Plus de la moitié des chefs d'exploitation étudiés sont conscients du handicap que pose l'absence de sources énergétiques fiables dans leur localité. Ces derniers ont été plus nombreux que les autres à se lancer dans la culture du Jatropha pour une production énergétique locale. Cette perception du Jatropha en tant que culture énergétique a une influence positive sur l'adoption de la culture.

- ***Caractéristiques structurelles***

Les exploitations enquêtées comptent en moyenne 12 membres tandis que la moyenne nationale est de 15 (EPA[29], 2012). Dans les exploitations de plus de dix personnes, la proportion des adoptants de la culture du Jatropha (60%) a été supérieure à celle de l'échantillon global. Une exploitation à effectif élevé est plus disposée à produire du Jatropha ceci probablement du fait de la présence de main d'œuvre.

La distance moyenne des exploitations au lieu de vente du Jatropha est de 1.2 km. L'exploitation la plus éloignée est à 6 km. 70% des agriculteurs interrogés ont estimé que la route qui mène à leur exploitation était en bon état et donc susceptible de faciliter le transport des marchandises.

La superficie moyenne des exploitations enquêtées est d'environ 7 hectares. Cette superficie apparait plus élevée comparée à la moyenne nationale, estimée à 4 ha par la dernière enquête permanente agricole de 2012. En effet, cette différence s'explique par notre méthode d'échantillonnage qui s'est focalisée sur les producteurs de Jatropha considérés comme des grands exploitants.

Les chefs d'exploitation qui ont une activité secondaire, semblent moins s'intéresser à la culture de Jatropha (23%). Ceci est expliqué par le fait que le besoin de diversification est moins patent au niveau des exploitants ayant déjà des activités génératrices de revenu.

- ***Caractéristiques institutionnelles***

Les agriculteurs ayant reçu une formation sur la culture du Jatropha représentent 53% de l'échantillon. Parmi eux, 80% ont adopté le Jatropha contre 23% d'adoptant dans la population des agriculteurs qui n'ont pas bénéficié de formation. La formation semble influencer l'adoption du Jatropha.

Au sujet de la facilité d'accès aux informations, la tendance est semblable à celle de la formation. Les agriculteurs ayant accès à l'information (60% de l'échantillon) présentent une proportion d'adoptant plus grande (74%) que ceux n'ayant pas d'information (28%). L'assistance inhérente à la production du Jatropha se présente sous deux formes : assistance technique et l'assistance matérielles (plants de Jatropha, semences, matériels de plantation et d'entretien, etc.). Les agriculteurs ayant bénéficié au moins d'une de ces formes d'assistance

[29] EPA : Enquête permanente sur l'agriculture réalisée par la Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale (Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire)

représentent 45% de l'échantillon. 82% de cette population ont adopté le Jatropha. La population d'agriculteurs n'ayant eu aucunes formes d'assistance (environ 55% de l'échantillon) compte cependant 30% d'adoptants. La variable assistance contrairement à ce que l'on pourrait penser, ne suffit pas à faire adopter le Jatropha. Parmi les agriculteurs n'ayant pas adopté le Jatropha, 20% ont pourtant bénéficié au moins d'une de ces formes d'assistance (don de plant, de semence et même formation).

2. Résultat de l'estimation des modèles économétriques

La variable intensité d'adoption a été censurée, c'est-à-dire non observée pour les 46,3% des enquêtés qui n'ont pas adopté le Jatropha, et a été non censurée, c'est-à-dire observée pour les 53,7% qui adoptent la culture Jatropha. On a réalisé deux analyses économétriques de manière successive sur la probabilité d'adoption ou non, puis sur l'intensité d'adoption. Ainsi, les individus enquêtés font face à deux niveaux de choix. Le premier niveau - appelé équation de décision ou de sélection - correspond à la prise de décision d'adopter ou non le Jatropha. Le second - appelé équation de niveau ou de résultat - correspond au choix du nombre de pieds de Jatropha à mettre en place une fois que la décision d'adoption a été prise. Ce second niveau caractérise l'intensité de l'adoption du Jatropha.

Sur le plant méthodologique, nous proposons d'estimer cette variable intensité d'adoption par le rapport entre le nombre de plants de Jatropha mise en place et l'effectif de la main d'œuvre familiale de l'exploitation. Nous avons considéré l'analyse de l'intensité d'adoption sous cet angle car il reflète l'effort d'investissement de chaque exploitation à produire du Jatropha mais révèle également l'intérêt que l'agriculteur attache à la production du Jatropha. Pour une exploitation, plus le nombre de plants de Jatropha est élevé, plus l'effort d'investissement en termes de travail est grand pour l'exploitant, en supposant que tous les autres facteurs sont maintenus constants. En outre, une exploitation ayant une intensité d'adoption trop élevée signifie qu'il pourrait y avoir un conflit dans l'utilisation du facteur travail entre les cultures vivrières et le Jatropha.

Les résultats d'estimation des deux modèles (probabilité et intensité d'adoption) sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous. La méthode d'estimation a été celle de Heckman en deux étapes pour corriger les risques de biais de sélection. Le modèle intègre des variables qualitatives et quantitatives. Les modalités des variables qualitatives significatives s'interprètent par rapport à la modalité de référence retenue.

Tableau 7 : Estimation du modèle Tobit avec la méthode d'Heckman

Variables		**Adoption**		**Intensité d'adoption**	
		Coefficients	Significativité	Coefficients	Significativité
Variables socio-personnelles					
Genre		0,593	0,16	3,978	0,964
AGE		0,031	0,001***	1,092	0,499
Education	Aucun	0,136	0,771	-87,204	0,258
	Primaire	-0,651	0,179	-62,425	0,452
	Secondaire	mr		mr	
Activité principale		0,635	0,01**	-12,314	0,835
Perception	Rente	1,029	0,000***	4,495	0,919
	Energie	0,24	0,356	-8,813	0,863
	Environnement	mr		mr	
Variables structurelles					
Localité	Barsalogo	0,975	0,02**	-251,965	0,623
	Zorgho	0,411	0,115	-159,282	0,252
	Léo	mr		mr	
Distance route		0,021	0,783	-13,568	0,194
SAU exploitation		0,089	0,001***	1,484	0,058*
Effectif ménage		-0,1	0,04**	8,533	0,422
MO familiale		0,14	0,021**	-9,169	0,000***
Couverture alimentaire		0,771	0,02**	-26,005	0,477
Opportunité travail non agricole		0,066	0,775	-4,203	0,91
Variables institutionnelles					
Groupement		-	-	5,54	0,029**
Prix attendu		0,003	0,012**	0,07	0,69
Marché graine	Exploitation	-0,346	0,247	11,507	0,423
	Village	0,315	0,219	11,125	0,792
	Externe	mr		mr	
Contact promoteur		-0,788	0,004***	15,626	0,734
Accès information		0,545	0,024**	-0,342	0,996
Formation		0,533	0,03**	17,619	0,803
Assistance agricole		1,577	0,000***	4,047	0,085*
_cons		-4,295	0,000***	406,748	0,018**

Source : adaptation à partir de STATA 11.0

Nb. d'observations = 479 ; observations censurées = 222 ; observations non censurées = 257

χ 2 Wald (24) = 92,4 ; Prob > χ 2 < 0,000 ; F = 48,83 ; prob (F-statistic) < 0,01

Pseudo R^2 = 69,64 % ; Log pseudo likelihood = −100.40019. Le ratio de Mills permet d'apprécier l'existence ou non d'un biais de sélection dans l'adoption du jatropha. * p < 0,1 ; ** p < 0,05 ; *** p < 0,01 ; mr : modalité de référence

La validité d'ensemble des modèles estimés est analysée à l'aide de la statistique de Wald (χ^2) testant l'égalité à 0 de tous les coefficients du modèle. La statistique du Likelihood test, Wald χ^2 (24) = 92,4 est significative au seuil de 1 %. On peut donc conclure que les variables incluses dans le modèle contribuent de façon significative à l'explication de l'adoption et de l'intensité d'adoption de la culture de Jatropha par les agriculteurs. En appliquant le test de Hosmer-Lemeshow, on a pu vérifier qu'au seuil de 5%, l'ajustement du modèle est bon. En

effet, la probabilité de signification du test vaut 0.364, soit 36,4 %. De plus, l'estimation du modèle d'adoption est satisfaisante puisque le pseudo R^2 de la régression a atteint 0,69.

Sur l'ensemble des variables explicatives testées, treize ont expliqué de manière significative l'adoption de la culture de Jatropha. Elles sont réparties selon les variables comme suit : socio-personnelles [âge (+), activité principale (+), perception sur la culture de Jatropha (+)], structurelles [superficie agricole utile de l'exploitation (+), effectif de l'exploitation (-), main d'œuvre familiale utilisée dans l'activité agricole (+), couverture alimentaire de l'exploitation (+), localité de production (+)] et institutionnelle [contact avec des agents de développement de la culture du Jatropha (+), accès à l'information (+), disponibilité des formation (+), assistance technique (+), prix attendu de la graine (+)].

Sur l'ensemble des variables explicatives testées pour le modèle d'intensité, quatre variables expliquent de manière significative (au seuil de 10%) l'intensité d'adoption du Jatropha (tableau 3). Il s'agit de la superficie de l'exploitation (+), de l'effectif de la main d'œuvre familiale (+), de l'appartenance à un groupement de producteurs de Jatropha (+), et de l'assistance à la production (+).

La valeur numérique des coefficients des deux modèles (Probit et Tobit) n'a pas d'interprétation directe. La seule information réellement utilisable est le signe des paramètres, indiquant si la variable associée influence la probabilité à la hausse ou à la baisse.

IV. Mise en débat des résultats de l'analyse économétrique

1. Les déterminants de la probabilité d'adoption du Jatropha

La variable « âge » influence positivement la probabilité d'adoption de la culture du Jatropha. Ce résultat confirme les conclusions de l'étude menée au nord de l'Inde en 2013 sur l'analyse des déterminants d'adoption et d'expansion de la culture du Jatropha par Choudhury et Goswami. Cette étude montrait que, plus un agriculteur est âgé, plus sa probabilité d'adopter le Jatropha est importante. Les explications données dans la littérature à ce résultat est que les agriculteurs âgés auraient accumulé beaucoup d'expériences et de biens ou par préférence auraient accès à la terre ou disposeraient d'une main-d'œuvre importante compte tenu de leur âge (Sall et al., 2000; Adegbola and Adekambi, 2008; Goswami et al., 2012).

Dans notre cas de figure, la faible probabilité d'adoption observée chez les jeunes agriculteurs pourrait s'expliquer par le fait qu'ils ne sont généralement pas propriétaire des terres qu'ils

exploitent. Or le Jatropha à l'instar des cultures pérennes, joue un rôle complémentaire de marquage territorial au sein des espaces cultivés. Du fait de sa durée de vie, l'adoption du Jatropha vient confirmer, pérenniser et légitimer des statuts d'occupation foncière (Janin and Ouedraogo, 2009). Il peut être considérer, dans certaines configurations familiales et villageoises, un marqueur de propriétés (Sulle and Nelson, 2009). Ce résultat est très différent de ceux d'autres travaux dans lesquels les innovateurs sont plutôt les jeunes agriculteurs (Gockowski, 2002), où ces derniers auraient plus un grand horizon de planification et seraient moins averse au risques (Zegeye et al., 2002; Ouedraogo, 2003).

L'occupation principale de l'exploitant présente une influence positive dans la probabilité d'adoption du Jatropha. Ce résultat signifie qu'un exploitant ayant l'agriculture comme activité principale aura une probabilité d'adoption plus élevée. Les exploitants n'ayant pas comme fonction principale l'agriculture, sont moins innovateurs. Etant donné leur mode de fonctionnement (du type exploitation familiale), leur objectif dans l'activité agricole est de produire les cultures vivrières pour l'autoconsommation. Ces derniers se lancent rarement dans la production des cultures dites de rente car leurs autres besoins (scolarisation des enfants, habillement, soin, déplacement, etc...) sont assurés par les revenus procurés par l'activité non agricole.

Par ailleurs, pour les exploitants qui n'ont pas d'activité extra agricole, la tendance à produire le Jatropha s'explique par un besoin de diversification agricole. Le Jatropha étant présenté comme une culture de rente, apparait alors comme un moyen pour l'exploitation de varier et d'élargir la gamme de ses produits. Dans ce cas, il apparait comme un moyen de consolidation des revenus comme le cacao l'est dans les systèmes de production agricoles au Cameroun (Temple and Minkoua, 2013).

Les variables structurelles de l'exploitation telles que la superficie et le nombre d'individu (en réalité corrélée à la superficie) présentent une influence négative sur la probabilité d'adoption. La significativité de ces variables confirme un résultat déjà mis en évidence par la littérature référencée pour expliquer les décisions individuelles d'adoption de nouvelles technologies agricoles. Cependant, contrairement aux conclusions de certaines études sur l'adoption des technologies agricoles (Adesina et al., 2000; Mercer, 2004; Olwande et al., 2009; Ngondjeb et al., 2011; Basinger et al., 2012), notre analyse souligne une influence négative de la superficie sur la probabilité d'adoption : plus la superficie de l'exploitation est grande, moins l'agriculteur est disposé à faire du Jatropha. Etant donné que la superficie exploitée est une

fonction inverse de la disponibilité en main d'œuvre, ce constat s'expliquerait par le fait que les plus grandes exploitations sont dans une situation limite voire insuffisante en main d'œuvre familiale qui est pourtant un facteur de production important dans la décision d'emblaver de nouvelles cultures (Mercer and Pattanayak, 2003; Mponela et al., 2011).

Cette influence négative de la taille de l'exploitation infirme les résultats d'études référencées dans la littérature (Adesina and Zinnah, 1993; Blazy et al., 2011; Ando et al., 2012; Basinger et al., 2012; Goswami et al., 2012). Ces dernières étaient arrivées à la conclusion suivante : la probabilité d'adoption de nouvelle spéculation est plus élevée au niveau des exploitations de grande taille. Ces conclusions s'expliquaient par le fait que les grandes exploitations ont une forte dotation en facteurs de production et sont moins averses à prendre des risques. De ce fait, ils auraient une facilité à allouer une surface à la nouvelle culture mais aussi à résorber des pertes si toutefois la nouvelle spéculation n'aboutit pas aux résultats escomptés.

Par ailleurs, le nombre d'individu dans l'exploitation, souvent corrélée à la superficie présente également une influence négative sur la probabilité d'adoption du Jatropha. Cela signifie que plus l'effectif de l'exploitation est élevé, plus le besoin de produire des cultures vivrières est élevé. Dans cette situation, produire du Jatropha est moins prioritaire. Cependant lorsque les individus à charge sont essentiellement de la main d'œuvre, on observe le phénomène inverse c'est une adoption du Jatropha car le chef d'exploitation estime qu'il dispose assez de facteur « travail » pour faire produire une nouvelle culture. L'analyse souligne ce résultat avec un paramètre significatif pour la variable nombre de la main d'œuvre familiale. Les exploitations ayant le plus de main d'œuvre adoptent davantage le Jatropha, car ces dernières arrivent à couvrir facilement les besoins en travail pour sa production (creusage de trou, entretien, récolte, etc.). En effet la disponibilité du facteur travail est un paramètre qui affecte l'adoption des innovations. Ce résultat corrobore ceux de (Mponela et al., 2011) qui montrent que la disponibilité de la main d'œuvre influence l'adoption des cultures de conservation des sols comme le Jatropha.

Cependant la contradiction constatée entre l'influence de l'effectif de l'exploitation et le nombre d'actif pourrait s'expliquer par le fait que dans notre contexte ces deux variables ne sont pas corrélées comme on l'aurait pensé. L'augmentation du nombre d'individu dans l'exploitation n'est pas forcement synonyme d'une augmentation de main d'œuvre. Il y a de situation où cela se traduit par une augmentation du nombre d'individus à nourrir.

A ce titre, l'analyse de la couverture alimentaire de l'exploitation montre une influence significative sur la probabilité d'adoption de la culture du Jatropha. Une exploitation agricole qui parvient à produire la quantité de vivre dont elle a besoin présente une probabilité d'adoption du Jatropha plus élevée. Ce constat révèle chez les agriculteurs, la primauté de la production alimentaire. Les travaux notamment ceux de (Pallière and Fauveaud, 2009) et ceux de (Basinger et al., 2012)) sur l'adoption du Jatropha par les agriculteurs maliens ont abouti aux mêmes conclusions à savoir que dans la hiérarchisation des objectifs, les exploitations familiales placent la production vivrière en première position.

Lorsqu'une nouvelle technologie agricole est introduite, il existe souvent une certaine incertitude sur son efficacité et sa rentabilité. Cette incertitude diminue au fil du temps lorsque agents qui font la promotion de cette nouvelle technologie établissent un contact permanent (information, formation, assistance, etc...) avec certains agriculteurs afin qu'ils implémentent cette innovation. Les premiers adoptants avec l'expérience et les résultats obtenus deviennent des relais ou des références aux autres agriculteurs (Caswell et al., 2001; Rogers, 2003). Ces pionniers sont plus souvent que leurs pairs en contact avec des agents de vulgarisation avec lesquels ils échangent sur les avantages et inconvénients de l'innovation pour leur exploitation. Il se crée alors des mécanismes de rendements croissants d'adoption liés à l'amélioration des capacités d'expérimentation collective par l'émergence de réseaux sociotechniques. Les résultats de l'analyse économétrique témoignent de cette influence positive de l'interaction et des échanges sur la probabilité d'adoption du Jatropha. Les agriculteurs ayant été en contact avec des agents de promotion du Jatropha ont adopté dans la majorité des cas. Ce résultat rejoint les résultats d'une étude conduite au Mali (Basinger et al., 2012) qui, en utilisant un modèle Logit, a établi que le nombre de visites que les agents de développement du Jatropha font avec les agriculteurs constitue le facteur le plus significatif dans la décision d'adoption.

Les variables institutionnelles telles que l'accès à l'information, la participation à des formations et l'assistance technique sont significatives et présentent des effets positifs sur l'adoption du Jatropha. L'accès à l'information est important dans la construction de la décision d'adoption ou non. Il permet entre autres à l'agriculteur de faire des projections sur son intérêt à produire une nouvelle culture. En effet, si l'accès à l'information est déterminante dans le processus d'adoption des innovations agricoles, il l'est également dans la formation des perceptions qu'ont les agriculteurs du Jatropha (Adegbola and Adekambi, 2008).

En tant que nouvelle culture, la facilité d'accès aux connaissances pour l'emblavement constitue un atout important dans la décision d'adoption (Boahene et al., 1999; Crampes and Encaoua, 2005; Temple et al., 2008). Un individu ayant participé à une formation présente de forte chance d'adopter le Jatropha. La disponibilité de formation en plus de fournir des connaissances techniques sur la nouvelle technologie, influence la perception qu'a l'agriculteur sur l'intérêt de la technologie. La récurrence des formations constitue au regard des agriculteurs, une gage de l'utilité et de l'intérêt de la nouvelle technologie ; raison pour laquelle beaucoup de temps y est consacré (Droulers, 2009; Klein and Harrisson, 2006).

Par ailleurs, l'assistance technique fournie par les services agricoles, les ONG et les promoteurs de projets influence positivement la décision d'adoption du Jatropha au Burkina Faso. Cela montre l'importance de l'assistance technique dans le processus de construction de la décision d'adoption de la nouvelle technologie. En effet, cette importance dans le processus d'adoption des innovations agricoles avait été montrée dans la littérature (Baidu-Forson et al., 1997; Faure, 2007; Temple et al., 2008). Les promoteurs du Jatropha peuvent ainsi à travers les différents types d'assistance qu'ils apportent influencer la décision d'adoption du Jatropha.

L'ensemble de ces variables inhérentes aux échanges de connaissances, présente une influence positive sur l'adoption. Ceci dénote une importance des interactions entre les agriculteurs et les agents de promotion (promoteur, chercheurs, service de développement agricole). De précédentes études ont également souligné le fait que c'est généralement lors des échanges avec les agents de promotion de la nouvelles technologie que les exploitants agricoles se font une idée sur l'innovation, partagent mutuellement leurs expériences et s'informent sur les nouvelles technologies et techniques de production (Temple et al., 2011; Klerkx et al., 2012). Les informations ainsi recueillies ont un rôle dans le processus d'adoption. Près de 90% des répondants ayant adopté le Jatropha ont participé d'au moins une fois à un échange avec les acteurs de promotion des biocarburants.

La variable prix supposée reflétée la rentabilité financière de l'activité constitue un élément déterminant de l'adoption des innovations agricoles (Feder and Umali, 1993; Von Maltitz et al., 2009; Temple et al., 2011). Dans cette analyse, le prix minimum attendu par les agriculteurs présente un effet positif sur la probabilité d'adopter le Jatropha. Lorsqu'une nouvelle culture est introduite dans un système agraire, il existe souvent une incertitude sur sa rentabilité. Cette incertitude est réduite lorsque le prix de vente de de la production est élevé et connu par les agriculteurs (Brittaine and Lutaladio, 2010; Crampes and Encaoua, 2005).

Cette corrélation s'explique par le fait que la connaissance du prix permet aux agriculteurs de faire une comparaison sur la base de la rentabilité financière entre la nouvelle spéculation et les anciennes cultures. Un exploitant agricole est en effet susceptible de planter du Jatropha si celle-ci lui permet de mieux réaliser ses objectifs d'exploitation (Rogers, 2003).

La variable localité a présenté une significativité pour la modalité « Barsalogho ». Cela signifie que les agriculteurs de cette localité présentent une probabilité d'adoption plus élevée que ceux des autres zones de production. Cette différence pourrait s'expliquer par la proximité (géographique et organisationnelle) des différents acteurs observée au niveau de la zone de Barsalogho où le modèle de développement promu est celui de la filière « production localisée ». Ces résultats corroborent avec ceux de plusieurs travaux (Amigun et al., 2011; Brittaine and Lutaladio, 2010; Ewing and Msangi, 2009; Von Maltitz et al., 2009) qui montrent que ce modèle de développement est celui qui présente une grande réceptivité de la part des agriculteurs et des collectivités locales.

Certaines variables utilisées dans le modèle n'ont pas montré une significativité. Il s'agit du sexe de l'agriculteur, le niveau d'éducation de l'agriculteur, l'enclavement de l'exploitation (la distance entre l'exploitation et une route), de l'opportunité de travail non agricole dans la localité et du lieu de vente de la graine de Jatropha. En effet, concernant la question du genre, la non-significativité dans l'adoption du Jatropha pourrait être expliquée par le faible nombre de femme dans l'échantillon. Ceci n'est pas un défaut de représentativité mais plutôt qu'il y a très peu de femme (chef d'exploitation) qui font du Jatropha. On aurait pu s'attendre cependant à une influence du genre dans l'adoption du Jatropha comme cela est souligné dans plusieurs travaux sur l'installation des cultures pérennes en Afrique subsaharienne (Ayuk, 1997; Rossi and Lambrou, 2008).

La proximité de l'exploitation à une route ne semble pas influencer la décision de produire du Jatropha car d'après les observations faites sur le terrain, l'acheminement des graines de l'exploitation à l'unité de transformation relève de l'activité du promoteur. Dans les localités de production ne disposant pas d'unité de transformation, le promoteur de projet met sur place des comptoirs de collecte. L'agriculteur ne se préoccupe pas de l'éloignement de l'acheteur potentiel ni du lieu de transaction.

Concernant l'opportunité de travail non agricole dans la zone de production, sa non-significativité par rapport à la probabilité d'adoption du Jatropha s'explique par le fait que

cette opportunité du travail concerne les jeunes, or les agriculteurs qui sont susceptible d'adopter le Jatropha sont les agriculteurs âgés.

2. Les déterminants de l'intensité d'adoption de la culture du Jatropha

D'après le modèle d'intensité d'adoption, une fois le Jatropha adoptés, l'intensité d'adoption est influencée par la superficie de l'exploitation, le nombre de main d'œuvre familiale, l'appartenance à un groupement de producteur et l'assistance technique.

La superficie influence positivement l'intensité d'adoption du Jatropha. L'intensité d'adoption croît avec la superficie cultivée ; toute chose égale par ailleurs l'accroissement de cette superficie d'un hectare augmente l'intensité d'adoption de 1,4%. La disponibilité des terres est un facteur important dans l'intensification du Jatropha. Par ailleurs, on a observé que les exploitations disposant de terre en jachère ont une probabilité et une intensité d'adoption plus élevée. Ceci est en accord avec les résultats d'une étude faite au nord de l'Inde par (Choudhury and Goswami, 2013), qui rapporte que la disponibilité de terres en jachère joue un rôle crucial dans l'expansion de la culture du Jatropha.

L'effectif de la main d'œuvre familiale contrairement à ce que l'on pourrait s'attendre, a un effet négatif sur l'intensité d'adoption du Jatropha. Cela trouve son origine au niveau de la définition de la variable intensité (rapport entre le nombre de pieds de Jatropha et le nombre de main d'œuvre). Il existe une corrélation négative entre ces deux variables. Le modèle de régression a montré que les exploitations ayant un nombre de main d'œuvre faible, *ceteris paribus*, présente une forte intensité d'adoption par rapport à ces homologues ayant de un grand effectif de main d'œuvre.

L'appartenance de l'agriculteur à un groupement ou une association de producteur influence de façon significative l'intensité d'adoption du Jatropha. Les associations étant un creuset d'échanges de nouvelles informations et/ou pratiques entre les différents membres (Adekambi et al., 2010). L'appartenance à un groupement de producteurs et autres réseaux sociaux est un moyen d'accessibilité à l'information pour l'intensification d'une nouvelle culture (Ngondjeb et al., 2011). Des études soulignent qu'au sein des réseaux sociotechniques, les agriculteurs discute de leurs activités avec ses pairs, s'informent et se partagent mutuellement leurs expériences sur la production de la nouvelles spéculation (Klerkx et al., 2012; Temple et al., 2011). En plus, l'appartenance à un groupement de producteurs pouvait éventuellement conférer d'autres avantages, tels que l'accès aux financements et aux intrants. De même, les

agriculteurs qui appartenaient à un réseau sociotechnique ont la primauté de l'information sur les nouvelles technologique que les autres. Ceci contribue à conforter l'agriculteur dans sa posture d'adoptant et voir à l'inciter à intensifier sa production.

Comme dans le modèle d'adoption, l'assistance technique influence également de façon positive l'intensité d'adoption. L'assistance (matérielle, technique ou financière) confère à l'agriculteur un actif supplémentaire pour la production de la nouvelle culture. L'assistance matérielle dans le domaine du Jatropha concerne les semences, les plants, du matériel de plantation (pioche, pelles, etc.). Les agriculteurs ayant bénéficié d'une dotation matérielle présentent une forte intensité d'adoption (superficie du Jatropha ou nombre de plants), toute chose étant égale par ailleurs. Concernant l'assistance technique que bénéficient les agriculteurs pour la production Jatropha, il s'agit du labour et du dimensionnement des parcelles, le creusage des trous de plantations, de la démonstration de la taille. Cette forme d'assistance se fait en général à travers des démonstrations faites par le promoteur sur des champs école. Ces démonstrations constituent un processus d'apprentissage qui permet la réduction de l'incertitude sur la production et l'augmentation des décisions d'adoption (Marra et al., 2003). La participation à une formation dans un champ école est un des principaux déterminants d'intensification de la culture du Jatropha. Cela confirme les conclusions de l'étude de Adekambi et al., en 2010 au Benin selon laquelle l'assistance technique renforce et améliore les savoirs et savoir-faire des individus et les amènes à adopter un comportement favorable vis-à-vis des innovations.

Autre résultat obtenu de l'estimation du modèle d'intensité d'option qui parait intéressant de mentionner est l'absence d'influence du prix sur l'intensité d'adoption du Jatropha. Ceci infirme l'hypothèse selon laquelle le prix (variable reflétant la rentabilité financière) est le déterminant principal de l'adoption d'une nouvelle innovation agricole. Une étude sur les déterminants de l'expansion de la culture du Jatropha effectuée par (Choudhury and Goswami, 2013) dans le nord de l'Inde a conduit à des conclusions similaires. Cependant cette étude a montré une influence négative du prix attendu sur l'intensité d'adoption du Jatropha. Dans cette étude, le prix attendu influence négativement l'intensité d'adoption du Jatropha. En fixant un prix attendu haut, les agriculteurs ayant connaissance de la finalité (produire du carburant) des graines de Jatropha, sont dubitatifs sur les chances réelles d'obtention de prix élevé. Ayant souvent eu des expériences similaires avec l'introduction de nouvelle culture, les agriculteurs certes sont nombreux à adopter mais le font avec une faible intensité. En effet, les agriculteurs préfèrent dans ce contexte, investir moins de ressources

dans la production du Jatropha (investissement d'essai) (Choudhury and Goswami, 2013) d'où le constat de l'influence négative du prix sur l'intensité d'adoption du Jatropha.

Par ailleurs, un prix attendu élevé est incitatif pour les individus dont l'utilité de la production agricole est la maximisation du revenu. Ce qui est loin d'être le cas des agriculteurs de l'Afrique Subsaharienne. Pour ces derniers, la maximisation du revenu n'est pas équivalente à la maximisation de l'utilité de l'agriculteur. D'autres paramètres en plus du revenu tels que la production de vivres pour l'autoconsommation sont à prendre en compte dans l'utilité de l'agriculteur tirée de son activité de production. C'est ce raisonnement fait par l'agriculteur qui lui conduit à ne pas lier l'intensification du Jatropha à son prix attendu.

3. Récapitulatif des déterminants de la production du Jatropha

Les résultats de l'analyse économétrique ont permis de mettre en évidence des déterminants d'adoption du Jatropha révélés dans des études précédentes (Feder and Umali, 1993; Abila, 2010; Choudhury and Goswami, 2013; Mapemba et al., 2013). Le tableau ci-dessous fait un récapitulatif de la significativité des différentes variables du modèle économétrique.

Tableau 8 : récapitulatif des déterminants de l'adoption du Jatropha

	Adoption	Intensité d'adoption
Genre	-	-
AGE	***	-
Education	-	-
Activité principale	**	-
Perception	***	-
Localité de production	**	-
Distance route	-	-
SAU exploitation	***	*
Effectif ménage	**	-
Main d'œuvre familiale	**	***
Couverture alimentaire	**	-
Opportunité de travail	-	-
Groupement		**
Prix attendu	**	-
Marché graine	-	-
Contact promoteur	***	-
Accès information	**	-
Formation	**	-
Assistance agricole	***	**

Variables à forte significativité = *** au seuil de 1%
Variables à significativité moyenne = ** au seuil de 5%
Variables à faible significativité = * au seuil de 10%
Variables non significative = -

L'analyse a permis de mettre en évidence les déterminants qui ont incité les agriculteurs à produire le Jatropha. Dans la catégorie des variables socio-personnelles soumises à l'analyse, seuls le genre et le niveau d'instruction apparaissent non significatives dans la décision d'adoption du Jatropha. Cependant ces deux variables ont présenté une importante significativité dans l'étude de (Mapemba et al., 2013) sur l'adoption du Jatropha en Malawi. Pour ces auteurs, le genre du chef d'exploitation est un déterminant explicatif de l'adoption du Jatropha et que la probabilité est plus élevé chez les hommes que chez les femmes. Leurs résultats reflètent la tendance traditionnelle en Afrique subsaharienne dans laquelle les femmes sont rarement propriétaires terriennes et moins présentes lors des campagnes de sensibilisation et de démonstration des technologies. De fait, les femmes chef d'exploitation ont moins de chance d'expérimenter la nouvelle technologie (Masangano, 1996). En outre ces auteurs ont montré que le niveau d'instruction influence positivement la probabilité d'adoption du Jatropha. Leurs résultats concordent avec le postulat selon laquelle l'instruction du producteur augmente sa capacité à comprendre et à utiliser les informations pertinente pour

l'adoption des technologies de biocarburants. Ceux-ci corroborent avec plusieurs travaux de la littérature (Baylin and Pahuang, 2001; Abebe et al., 2013; Choudhury and Goswami, 2013; Mapemba et al., 2013) où les faibles niveau d'instruction des agriculteurs affectent le taux d'adoption de technologies mais aussi l'efficacité dans l'utilisation de la technologie.

Dans la catégorie des variables structurelles, on constate que la superficie et l'effectif de l'exploitation en plus d'être significatif dans le modèle d'adoption expliquent l'intensité d'adoption du Jatropha. Ces variables sont considérées comme les déterminants les plus importantes dans plusieurs études empiriques sur l'adoption (Bonabana-Wabbi, 2002). Du côté des variables institutionnelles testées, on note qu'elles sont toutes significatives. Ces variables à savoir la proximité du promoteur, l'accès à l'information et à la formation et l'assistance dans la production du Jatropha concourent au renforcement des capacités des agriculteurs pour le processus d'innovation autour du Jatropha. En effet, cet environnement institutionnel constitue un prolongement à l'échelle micro du système d'innovation « biocarburant » mis en place actuellement au Burkina Faso. A ce titre, les interactions qui s'établissent à ce niveau permettent de produire des connaissances qui seraient injectées dans le processus d'innovation. Ce environnement institutionnel est considéré comme un facteur d'activation d'innovations et structure en effet les opportunités d'investissement des acteurs de la filière (producteurs, entreprises, chercheurs) (Van Eijck and Romijn, 2006).

L'environnement institutionnel autour de la promotion de la culture du Jatropha apparait structurant pour le développement de filière biocarburant dans les pays d'Afrique subsahariens. Ceci montre que les attributs d'une innovation en termes de processus d'apprentissage et de co-construction de connaissances occupent une place importante dans la décision d'adoption des agriculteurs. Ces résultats reflètent le déterminisme des variables de l'environnement méso-économique sectoriel qui ne peut être traité dans des approches économétriques et donc qui est traité de manière complémentaire dans le dernier chapitre.

Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de fournir une compréhension des facteurs socio-économiques qui influent sur la décision des agriculteurs à cultiver le *Jatropha Curcas* comme une culture à vocation énergétique.

Les résultats indiquent que les déterminants significatifs de l'adoption de la production Jatropha Curcas chez les agriculteurs sont : l'âge, la perception du Jatropha, la superficie, la taille de l'exploitation, les interactions avec les services de promotion, la situation alimentaire et le prix. Concernant l'intensité d'adoption, les résultats montrent que la superficie et la main d'œuvre de l'exploitation, l'appartenance à un groupement de producteur et l'accès à l'assistance étaient les seuls facteurs significatifs.

La rentabilité de la culture étant l'aspect le plus mis en avant par les promoteurs de projets biocarburant, l'analyse a montré une influence positive et significative de la variable prix espéré du Jatropha. Cependant cette variable apparait non significative dans l'explication de l'intensité d'adoption des agriculteurs. Une fois la décision d'adopter est prise, le prix espéré n'influence plus sur le nombre de plants de Jatropha à emblaver. Ce résultat inattendu, nous l'expliquerons dans le chapitre suivant, à travers l'étude de la rentabilité de la culture.

Les facteurs ayant eu une influence sur l'intensité d'adoption sont plutôt des variables inhérentes au renforcement des connaissances et des capacités mais également à la réduction du risque et de l'incertitude. Ce résultat témoigne du déterminisme des variables institutionnelles inhérentes au processus d'apprentissage et de construction de connaissances. L'ensemble des variable utilisées (formation, contact avec le promoteur, l'assistance etc...) témoigne d'un besoin de proximité géographique et organisationnelle entre les agriculteurs et les autres acteurs de la filière de Jatropha notamment le promoteur de biocarburants. Ces variables relatives à la proximité des agents de la filière concourent au renforcement des capacités des agriculteurs dans une optique de dynamisation du processus d'innovation autour du Jatropha.

Dans ce contexte, une forme organisationnelle favorisant la mise en place d'un environnement d'apprentissage et de co-construction de connaissances avec les agriculteurs apparait être crucial pour favoriser l'adoption et l'expansion de la culture du Jatropha. Cette forme organisationnelle met en évidence l'importance de la proximité des acteurs dans le

développement des filières biocarburants. L'analyse des effets d'agglomération induits par la proximité des acteurs que nous allons effectuer dans le chapitre 6, va servir à montrer l'importance de la proximité dans le processus d'innovation sur le Jatropha.

Les résultats montrent que la promotion de la production de biocarburants au Burkina Faso nécessite en plus des politiques d'incitation économiques, la mise en place de cadres d'apprentissage et d'information en facteur des agriculteurs. En outre, les agriculteurs ont besoin de se rassurer et de prendre confiance dans la filière Jatropha à travers la proximité des acteurs de l'aval.

CHAPITRE 5 : Analyse des impacts du Jatropha sur la sécurité alimentaire

Introduction

Le Jatropha constitue une matière première intéressante pour obtenir une huile à haute qualité combustible (Achten et al., 2008). La promotion de sa culture depuis 2007 est présentée comme une opportunité pour lutter contre la pauvreté énergétique des pays d'Afrique subsaharienne. Cet intérêt repose principalement sur la capacité de produire des graines de façon rentable dans des conditions de culture difficiles (parfois marginales) et sans application d'intrants (Francis et al., 2005; Brittaine and Lutaladio, 2010).

Les qualités quasi « miraculeuses » attribuées au Jatropha sont cependant remises en cause par des études récentes (Axelsson et al., 2012; Liyama et al., 2013). Des inquiétudes sur la rentabilité de la culture ont été soulevées par plusieurs travaux notamment (Pohl, 2010). La capacité du Jatropha à générer des revenus pour les agriculteurs dépend selon ces travaux principalement de l'importance des rendements qui peuvent être obtenus. Or, les résultats obtenus des premières plantations montrent que les rendements observés sont dans la majorité des cas, significativement en dessous des attentes (Ariza-Montobbio et al., 2010; Ghokale, 2008; Pohl, 2010).

Dans les pays du sud et au Burkina Faso de manière spécifique, l'objectif premier de l'activité agricole est de répondre aux besoins alimentaires au regard des incertitudes ouvertes par les instabilités du changement climatique. L'allocation des facteurs de production aux cultures énergétiques peut apparaitre contradictoire à cet objectif dans la littérature (Portale, 2012).

Nous proposons dans ce chapitre, de faire une évaluation des impacts du développement du Jatropha sur la sécurité alimentaire. Le concept de sécurité alimentaire s'étant cependant complexifié en relation avec sa multi dimensionnalité (Touzard and Temple, 2012), nous focaliserons l'analyse (au regard des données mobilisables et de l'ancrage disciplinaire en économie) sur les attributs principaux de la sécurité alimentaire. Pour ce faire, nous analyserons dans une première partie, les effets de l'introduction du Jatropha sur la disponibilité alimentaire à l'échelle du territoire et de l'exploitation agricole dans les zones rurales. Dans la seconde partie, nous procéderons à l'analyse de l'impact du Jatropha sur l'accessibilité alimentaire à travers l'étude des conditions de rentabilité de la culture pour les producteurs.

I. Les chemins d'impact du Jatropha sur la sécurité alimentaire

Le débat autour de la question de l'impact de la production des biocarburants sur la sécurité alimentaire constitue une préoccupation centrale des organismes de soutien au développement (Negash et Swinnen, 2013) qui interrogent la recherche en sciences sociales. De nombreux travaux soulignent les relations entre le développement des biocarburants et les marchés agricoles et alimentaires (Laborde and Msangi, 2011; Daviron, 2012).

La sécurité alimentaire, concept formulé lors du Sommet mondial de l'alimentation en 1996 est « assurée quand toutes les personnes, en tout temps, ont économiquement, socialement et physiquement accès à une alimentation suffisante, sûre et nutritive qui satisfait leurs besoins nutritionnels et leurs préférences alimentaires pour leur permettre de mener une vie active et saine ». Cette définition combine ainsi les objectifs quantitatifs, d'universalité et de qualité autour de « quatre piliers » qui font toujours référence : disponibilité, accessibilité, stabilité et utilisation (Maxwell and Slater, 2003).

Le développement des biocarburants peut affecter ces différentes dimensions de la sécurité alimentaire. Il existe beaucoup d'étude sur la relation potentielle entre les biocarburants et les dimensions de la sécurité alimentaire (FAO, 2008; FAO, 2010; Kgathi et al., 2012). Nous résumons cette interrelation en 4 principaux mécanismes.

Tout d'abord, la production de biocarburants peut affecter la disponibilité alimentaire si les cultures vivrières ou des ressources de production (terre, travail, eau, etc) sont affectées à la production de biocarburants.

Deuxièmement, la production de biocarburants peut réduire l'accès à la nourriture si elle augmente les prix des matières premières alimentaires. Plusieurs études confirment cette situation qui aggrave l'insécurité alimentaire dans les pays en développement (FAO, 2008; Mitchell, 2008; Baffes and Haniotis, 2010; De Gorter et al., 2013). La production de biocarburants peut également améliorer l'accès de la nourriture si elle augmente les revenus des agriculteurs pauvres donc leur pouvoir d'achat.

Troisièmement, les biocarburants peuvent augmenter la pression sur la stabilité alimentaire ou augmenter le risque d'insécurité alimentaire chronique si les terres de haute qualité adaptées pour les cultures vivrières sont allouées à la production de biocarburants (Jumbe et al., 2009; Amigun et al., 2011; Chalmers et al., 2011). Toutefois, lorsque la disponibilité des terres est abondante, cet effet sur la sécurité alimentaire pourrait être minime. Par exemple, (Von

Malititz and Brent, 2008) affirment que les biocarburants peuvent être produits en Afrique australe sans impact négatif significatif sur la sécurité alimentaire en raison de la disponibilité de terres en friche ou en réserves de forêts.

Quatrièmement, il s'agit de l'impact sur « les conditions de l'utilisation de la nourriture ». Cet aspect intègre des questions concernant l'accès à l'eau potable, les services énergétiques, les services sanitaires.

Il est ainsi difficile au regard de ces quatre impacts parfois contradictoires d'avoir une certitude générique sur l'impact des biocarburants concernant la sécurité alimentaire (Oladosu et Msangi, 2013). Les situations doivent être bien caractérisées selon les niveaux d'observations que l'on privilégie.

Dans notre analyse, nous allons nous intéresser à l'impact du développement du Jatropha sur deux attributs de la sécurité alimentaire dans les zones rurales. (En référence avec l'hypothèse introductive de contribution du Jatropha au développement rural du Burkina Faso) respectivement la disponibilité et l'accessibilité. La disponibilité sera examinée aux niveaux de territoires localisés et des exploitations. L'accessibilité sera analysée dans les relations entre le développement du Jatropha et l'augmentation des revenus des agriculteurs producteurs.

II. Conséquences du Jatropha sur la disponibilité alimentaire

1. Impact du Jatropha sur la production alimentaire à l'échelle territoire

La production des biocarburants à base de Jatropha s'étend sur tout le Burkina Faso avec une forte concentration dans les régions à fort potentiel agricole (les régions de l'ouest, sud-ouest, cascade). Les projets de production de Jatropha installés en zones arides et semi-arides n'ont pas un objectif de production de biocarburant. Ces derniers visent la protection et/ou la conservation du sol contre l'érosion et la désertification.

La localisation des zones de production des projets biocarburants s'avère nécessaire si l'on souhaite évaluer l'impact de l'introduction des cultures énergétiques sur la production alimentaire. A cet effet, pour appréhender ces effets, nous allons caractériser les localités où les projets de production de Jatropha se développent.

Les critères retenus pour la caractérisation des zones de production de Jatropha sont :

- **La rareté/abondance de terres**, représentée par le coefficient d'intensité cultural qui est le rapport entre la surface cultivée et la surface cultivable. Ce critère donne une idée de la possibilité d'extension des productions agricoles dans la zone
- **La balance céréalière** : ce critère indique si le niveau de couverture des besoins alimentaires par la production locale.
- **Le rapport entre les rendements céréaliers de la zone et les rendements moyens nationaux** : ce critère renseigne sur le potentiel d'augmentation de la production céréalière de la localité sans augmentation de la superficie.
- **Le rapport entre la superficie des cultures vivrières et celle des cultures de rente** : ce critère montre le degré de spécialisation agricole de la localité.

L'ensemble de ces critères permet de dresser une estimation de la capacité productive des zones où se développent les plantations de Jatropha. En effet, elle donne un aperçu du potentiel alimentaire (les céréales constituent la base alimentaire des populations) des localités où les projets Jatropha se développent.

Les résultats de cette caractérisation sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : caractérisation des zones de production agricole des projets biocarburant

Zone de production	Balance céréalière	Rapport de superficie entre culture de rente et culture céréalière	Coefficient d'intensité cultural	Rapport rendement local sur rendement moyen national	Projet biocarburant
Sanmatenga	106%	10%	40%	60%	Impulsion
Tuy	261%	58%	71%	110%	Projet communal, Agritech Faso
Kadiogo	14%	12%	83%	70%	New tree
Boulkiemdé	71%	23%	78%	90%	New tree
Kourwéogo	108%	13%	76%	92%	New tree, Belwet
Oubritenga	82%	7%	59%	80%	New tree, Belwet
Ioba	366%	21%	93%	110%	Fondation Dreyer, GENESE
Comoé	82%	54%	46%	150%	Wouol, Aprojer, Agritech Faso
Mouhoun	242%	46%	69%	105%	Aprojer
Kénédougou	274%	48%	72%	85%	Aprojer, GENESE
Kompienga	145%	25%	32%	102%	Aprojer
Sourou	217%	8%	37%	120%	Aprojer
Ganzourgou	113%	13%	58%	82%	Agritech Faso, Belwet
Gourma	164%	16%	28%	93%	Agritech Faso
Sissili	201%	32%	36%	113%	Faso biocarburant, Agritech Faso
Ziro	166%	28%	37%	73%	Agritech Faso
Boulgou	109%	21%	41%	88%	Ilaria Burkina
Namentenga,	106%	9%	63%	55%	Belwet
Houet	93%	46%	45%	125%	GENESE
Nayala	187%	9%	36%	94%	Faso biocarburant

Source : enquêtes Salif Derra 2012

L'analyse du tableau ci-dessus montre que la moitié des provinces de production du Jatropha présente une balance céréalière déficitaire à équilibrée. Dans ces localités, la production agricole notamment les céréales est inférieure à la demande locale. Ce constat montre une insuffisance de la production locale à satisfaire la sécurité alimentaire car dans les pays d'ASS, la production céréalière est un « baromètre » de la sécurité alimentaire.

Le développement du Jatropha qui se traduit par une augmentation de la demande foncière, présente des risques de détérioration de la situation alimentaire déjà insuffisante en termes de couverture céréalière. Même avec une disponibilité relative de terres agricole (coefficient d'intensité culturale faible) dans ces provinces (Sanmatenga, Oubritenga, Comoé, Ganzourgou, Boulgou, Houet), les incitations politiques en termes de rentabilité de la culture

peuvent conduire les agriculteurs à cultiver les cultures énergétiques sur les meilleures parcelles et donc à déplacer les cultures vivrières vers les parcelles moins productives (Hermelin and Lagandré, 2009). Cette tendance, nous l'avons observée lors de nos enquêtes au niveau de Zorgho (40% des agriculteurs enquêtés). Actuellement même si la réduction de la production céréalière induite par la substitution des cultures céréalières par le Jatropha s'avère faible comparée à l'offre locale en céréales, ceci pourrait être un facteur d'instabilité des marchés vivriers à court et moyen termes.

Dans les provinces présentant une balance excédentaire, on relève des coefficients d'intensité culturale élevée, 71%, 93%, 69% et 72% respectivement dans les provinces de Tuy, Ioba, Mouhoun et Kénédougou. Ce niveau élevé des coefficients indique que la mise en place des plantations de Jatropha se ferait soit sur le peu de terres disponibles ou soit en substitution des cultures vivrières dans ces provinces. La conséquence qui pourrait en découler, serait la réduction de la production alimentaire. En effet, les travaux de Abramovay avaient montré l'existence de cette pression foncière avec l'introduction des cultures énergétiques au Brésil (Abramovay, 2008)

La conjoncture de l'utilisation actuelle des terres (40% des terres arables) laisse présager l'existence de possibilités d'accroissement du Jatropha sans réduction de la production vivrière. Cette appréhension qui s'appuie sur la disponibilité de terre au niveau du territoire national, cache des situations où l'introduction de Jatropha est source de réduction de la production céréalière locale du fait du changement d'affectation d'usage des terres fertiles, et même à l'échelle de l'exploitation.

A cet effet, on se propose de faire une évaluation des effets de l'introduction du Jatropha sur la disponibilité alimentaire au niveau des exploitations agricoles. Cette analyse fera une comparaison de la perception de la situation alimentaire des exploitations agricoles avant et après introduction du Jatropha.

2. Impact du Jatropha sur la disponibilité alimentaire à l'échelle exploitation

Le changement dans l'allocation des facteurs de production (terre et travail) causé par la mise en culture du Jatropha présente un risque de réduction des productions vivrières au sein des exploitations agricoles. Le fonds de cette controverse en soit n'est pas vraiment nouveau. On le retrouve dans les controverses sur les relations entre cultures d'exportation et cultures vivrières posées dans la littérature des années 90 (Temple and Fadani, 1997). Il est renouvelé

sur deux plans contradictoires concernant le Jatropha selon la trajectoire technologique qui est privilégiée. D'abord le fait que la production décentralisée d'énergie peut concourir dans certaines situations à la sécurité alimentaire (effets positif), ensuite qu'il présente une dépendance aux marchés internationaux de l'énergie qui peut renforcer les risques (effet négatif).

2.1. La sécurité alimentaire, un concept à retranscrire au niveau des agriculteurs

Les agriculteurs se procurent les aliments dont ils ont besoin à travers plusieurs voies : en produisant eux-mêmes les vivres consommés, en les achetant sur le marché, en les collectant dans la nature, ou en les recevant par aide/dons. Etant donné que l'introduction de la culture du Jatropha n'impacte actuellement que la capacité de production des agriculteurs, l'analyse des effets du Jatropha sur la disponibilité alimentaire va se focaliser sur la dimension d'autoproduction.

Comment évaluer en situation ex ante ou en « chemin faisant » l'impact de l'introduction du Jatropha sur la disponibilité alimentaire des agriculteurs ? La posture ex ante de l'analyse ne permettant pas des mesures quantitatives fiables ; la démarche entreprise consiste non pas à la définir mais d'en avoir une perception des agriculteurs et de les faire réfléchir sur l'impact que pourrait avoir le Jatropha à long terme.

Nous avons donc décidé de l'aborder à travers la gestion du stock de céréales au sein de l'exploitation, c'est-à-dire son autosuffisance ou non en céréales. Lorsque le stock de céréales ne suffit pas pour nourrir la famille jusqu'à la récolte suivante, et que celle-ci doit alors procéder à l'achat de denrées (céréales notamment) pour satisfaire les besoins alimentaires de son foyer, cette pénurie est considérée comme une situation d'insuffisance alimentaire. C'est sous cet angle que la sécurité ou l'insécurité alimentaire a été introduite, les chefs d'exploitation peuvent aisément indiquer les années au cours desquelles ils ont été en situation de pénurie.

Les agriculteurs sont interrogés sur leur situation alimentaire avant et après l'introduction du Jatropha afin de déceler s'il existe une relation de causalité entre l'introduction du Jatropha et la situation alimentaire de l'exploitation agricole. L'indicateur de sécurité alimentaire fait référence à la gestion du stock de céréales sur dix dernières années.

2.2. Une situation d'insécurité alimentaire préexistante à l'introduction du Jatropha

Les producteurs, qui ont été interrogés sur la gestion du stock de céréales sur les dix dernières années, ont confirmé que l'insécurité alimentaire était préexistante à l'introduction du Jatropha. Cependant, le Jatropha apparaît pour la majorité des enquêtés comme un facteur potentiel d'aggravation du déficit céréalière si toutefois sa rentabilité financière n'arrive pas à couvrir les pertes causées par le changement d'allocation des facteurs de production. Cela du fait que dans la majorité des cas, la culture du Jatropha a remplacé une culture vivrière (58% à Barsalogho, 83% à Zorgho et 94% à Léo). Cette substitution contribue en effet, à augmenter l'insécurité alimentaire chez les agriculteurs qui était déjà présente comme le montre la figure ci-dessous.

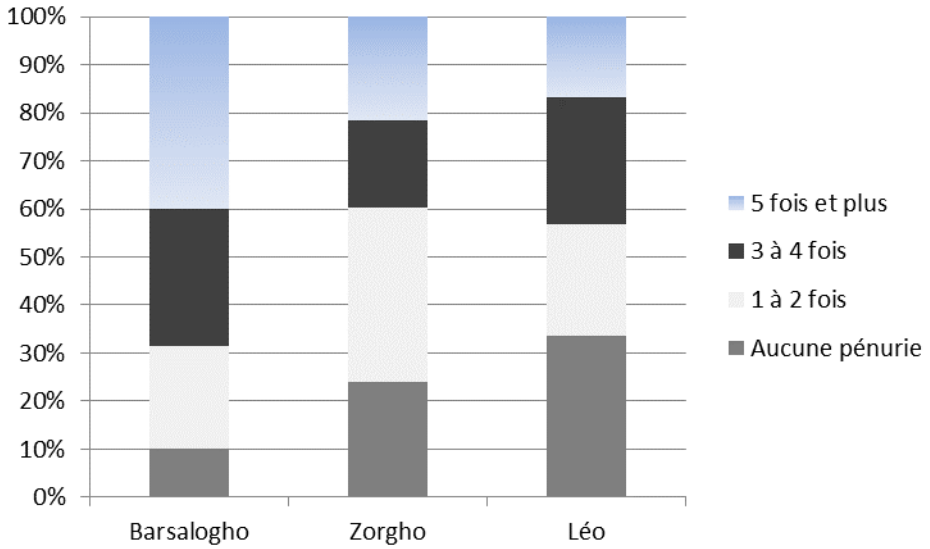


Figure 9 : Fréquence des situations d'insuffisance alimentaire des agriculteurs sur 10 dernières années

D'après la figure ci-dessous, on constate que la majorité des agriculteurs a connu au moins une à deux années de pénurie céréalière durant les 10 dernières années. Par exemple à Barsalogho, les 10% d'agriculteurs n'ayant pas observé une année d'insuffisance alimentaire présente des caractéristiques spécifiques au sein de leur exploitation : très peu de bouche à nourrir, application de fertilisants chimiques, etc., ce qui explique la situation excédentaire de la production céréalière.

Les raison qui expliquent ces pénuries sont : la pluviométrie, le manque de facteurs de production, la dégradation des terres. La gestion financière du chef d'exploitation apparaît également comme facteur de pénurie céréalière. En effet, un besoin en trésorerie non anticipé

se traduit généralement par la vente des stocks de récolte. Cette situation peut avoir lieu même lorsque les récoltes sont bonnes et en dépit des besoins alimentaires. Il existe un besoin en liquidité « incompressible » au sein des exploitations agricoles (vêtements, soins médicaux, cérémonies, scolarisation, etc.).

❖ **Insuffisance céréalière et typologie des exploitations**

La production agricole est faite essentiellement par des exploitations familiales. Actuellement trois quarts des exploitations ont moins de 5 ha de superficie moyenne (MASA, 2012). On distingue globalement 4 types d'exploitations :

- **Exploitations manuelles** : ce sont des exploitations familiales de petite taille qui pratiquent une agriculture de subsistance. Elles n'ont pas de chaîne de culture attelée et n'utilisent pas d'intrants ; leurs superficies varient de 2 à 5 ha ;
- **Exploitations attelées** : ce sont des exploitations familiales de taille moyenne ; les superficies sont d'au moins 6 ha, elles disposent d'une chaîne de culture attelée et utilisent des intrants pour les cultures de rente et de céréales;
- **Exploitations motorisées** : ce sont de grandes exploitations familiales ; les superficies de ces exploitations sont élevées avec un nombre plus élevé d'attelages. Les cultures de rente y sont plus importantes que celles des céréales;
- **Entreprises agricoles** : ce sont de grandes exploitations de plusieurs dizaines, voire des centaines d'hectares, avec des équipements souvent motorisés pour des productions maraîchères, fruitières, rizicoles, etc.

Les critères retenus dans cette typologie porte sur la taille de l'exploitation mais également du niveau d'équipement en matériels agricole. Les entreprises de type « entreprises agricole » à l'exception des promoteurs de projets n'ont pas encore entrepris la culture du Jatropha. De ce fait, l'analyse sur la situation de production céréalière ne concerne que les trois premiers types d'exploitation.

Le tableau ci-dessous représente la fréquence moyenne d'apparition de situation d'insuffisance alimentaire en fonction des trois types d'exploitations familiales.

Tableau 10 : résultats des tests de comparaison des moyennes selon le type d'exploitation

Typologie	N	Moyennes des variables		
		Insuffisance céréalière	**Nombre Individu**	**Age plantation**
Expl. Manuelle (G1)	117	3,94	11,16	4,32
Expl. Attelée (G2)	110	2,07	15,07	4,14
Expl. Motorisée (G3)	30	0,77	19,83	4,57
Statistiques de Fisher		107,86*	19,46*	0,29
Student calculé	G1 - G2	10,9*	-4,04*	0,57
	G1 - G3	12,4*	-3,54*	-2,86*
	G2 - G3	6,53*	-0,9	-1,88

* significatif au seuil de 5%

Le tableau ci-dessus montre les tests de significativité des variables. La statistique de Fisher renvoie à l'analyse de variance, tandis que la statistique Student reflète le test de comparaison des moyennes.

Les exploitations connaissant de manière récurrente une situation insuffisance céréalière sont en général les exploitations manuelles malgré le nombre d'individus de l'exploitation relativement faible. L'obligation de vente d'une partie des récoltes pour les autres besoins du ménage et/ou la faiblesse de la production sont les raisons de la récurrence des situations d'insuffisance alimentaire dans ces types d'exploitation. L'insuffisance céréalière tend à devenir structurelle dans ces exploitations notamment avec les aléas climatiques.

L'analyse de variance indique qu'il y a une différence significative du niveau d'insuffisance céréalière entre les trois types d'exploitations. Ceci implique que plus on part des exploitations manuelles vers les exploitations motorisées moins on a des situations d'insuffisance alimentaire dans l'exploitation. Pour le nombre d'individu dans l'exploitation, la statistique de Fisher élevée (19,46) suggère que l'effectif moyen par exploitation des trois types d'exploitation sont différentes : les exploitations motorisées ont plus d'individu que les exploitations manuelles. Ce résultat montre la corrélation entre la superficie de l'exploitation et la taille du ménage.

Les résultats de ces analyses montrent qu'en dépit du nombre élevé des individus dans les grandes exploitations, l'insuffisance céréalière s'observe beaucoup plus dans les exploitations manuelles. Une nouvelle analyse faite à partir de la date d'introduction du Jatropha, n'a pas montré de différence significative. L'absence d'impact significatif de l'introduction du

Jatropha sur la situation céréalière s'explique par la jeunesse des plantations ; l'âge moyen des plantations étant de 4 ans. Cependant l'interrogation des agriculteurs sur l'impact de l'introduction du Jatropha sur la situation alimentaire montre que les agriculteurs perçoivent des effets sur la situation alimentaire.

2.3. Une perception variable des effets du Jatropha sur la sécurité alimentaire

La perception des impacts de l'introduction du Jatropha sur la sécurité alimentaire varie d'un agriculteur à un autre.

- ***Les producteurs ayant une perception négative de l'impact du Jatropha sur leurs disponibilités alimentaires***

Certains producteurs environ 15% des enquêtés ont estimé que l'introduction de la culture de Jatropha à aggraver leur situation d'insuffisance alimentaire à cause de la réallocation de leurs facteurs de production tels que la terre et la main d'œuvre. Ces agriculteurs sont généralement des chefs d'exploitation du type « exploitation manuelle » caractérisé par une superficie d'exploitation faible (moins de 5 ha) et des techniques de travail rudimentaire (absence d'équipement d'attelage, pas d'utilisation d'intrants)

La réallocation des facteurs de production induite par l'introduction du Jatropha entraine une réduction de la production vivrière, non compensée actuellement par un gain de revenu. L'espoir de gain de revenu suscité au moment de l'introduction a du mal à se concrétiser au niveau des agriculteurs. Malgré le discours « pro poor » encore véhiculé par certains promoteurs, les résultats sur le terrain convergent dans la remise en cause des présupposés du Jatropha : sa capacité à pousser sur des terres marginales ; ses faibles besoins en eau, en intrant et en entretien ; sa courte période de végétation. Cette remise en cause déjà évoquée dans la littérature, notamment dans l'article de (Polet et al., 2011) sur la dynamique et les impacts de l'expansion des biocarburants au sud, présente le Jatropha comme un facteur contribuant à l'aggravation d'une situation de vulnérabilité alimentaire.

Ces types d'agriculteurs présentent de faible propension à continuer dans la culture du Jatropha. Ne sentant pas le résultat des incitations qui leur ont été présentées, les chefs d'exploitation de cette catégorie tendent à arrêter l'activité de production du Jatropha. Cette situation met en exergue l'importance des conditions micro-économiques dans le processus de changement technologique vers les biocarburants.

- ***Les producteurs ayant une perception positive sous condition du point de vue de l'accessibilité***

Par ailleurs parmi les agriculteurs enquêtés, la majorité a jugé que l'introduction du Jatropha n'a pas eu d'influence sur leur situation alimentaire. Ces agriculteurs considèrent le Jatropha comme une source d'amélioration de leur revenu allant permettre la diversification de la ration alimentaire. Le prix Nobel d'économie Amartya Sen avait déjà souligné en effet, cet aspect de la sécurité alimentaire en stipulant que la faim ne résulte pas d'une pénurie de la production, mais de la pauvreté (Sen, 1981). L'opportunité d'amélioration de la sécurité alimentaire par le biais des revenus du Jatropha est soulignée par les agriculteurs. Cette culture pourrait satisfaire les besoins en liquidité des ménages agricoles. Il existe un besoin d'argent incompressible chez les agriculteurs qui les oblige à vendre leur production alimentaire, ce qui peut conduire à une situation d'insuffisance alimentaire même si la campagne agricole avait été bonne. Ce comportement des exploitations agricoles pouvant paraitre contradictoire renseigne de la nécessité de liquidité au sein de l'exploitation agricole dans les pays en développement (Dufumier, 1996). Même en agriculture de subsistance, on constate un assolement de culture commerciale en vue de satisfaire ce besoin de liquidité. L'optimisme affiché sur la capacité du Jatropha à remplir cette fonction est conditionné par la rentabilité de cette culture. Les agriculteurs se réfèrent à l'expérience du coton qui a été pour beaucoup d'agriculteurs une source considérable d'amélioration des conditions de vie (Schwartz, 2000).

Par ailleurs, les agriculteurs perçoivent la production de Jatropha comme une action ou un processus contribuant au renforcement des capacités qui vont favoriser l'amélioration de la production des cultures céréalières. En effet, les projets de production du Jatropha favorisent la construction de réseaux de connaissances qui contribuent au renforcement des compétences des agriculteurs (Janin and Ouedraogo, 2009). Des travaux par ailleurs ont montré que l'amélioration des compétences des agriculteurs présente des avantages qui dépassent l'activité visée (Ngalamulume Tshiebue, 2011). En effet, l'introduction du Jatropha, accompagnée dans certains cas d'un paquet technologique serait favorable à l'amélioration de la productivité des cultures vivrières (Axelsson et al., 2012).

Cette perception positive de l'impact du Jatropha sur la sécurité alimentaire n'indique pas une absence de réduction de la disponibilité alimentaire au niveau des exploitions. Elle révèle plutôt une meilleure résilience de ces agriculteurs aux effets induits par l'introduction du

Jatropha. La production alimentaire dans ces exploitations étant excédentaire, même dans le cas d'un remplacement des cultures alimentaire par le Jatropha, il n y a pas d'effet significatif sur potentiel alimentaire de l'exploitation. Cette capacité à produire du Jatropha sans effet significatif sur la sécurité alimentaire de l'exploitation permet à ces agriculteurs de présenter un optimisme quant au devenir de cette activité à cause de l'émergence progressive du marché des graines mais également des services (moulin, électrification, adduction d'eau) grâce aux biocarburants.

Au regard de ces deux perceptions, nous pouvons nuancer l'incidence du développement du Jatropha sur la situation alimentaire des agriculteurs. Les « exploitations manuelles » présentent une grande vulnérabilité alimentaire. La moindre réallocation des facteurs de production pour le Jatropha entraine une situation d'insécurité alimentaire. Ceci conduit ces types d'agriculteurs à délaisser ou à allouer le moins possible leurs facteurs de production à cette activité. Pour les autres types d'exploitation (Attelée, motorisée), l'introduction du Jatropha apparait possible sans détérioration de la sécurité alimentaire de l'exploitation à cause de leurs capacités à supporter les années improductives du Jatropha tout en attendant le revenu que va procurer la culture.

Cette perspective de revenu qui maintient cet optimisme, nous allons l'analyser dans la partie suivante afin d'examiner sous quelle condition cette culture favorise une meilleure accessibilité alimentaire.

I. Impact du Jatropha sur l'accessibilité alimentaire : analyse par la rentabilité du Jatropha

La motivation des agriculteurs pour le Jatropha tient essentiellement au fait qu'il constitue l'espoir d'une nouvelle culture de rente, comme ce fut jadis le cas du coton (Kaboré, 2003). En effet, les enquêtes effectuées au Burkina Faso montre que l'objectif principal de la culture du Jatropha reste le gain de revenu, en dépit des inquiétudes fortes exprimées sur sa rentabilité et sur l'évolution du marché de vente (Boccanfuso et al., 2013; Van Eijck and Romijn, 2006). La figure ci-dessous illustre l'importance de cette motivation chez les agriculteurs des zones d'étude.

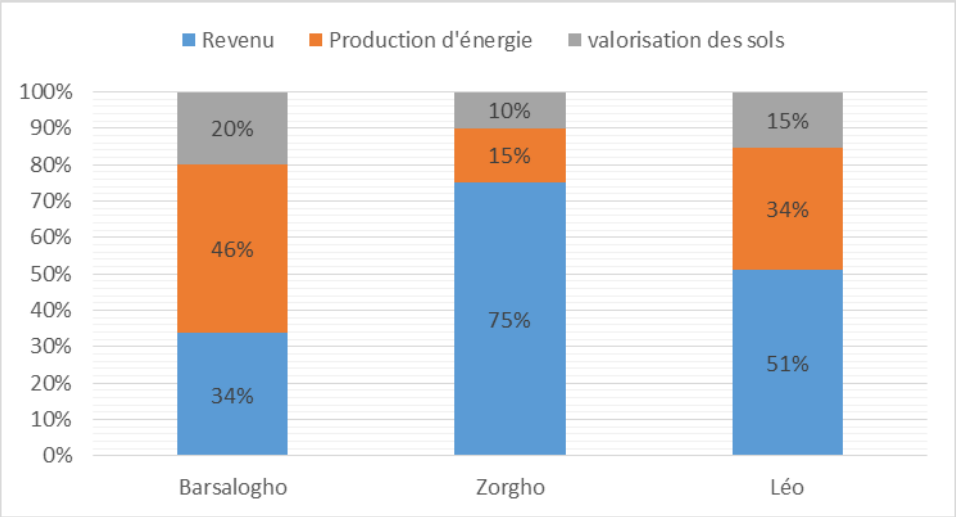


Figure 10 : répartition par zone des motivations à produire le Jatropha

D'après la figure ci-dessus, la création de revenu à travers le Jatropha demeure la motivation la plus importante chez la plus part des agriculteurs. La majorité des agriculteurs considèrent le Jatropha comme une « *cash crop* », et donc associent l'essor du secteur bioénergétique à la rentabilité de la culture du Jatropha.

Les avantages connexes de la production de cette culture telles que l'utilisation des tourteaux comme amendements organiques (Brittaine and Lutaladio, 2010; Henning, 2009), la mise en place de services énergétiques dans la localité (Berndes et al., 2003; Hazell and Pachauri, 2006) incitent faiblement les agriculteurs à produire du Jatropha.

Dans les trois localités, les agriculteurs sont prêts à produire davantage le Jatropha si la rentabilité financière est importante. Cette attitude confirme les résultats de certains études menées en ASS (Mshandete, 2011; van Eijck et al., 2012; Mukuruba, 2013b).

Cependant lors que nos enquêtes des inquiétudes sur la rentabilité de la culture ressortent. Ces inquiétudes portent sur le rendement du Jatropha mais également sur le marché de la graine. Les résultats obtenus des premières plantations en milieu paysan montrent que les rendements sont dans la majorité des cas significativement en dessous des attentes. Ce même constat avait déjà été fait dans les travaux de (Ghokale, 2008; Ariza-Montobbio et al., 2010; Pohl, 2010) et Inde. Ceci semble indiquer que les attentes promus par les promoteurs sont loin d'être réaliste dans le contexte paysan.

Par ailleurs, les agriculteurs dont les plantations ont déjà produit disent avoir du mal à vendre leur production à cause soit du faible prix d'achat ou soit de l'absence d'acheteur. La

défaillance du marché amène les agriculteurs à émettre des réserves sur la réussite économique du Jatropha.

L'ensemble de ces inquiétudes sur la rentabilité du Jatropha se justifie par l'avènement récent de cette spéculation agricole dans le système agraire. Les agriculteurs disposent de peu de recul pour évaluer la rentabilité ou le retour sur investissement de la production du Jatropha.

Nous allons pour cela, procéder à une évaluation de la rentabilité du Jatropha suivant les différents systèmes culturaux. Cette analyse va fournir des précisions sur l'impact potentiel de la production du Jatropha sur l'accessibilité alimentaire des agriculteurs.

1. Systèmes de culture du Jatropha et rendement

En conditions d'agriculture pluviale, le Jatropha est produit suivant trois systèmes de culture :

- en culture pure, avec souvent une phase d'association culturale au moment de l'installation de la plantation ;
- en association avec des cultures annuelles pendant tout le cycle de la plantation ;
- sous forme de haies vives.

Dans ces systèmes de culture, les quantités d'intrants appliquées sont très variables. Compte tenu du coût élevé des engrais chimiques et des pesticides, et des incertitudes sur la productivité du Jatropha dans les conditions climato-édaphiques du Burkina Faso, les agriculteurs dans la majorité n'utilisent pas d'intrants chimique dans la production. Les densités de plantation sont respectivement en moyenne de 1 100 plantes/ha (3x3) en culture pure, de 400 plantes/ha (une plante tous les mètres) pour les haies vives, et varient de 400 à 834 plantes/ha (5x5 ; 10x2 ; 4x3) pour les dispositifs de cultures associées.

Dans les zones d'étude, l'entrée en production des plantes de Jatropha est lente. En culture pure, pour les parcelles les mieux entretenues, sans taille et sans application d'intrants chimiques, le niveau de rendement obtenu en quatrième et cinquième années ne dépasse pas les 300 kg/ha dans les meilleurs des cas. En Tanzanie, dans une plantation située dans une zone recevant un niveau de pluviosité équivalent à celui du Burkina Faso, le rendement atteint en sixième année plafonnait à 875 kg/ha (Wahl et al., 2009). Au Kenya, en conditions paysannes avec très peu d'application d'intrants, le rendement ne dépasse pas en moyenne 150 kg/ha après six ans de culture (Liyama et al., 2013).

Selon les prévisions faites par Ouédraogo (2000) sur le potentiel de production du Jatropha en fonction des caractéristiques abiotiques du milieu, les rendements au Burkina Faso devraient se situer entre 500 et 2 000 kg/ha (Ouédraogo, 2000). Il est donc très peu probable qu'au Burkina Faso, le rendement en graines sèches de Jatropha dépasse en moyenne les 1000 kg/ha en phase de pleine production en conditions paysannes avec le matériel de plantation actuellement utilisé et sans application d'intrants.

Selon les mesures que nous avons réalisées sur deux haies âgées respectivement de 4 et 7 ans, 1 mètre de haie d'arbres adultes de Jatropha produit entre 0,78 et 1 kg de graines sèches. Ces données confirment celles de Henning concernant la production de haies de Jatropha au Mali (Henning, 2009).

2. Evaluation des performances technico-économiques des trois principaux systèmes de culture du Jatropha

L'évaluation des performances technico-économiques des trois systèmes de culture du Jatropha a consisté à calculer pour chacun d'eux la valeur ajoutée brute par ha (VAB/ha) et par Homme.jour[30] (VAB/h.j) générées pendant une année par les seules plantes de Jatropha après leur entrée en production. Quel que soit le mode de plantation, les agriculteurs n'ont pas utilisé d'intrants chimiques ; ils ont recours a de l'amendement organique de façon intermittente lorsqu'ils en disposent. De ce fait, aucune consommation intermédiaire n'est considérée dans les estimations. Les performances des différents modes de culture du Jatropha ont été comparées aux systèmes de culture pratiqués dans le pays.

Sur base de nos observations de terrain et des informations disponibles concernant la production du Jatropha dans des conditions similaires à celles du Burkina Faso, les rendements utilisés pour calculer la rentabilité des modes de production comparés s'élèvent à 1 250 kg/ha de graines sèches en culture pure, et 0,9 kg de graines sèches par mètre de haie vive. La gamme de rendements retenue pour la production en culture pure correspond à des hypothèses qui tiennent compte de la variabilité du potentiel de production naturel du milieu et de la qualité variable de la réalisation des entretiens culturaux observée chez les producteurs. Le rendement de 1 250 kg/ha concerne une situation où les plantations (portées par les promoteurs) sont mises en place sur des sols fertiles, avec un matériel végétal

[30] 1 H.j (Homme-jour) = 8 heure de travail d'un seul Homme par jour.

sélectionné, et font l'objet d'un très bon entretien. Pour le système de production en association, en tenant compte de la concurrence entre le Jatropha et les cultures intercalaires, l'estimation du rendement suivant l'écartement a donné 800 et 500 kg/ha respectivement pour des écartements de 6X3 et 10X2.

Le nombre moyen de journées de travail nécessaires par an et par hectare pour cultiver les plantes de Jatropha selon les quatre grandes modalités étudiées est repris au tableau 11.

Tableau 11 : Nombre moyen de journées de travail consacrées aux plantes de Jatropha ayant atteint leur phase de production dans les systèmes de culture comparés.

	Opérations culturales[31]				
	Sarclage	Taille	Récolte	Protection	Total
Culture Pure (1250 kg/ha)	15	3,5	65	5	88,5
Culture Associée (800 Kg/ha)	10	3	40	5	58
Culture Associée (500 Kg/ha)	0	2	25	5	32
Haie vive (360 kg/ha)	0	1	18	5	24

2.1. Évaluation de la productivité brute de la terre

La productivité brute de la terre (VAB/ ha) générée par le Jatropha en pleine maturité les a été comparée avec celle des principaux systèmes de cultures pratiqués au niveau du pays (figure 13). Il s'agit de la rotation sorgho/arachide sans intrants et sans jachère (système de culture traditionnel) dont la VAB/ha atteint 85 000 F CFA (130 euros) et de la rotation arachide/cotonnier/maïs avec intrants et sans jachère (système de culture de rente) qui génère une VAB/ha de 247 000 F CFA (376 euros) (DGPER, 2012). En considérant le prix d'achat des graines de Jatropha pratiqué au Burkina Faso en 2013 (100 F CFA/kg ~ 0,11 euro/kg), on constate que seule la culture pure avec un rendement supérieur à 1250 kg/ha donne une productivité brute de la terre plus élevée que celle du système de culture traditionnel le moins performant. On constate également que même à un prix d'achat des graines à 150 F CFA (0,23 euro/kg), aucun des modes de culture comparés ne dépasse le niveau moyen de VAB/ha du système de culture traditionnel le plus performant. L'atteinte d'un niveau de performance au moins équivalent à celui du système de culture le plus rentable suppose une augmentation très importante du prix d'achat des graines et du rendement du Jatropha par rapport au maximum de 1000 kg/ha attendu en l'absence d'application d'intrants.

[31] Le temps consacré aux activités de post-récolte n'a pas été pris en compte dans nos calculs car ces activités seront effectuées par les transformateurs de graines.

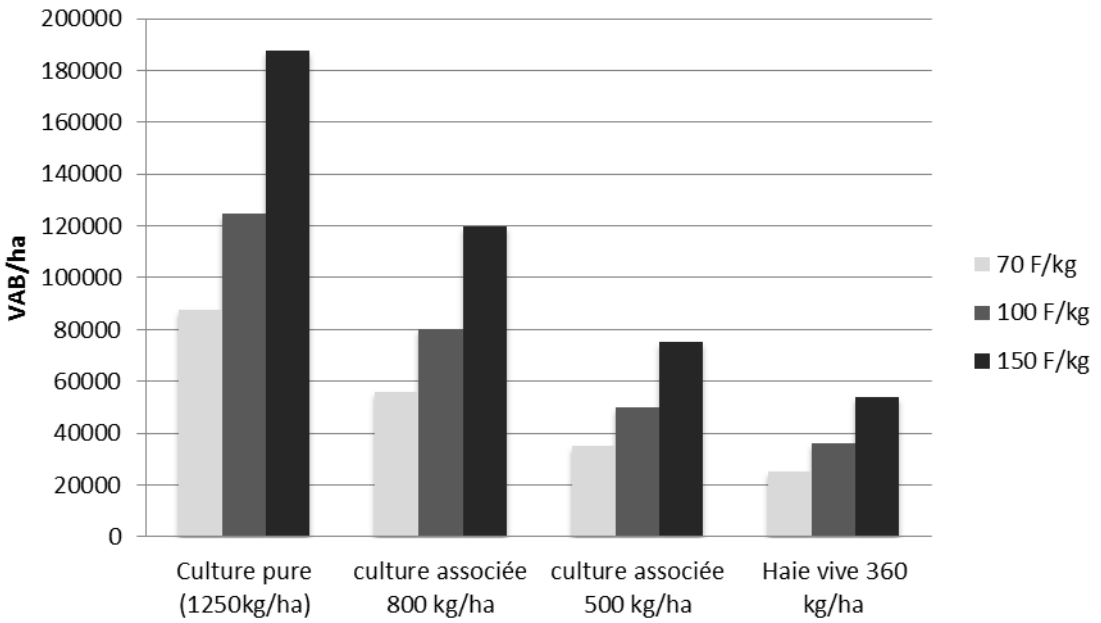


Figure 11 : variation de la productivité brute de la terre (VAB/ha) générée par les plantes de Jatropha cultivée seule (1250 kg/ha), en association (800 et 500 kg/ha) et sous forme de haie vive en fonction du prix d'achat des graines

En considérant un prix d'achat du Jatropha à 70 FCFA/kg, l'association du Jatropha au système de production le plus rentable conduit également à une diminution de la productivité brute de la terre (Voir figure 14). Dans cette configuration pour avoir la même productivité que le système de culture le plus rentable, il faudra une augmentation du prix de la graine. Cependant en intégrant le Jatropha sous forme de haie dans le système de culture le plus performant, la productivité brute de la terre reste constante (voir figure 14). La productivité 247 000 FCFA/ha, quelle que soit l'hypothèse de prix considérée.

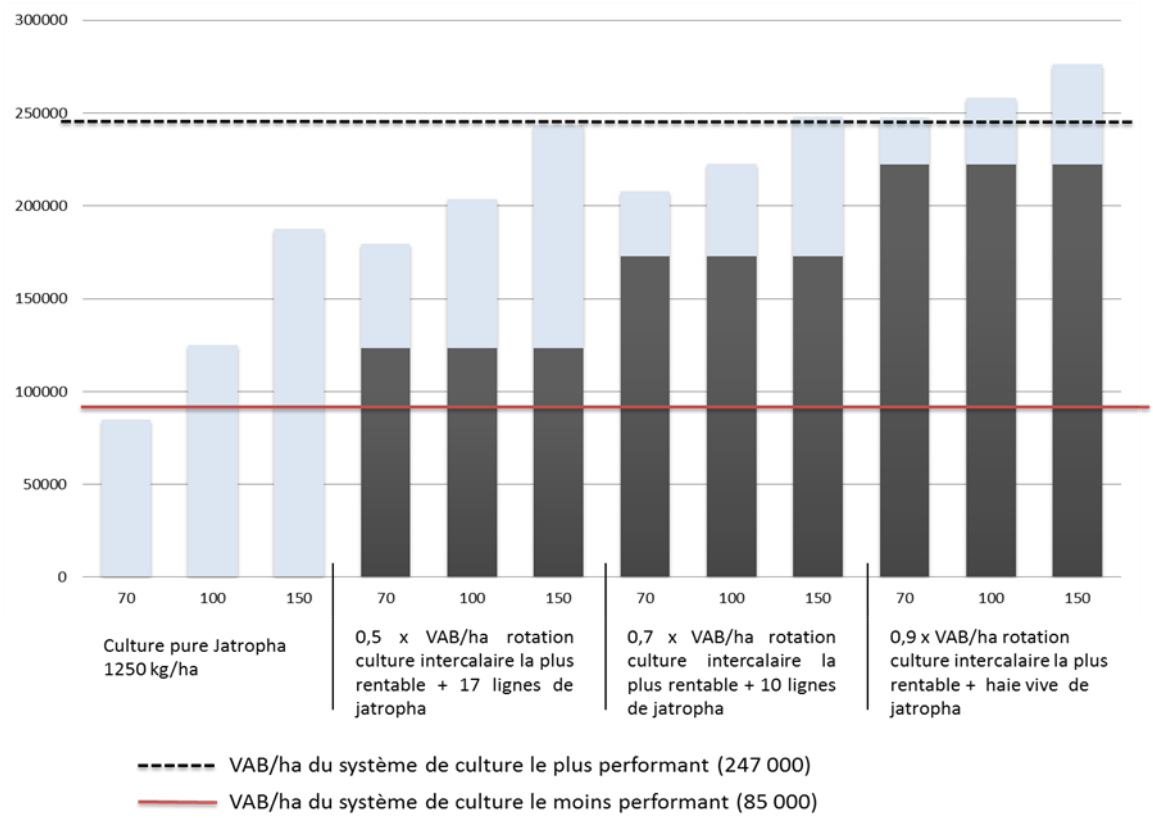


Figure 12 : Comparaison de la productivité brute de la terre (VAB/ha) de quatre systèmes de culture : la culture pure de Jatropha, le système de culture annuel le plus performant entouré par une haie de Jatropha, et les associations (6x3 et 10x2) Jatropha-culture

2.2 Évaluation de la productivité brute du travail

Pour un prix d'achat des graines sèches de 70 F CFA/kg, quel que soit le type de plantation considéré, la rémunération brute du travail familial consacré à l'exploitation extensive des seules plantes de Jatropha est proche des 900 F CFA/h.j (1,37 euro/h.j). Cette valeur est équivalente à celle générés par le système de culture traditionnel le moins performant, mais largement inférieure aux 1 750 F CFA/h.j (2,67 euros/h.j) obtenus dans le système de culture le plus performant (voir figure 15). Pour que cette VAB/h.j atteigne la rémunération brute de travail du système le plus performant, il faudrait que le prix d'achat des graines passe de 70 F/Kg à 125 F/Kg. Sachant qu'il faut entre 4 à 5 Kg de graines pour produire 1 litre d'huile végétale pure (Henning, 2009; Tatsidjodoung et al., 2012), le prix minimal d'un litre de biocarburant serait de 625 F sans prise en compte des coûts inhérents à la transformation. En comparant ce prix minimal au prix du diesel actuel (700 F/l), on peut conclure que dans de telle situation le biocarburant à base de Jatropha n'est pas concurrentiel face au carburant fossile.

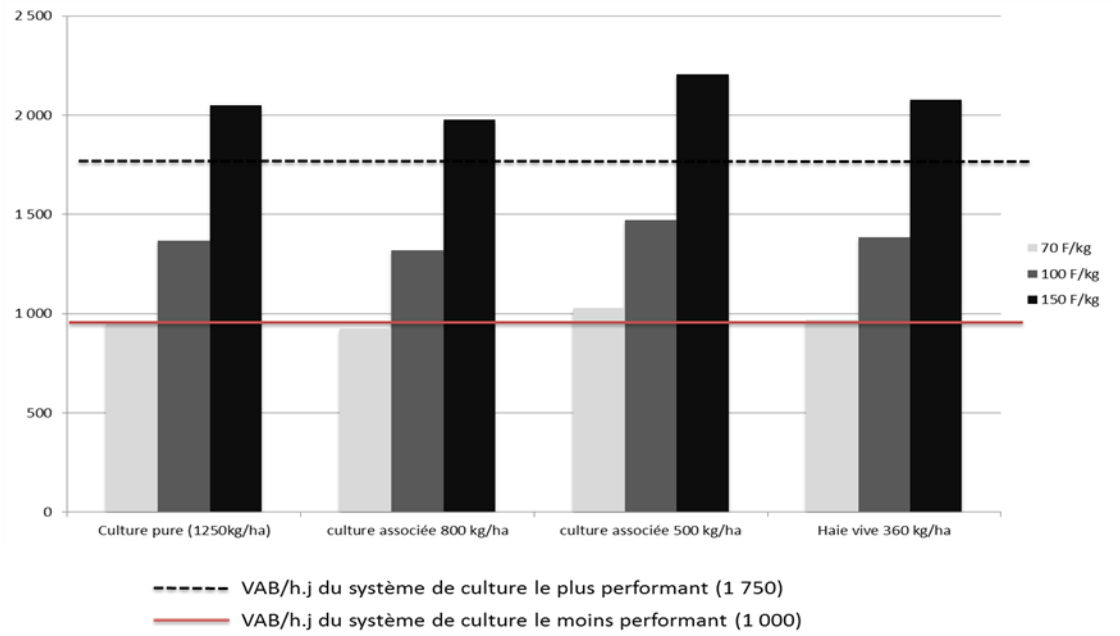


Figure 13 : Variation de la productivité brute de travail (VAB/h.j) générée par les plantes de Jatropha cultivées seules, en association et sous forme de haie vive en fonction du prix d'achat des graines

3. Perspectives d'évolution des systèmes de culture incluant le Jatropha

Avec le matériel de plantation utilisé actuellement, la culture du Jatropha ne devrait pas générer avant plusieurs années, et ce même en supposant que le prix d'achat des graines augmente fortement, une VAB/ha supérieure à celle du système de culture de rente actuel. La déception causée par la lenteur d'entrée en pleine production et par les faibles rendements atteints les premières années s'est traduite par l'abandon des plantations de Jatropha par un grand nombre de producteurs. A titre d'exemple, sur 850 plantations de Jatropha répertoriées en 2009 dans la localité de Léo, il n'en restait plus que 530 en 2012. Le même constat a été fait dans d'autres parties du monde (Ariza-Montobbio et al., 2010; Axelsson et al., 2012; Ghokale, 2008).

Le dispositif de culture en « *alley cropping* [32]» semble prometteur. Ce type d'association culturale permet de bénéficier en partie des avantages apportés par les haies vives : création d'un microclimat favorable au développement des cultures intercalaires. A cela s'ajoute une meilleure exploitation des ressources disponibles (eau, éléments nutritifs, insolation) ; une meilleure gestion de la fertilité grâce à l'application des émondes à la surface du sol.

[32] Culture en association où le Jatropha est disposé sous forme de rangées généralement en 10x2 ou 6x3

L'association culturale devrait également permettre de limiter sensiblement les coûts d'opportunité liés à l'installation des plantations de Jatropha et d'atteindre, même pour un prix d'achat des graines de 70 F CFA/kg, des niveaux de VAB/ha similaires à ceux du système de culture le plus rentable.

Dans ce type de système, il devrait en effet être possible de continuer à produire les cultures habituellement pratiquées dans les localités en limitant fortement le manque à gagner lié à la plantation des Jatropha en attendant qu'ils entrent en pleine production. L'écartement spacieux observé dans ce système de production permet de réaliser en traction animale les opérations nécessaires à l'installation et à l'entretien des cultures intercalaires. Ce faisant, ils favorisent le bon développement des Jatropha. La principale limite à la diffusion de ce type d'association culturale, concerne l'absence de variétés améliorées de Jatropha. L'amélioration de la qualité du matériel de plantation est donc indispensable pour augmenter la rentabilité de la culture du Jatropha. De ce point de vue, il est nécessaire de sélectionner des variétés beaucoup plus précoces et plus productives

Au regard de nos analyses, il ressort que le Jatropha cultivé en plein champ (culture pure ou en association) apparait non rentable pour les agriculteurs en termes de valeur ajoutée brute par unité de surface par rapport aux cultures vivrières. Le Jatropha produit sous ces deux systèmes culturaux, est loin d'augmenter le pouvoir d'achat des agriculteurs et par conséquent l'accessibilité alimentaire. L'activité de production du Jatropha génère certes une entrée d'argent, mais ce revenu est faible comparé au revenu procuré les cultures traditionnelles.

L'installation du Jatropha en haie vive présente le même niveau de productivité de terre et du travail. Tant que le prix d'achat des graines n'augmente pas et reste autour de 70 Fcfa, l'argument financier devrait dissuader les agriculteurs de planter le Jatropha en plein champ. Le Jatropha pourrait devenir rentable si toutefois le prix d'achat des graines atteigne les 150 F/Kg. Cependant c'est la rentabilité en termes du coût de l'huile ou du biocarburant qui est remise en cause. Le prix du biocarburant à base de Jatropha serait non concurrentiel au prix des carburants fossiles même en milieu rural.

Ces résultats sont par ailleurs incomplets car ils n'intègrent pas les coûts de post-récolte et les coûts fixes au niveau micro-économique liés à l'installation du Jatropha. Ces investissements non négligeables pour les agriculteurs portent sur la réalisation d'une pépinière, l'implantation, la protection, le remplacement des plants manquants, le décorticage et séchage

des graines (Cf. Annexe 7). Ces coûts sont aussi importants pour l'adoption de la culture que les coûts de production estimés dans notre analyse. Ces différents coûts peuvent représenter un investissement conséquent pouvant entraver l'adoption du Jatropha. La littérature portant sur l'introduction des cultures pérennes chez les agriculteurs (Nai Nai et al., 2000; Gafsi, 2007; Penot et Ollivier, 2009), met en exergue le caractère souvent rédhibitoire des investissement initiaux pour l'introduction des cultures pérennes.

L'absence de ces coûts d'installation dans l'évaluation de la productivité du Jatropha ne correspond pas aux logiques d'intervention des producteurs ; mais elle permet de caractériser les performances intrinsèques de la culture du Jatropha. Il convient de noter que l'intégration des « amortissements » des coûts de travail d'implantation et de regarnissage, ne fait que renforcer le caractère non rentable du Jatropha.

Au regard de ces résultats, quel que soit le système de culture pratiqué actuellement, le Jatropha est loin d'être rentable. L'hypothèse dans laquelle le Jatropha est présenté comme un vecteur d'amélioration de l'accessibilité alimentaire à travers le revenu procuré n'est pas vérifiée. La production de culture traditionnelle génère autant voir plus de revenu que de produire du Jatropha dans la situation actuelle. Les agriculteurs qui sont arrivé à faire ce constat de la faible rentabilité financière du Jatropha sont en train d'abandonner ou de réduire l'investissement (temps, travail, terre) dans sa production. Cette situation de non rentabilité constitue une entrave au développement du Jatropha pourtant nécessaire pour l'émergence du secteur biocarburant. Elle est une condition d'adoption du Jatropha, et par conséquent une condition de la transition énergétique qui repose sur les biocarburants que nos travaux ne permettent pas de confirmer.

Conclusion

Dans les pays d'ASS, et au Burkina Faso de manière spécifique l'objectif primaire de l'activité des agriculteurs étant la satisfaction des besoins alimentaires, l'introduction de cultures énergétiques telles que le Jatropha soulève plein de débats sur les conséquences sur la sécurité alimentaire. Nous avons tenu à apporter des éclairages sur ces débats dans le contexte burkinabé. L'analyse de l'impact du développement du Jatropha a porté sur deux dimensions de la sécurité alimentaire à savoir la disponibilité et l'accessibilité alimentaire.

L'analyse des effets sur la disponibilité alimentaire (niveau territoire et niveau exploitation) montre que la production du Jatropha est un vecteur de réduction de la production alimentaire. Au niveau territorial, le développement du Jatropha qui se traduit par une augmentation de la demande foncière, conduit à une à une réduction de la capacité de production alimentaire. Même avec une disponibilité relative de terres agricole dans les zones de développement du Jatropha, les incitations des promoteurs (culture de rente) conduisent les agriculteurs à cultiver le Jatropha sur les meilleures terres et donc à déplacer les cultures vivrières vers les parcelles moins productives.

L'analyse de l'impact de la production du Jatropha sur la disponibilité alimentaire au niveau de l'exploitation montre également une réduction de la production alimentaire. Cette réduction de la production alimentaire est ressentie de façon différente par les agriculteurs. Les petites exploitations du type « manuelle » perçoivent cette réduction comme un facteur d'aggravation de leur situation alimentaire. La réallocation des facteurs de production induite par l'introduction du Jatropha entraine une réduction de la production vivrière, non compensée actuellement par un gain de revenu. Pour les autres types d'exploitation (Attelée, motorisée), la production du Jatropha apparait sans effet sur la sécurité alimentaire à cause de leurs capacités à supporter les années improductives du Jatropha tout en attendant le revenu que va procurer la culture.

Pour l'analyse de l'impact du Jatropha sur l'accessibilité alimentaire, nous avons procédé à l'évaluation des perspectives de rentabilité de la culture afin de comparer le revenu procuré par cette dernière aux cultures traditionnelles. L'analyse des perspectives de rentabilité des trois principaux systèmes de culture de Jatropha montre que le système de production du Jatropha en plein champ, seule ou en association, est nettement moins rentable que le principal système de culture de rente (rotation arachide/cotonnier/maïs) pratiqué dans le pays.

L'installation de haies vives reste pour l'instant le seul système de culture rentable pour les agriculteurs. Ce système cultural, en plus de fournir un revenu complémentaire lié à la récolte des graines, les haies vives apportent différente externalités appréciés par les agriculteurs.

Au regard de l'analyse de l'impact du Jatropha sur la disponibilité et l'accessibilité alimentaire, nous pouvons conclure que le Jatropha dans l'état actuel ne contribue pas à l'amélioration de la sécurité alimentaire. Au contraire, son développement précarise la situation alimentaire des petites exploitations. Cette situation conduit à l'abandon et à la réduction des investissements dans la production du Jatropha. La sécurité alimentaire étant une condition de l'adoption du Jatropha, alors la détérioration de celle-ci entrave le développement du Jatropha pourtant nécessaire à l'émergence du secteur biocarburant.

CHAPITRE 6 : Analyse spatio-économique de l'adoption des technologies sur le Jatropha

Introduction

Le développement des zones rurales est au centre des mécanismes de lutte contre la pauvreté dans les pays moins avancés et les biocarburants dont le Jatropha sont présentés comme une opportunité centrale pour diminuer la « *pauvreté énergétique*[33] » en d'ASS (Amigun et al., 2011; Mangoyana, 2009; Bruggeman et al., 2010). La réalisation de cette opportunité dépend cependant des conditions de réussite du processus d'innovation en cours dans le sous-secteur émergent des bioénergies au Burkina Faso. Au regard de nos cadrages théoriques et hypothèses de recherche, un élément de cette réussite en complément des conditions micro économiques déjà examiné, repose sur les conditions territoriales inhérentes au rôle de la proximité des agents dans la structuration du processus d'innovation biocarburant.

Nous proposons d'analyser les influences de la proximité sur le processus d'innovation lié à la transition énergétique vers les biocarburants. Il s'agira d'analyser le rôle des externalités organisationnelles liées aux projets biocarburant sur les processus d'adoption du Jatropha des agriculteurs. Au centre de ces externalités, nous situons en relation avec nos résultats, les économies d'agglomération que génère la proximité des différents acteurs de la filière. Afin de caractériser ces effets d'agglomération, nous allons procéder comme suit : (1) représenter les différents modèles de développement des filières de Jatropha au Burkina Faso ; (2) caractériser les économies d'agglomération observées au niveau de ces filières et (3) analyser les relations entre les économies d'agglomération et le développement des filières biocarburant à base de Jatropha. Nous analyserons plus en détail le rôle de la localisation (regroupement spatial des agents d'activités identiques ou complémentaires).

[33] La pauvreté énergétique est définie par le PNUD comme l'absence de choix qui donnerait au pays accès à des énergies adéquates, abordables, efficaces et durable pour supporter le développement économique et humain. Un indicateur précis est le nombre de personnes connectées à des sources d'énergie conventionnelles comme l'électricité.

I. Typologie des filières biocarburants à base de Jatropha au Burkina Faso

Nous entendons par filière biocarburant, dans le cadre de cette étude, l'ensemble des agents économiques qui concourent directement à l'élaboration d'un produit final, c'est à dire à la production, puis à la transformation et à l'acheminement, jusqu'au marché, du biocarburant. La filière permet ainsi de suivre la traçabilité du biocarburant, depuis la production de la matière première jusqu'à la consommation finale, en passant par son transport et son conditionnement.

Les trois principaux niveaux de la filière sont les maillons de production, de transformation et de commercialisation/utilisation. Dans chacun des maillons sont menées des activités ou des opérations complémentaires en vue d'obtenir un produit susceptible de donner satisfaction aux consommateurs intermédiaires et finaux. Ainsi, les acteurs de ces différents maillons sont des éléments importants à la caractérisation d'une filière.

1. Caractérisation des acteurs de production des biocarburants

La production des biocarburants à base de Jatropha au Burkina Faso est issue de canaux multiples avec l'implication d'acteurs différents (Derra et al., 2012a; Gatete and Dabat, 2014). Leurs genèses sont diverses et hétérogènes : projets financés par des agences de coopération ; impulsion par l'assistance technique (coopérant étranger au niveau des ministères); investissement d'ONG ou implantation de multinationales généralement en joint-venture.

Nous catégorisons les acteurs selon leurs fonctions principales : production de Jatropha, collecte, transformation en biocarburants, commercialisation et consommation. Ainsi l'ensemble des agents économiques qui ont une action de production et de service liées au processus réel de production, constitue un système acteur. Ce sous système acteur que nous appelons « *système d'acteur entrepreneurial* » est la composante du système d'innovation que nous avons décrit dans le chapitre 2, comme étant le lieu du système d'innovation où se transforme les connaissances codifiées et tacites, les informations, les ressources financières ; en activités économiques de productions et d'utilisation des biocarburants pour la transition énergétique.

Du fait du développement récent des biocarburants, les activités de collecte des graines de Jatropha ou de commercialisation du biocarburant sont souvent intégrées par les industriels

chargés de la production de biocarburants[34] (Derra et al., 2013). Dans l'identification des acteurs de la filière, nous ne distinguerons donc pas les acteurs de ces activités mais nous montrerons comment ces activités (collecte de graine et commercialisation du biocarburant) sont internalisées selon différentes modalités, et structurent donc différents modèles de filières possibles. Le tableau ci-dessous classe les différents acteurs selon leurs principales fonctions de la filière :

- **Production de Jatropha.** On distingue trois acteurs principaux : les agriculteurs, les coopératives ou association et les « entreprises agricoles[35] ».
- **Transformation de Jatropha.** On rencontre également trois catégories d'acteurs : les ONG; les associations ou coopératives et les industriels. Pour les deux premiers types de transformateurs, l'activité se limite à la production d'HVC (huile végétale carburant) car la transformation en biodiesel nécessite une technicité et une quantité conséquente de graines que ces derniers ne disposent généralement pas.
- **Utilisation du biocarburant.** Les utilisateurs de biocarburant ont été classés en trois groupes en fonction du lieu de la consommation : (i) les usagers ruraux qui se concentrent à proximité de l'aire de production de la culture énergétique ; (ii) les usagers industriels ; (iii) les usagers urbains (ménages urbains, industries, transport).

[34] Notons que dans une analyse approfondie et en particulier dans une analyse économique, cette fonction s'avère très importante à distinguer, qu'elle soit internalisée ou pas, étant donné la spécificité de ces filières énergétiques qui peuvent être très longues (exportation) ou très courtes (production et usage très localisés).

[35] Le terme « entreprise agricole » concerne les exploitations dont le résultat financier est l'objectif principal.

Tableau 12 : Matrice d'identification des agents et leurs fonctions

Production agricole		Transformation		Consommation	
Type d'acteur	**Fonctions**	**Type d'acteur**	**Fonctions**	**Type d'acteur**	**Fonctions**
Agriculteurs	Production du Jatropha sur des champs individuels	ONG	Transformation des graines en HVC dans une presse appartenant à l'ONG	Usagers ruraux	Utilisation de dans les activités agricoles
					Electrification rurale
					Activité économique rurale
					Utilisation domestique
Coopératives ou association	Production du Jatropha sur des terres collectives et/ou regroupement des agriculteurs individuels en coopératives	Associations ou coopératives (Impulsion, Aprojer)	Transformation des graines de Jatropha en HVC dans une huilerie collective (presse de petite capacité de trituration)	Industriels	Autoconsommation du biodiesel ou HVC produit
Entreprises agricoles	Production du Jatropha par des agrobusiness avec emplois salariés ou contrat avec des paysans pour s'approvisionner en graines	Industriels (SN CITEC, STAB, Agritech, Belwet)	Transformation des graines en HVC puis en biodiesel dans des unités industrielles (presse à grande capacité de transformation)	Usagers urbains et internationaux	Production d'électricité,
					Transport
					Utilisation domestique

Cette matrice d'identification des agents productifs permet de construire plusieurs scénarios de filières dans lesquels, on pourra retrouver des situations réelles et celles qui pourraient émerger dans les années à venir.

2. Les archétypes des filières de production de biocarburant à base de *Jatropha curcas*

Sur la base des acteurs que nous avons énumérés dans le tableau 9, nous avons effectué une combinaison suivant les fonctions. Nous avons obtenu 27 combinaisons possibles (Tableau 10) sur lesquelles nous construisons des archétypes de filière. Nous définissons un archétype de filière comme un prototype ou une représentation purement idéale des réalités possibles dans les filières.

Tableau 13 : Ensemble des combinaisons entre les différents acteurs

Producteurs de Jatropha	Transformateurs	Utilisateurs de biocarburants	Combinaisons
(1) Agriculteurs	(1) ONG	(1) Usagers ruraux	(1) - (1) - (1)
		(2) Industriels	(1) - (1) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(1) - (1) - (3)
	(2) Associations ou coopératives	(1) Usagers ruraux	(1) - (2) - (1)
		(2) Industriels	(1) - (2) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(1) - (2) - (3)
	(3) Industriels	(1) Usagers ruraux	(1) - (3) - (1)
		(2) Industriels	(1) - (3) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(1) - (3) - (3)
(2) Coopératives ou association	(1) ONG	(1) Usagers ruraux	(2) - (1) - (1)
		(2) Industriels	(2) - (1) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(2) - (1) - (3)
	(2) Associations ou coopératives	(1) Usagers ruraux	(2) - (2) - (1)
		(2) Industriels	(2) - (2) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(2) - (2) - (3)
	(3) Industriels	(1) Usagers ruraux	(2) - (3) - (1)
		(2) Industriels	(2) - (3) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(2) - (3) - (3)
(3) Entreprises agricoles	(1) ONG	(1) Usagers ruraux	(3) - (1) - (1)
		(2) Industriels	(3) - (1) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(3) - (1) - (3)
	(2) Associations ou coopératives	(1) Usagers ruraux	(3) - (2) - (1)
		(2)Industriels	(3) - (2) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(3) - (2) - (3)
	(3) Industriels	(1) Usagers ruraux	(3) - (3) - (1)
		(2)Industriels	(3) - (3) - (2)
		(3) Usagers urbains et internationaux	(3) - (3) - (3)

Suite à la combinaison des acteurs, nous avons procédé à un regroupement des combinaisons qui sont proches afin de former l'archétype de filière. Le regroupement s'est fait sur la base de la capacité de production des acteurs à répondre à la finalité de la filière. De ce fait, certaines combinaisons ont été écartées car elles sont jugées non cohérentes et improbables. Les critères d'exclusion de ces combinaisons se basent sur les postulats suivants :

- Les transformateurs de type ONG ou association ne pourront pas fournir directement des consommateurs de type industriels, usagers nationaux ou internationaux. Ces acteurs lorsqu'ils exercent dans la transformation des graines, ne disposent pas de machines de grande capacité de traitement pour répondre à la demande des usagers.

- La production de biocarburant par les entreprises industrielles ne peut être destinée uniquement à des usagers ruraux. Le volume traité est en général supérieur à la demande rurale.
- Les entreprises agricoles qui sont souvent une extension des industriels transformateurs ne peuvent fournir leurs graines qu'aux industriels à cause de l'importance de leurs productions.

A l'issue de ce regroupement, nous avons obtenu archétypes de filière que l'on décrit dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Typologie des filières de production de biocarburants à partir du Jatropha

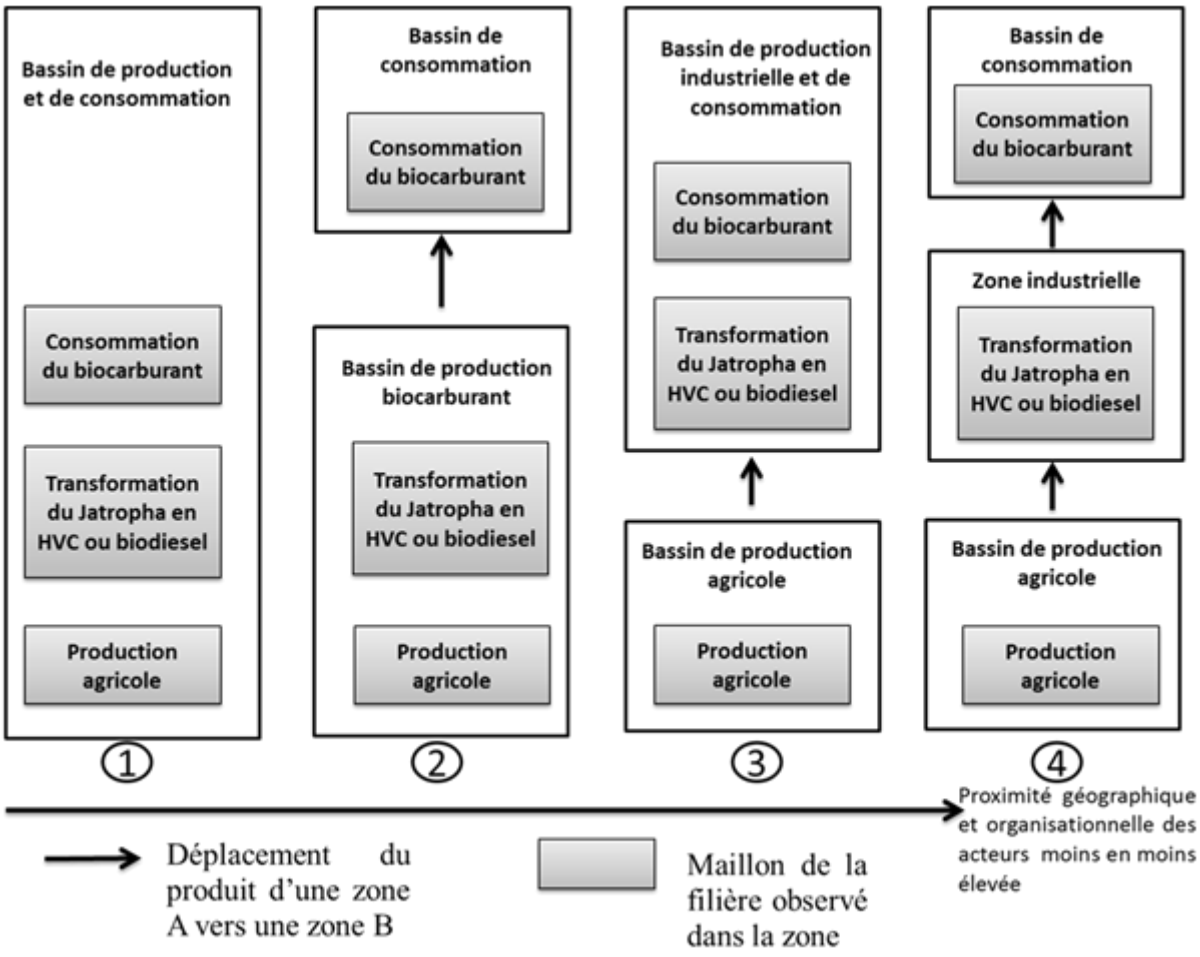
Type de filière	Combinaison d'acteurs et description du type de filière
Archétype 1 : Filière locale	**Agriculteurs → association/ONG → usagers ruraux** La production, transformation et consommation sont localisées au niveau de la zone de production. La production du Jatropha est assurée par des agriculteurs individuels et indépendants. Le pressage des graines est fait par une association, une ONG, ou par une huilerie artisanale déjà existante dans la zone. Le produit final est l'HVC, commercialisée localement aux agriculteurs qui peuvent l'utiliser dans les moteurs statiques (de type motopompes), ou bien transformée en électricité dans les PMF et destinée aux ménages ou aux acteurs économiques ruraux.
Archétype 2 : Coopérative	**coopératives → coopérative/ONG → usager local** La production de Jatropha est assurée par les agriculteurs adhérents à la coopérative. Le pressage et la commercialisation est à la charge de la coopérative. Les capacités techniques financières et managériales des coopératives seront déterminantes ainsi que la localisation des acheteurs d'huile. Il est fort probable que la coopérative vise en priorité la satisfaction de la demande locale (ménage, PMF, agent économique local, etc.). Cependant lorsque la capacité de production est grande, la coopérative peut desservir en HVC des coopératives de transformation agroalimentaire ou d'autres industries.
Archétype 3 : Social business	**Agriculteur, coopérative → industriel → usager local** Filière construite autour d'une société privée ayant un objectif double : améliorer les conditions de vie des agriculteurs en achetant les graines à un prix rémunérateur et proposer un produit final (HVC) accessible à une population rurale. Tous les bénéfices sont réinvestis dans les activités productives de l'entreprise. Les fournisseurs de matière première sont les agriculteurs mais peuvent aussi être réunis en coopérative. La société ne produit que de l'HVC et la vend localement aux ménages et agents économiques ruraux. La société peut éventuellement assurer une partie de la production agricole pour sécuriser son approvisionnement et assurer la formation des producteurs contractualisés.
Archétype 4 : Industriel	**agriculteur, entreprise agricole → industriel → industries, usager national et international** L'objectif est la production de biocarburants pour une consommation de grande envergure. Le transformateur s'approvisionne en graines auprès d'agriculteurs individuels ou de coopératives de commercialisation de Jatropha. L'industriel peut se spécialiser dans la production de biodiesel et acheter directement l'huile auprès de coopératives ou d'huileries artisanales. Le biocarburant est destiné à d'autres industriels ou au marché domestique, voire international.
Archétype 5 : Industriel intégrée	**industriel → industriel → industrie, usager national et étranger** L'industriel maîtrise toute cette filière. La production de matière première est totalement intégrée. Ce modèle de filière nécessite de grandes disponibilités foncières et groupées (un seul tenant ou bien plusieurs blocs de production). Le produit commercialisé sur le marché intérieur et extérieur est uniquement du biodiesel.

Cette typologie est issue d'un travail collectif élaboré en interaction avec d'autres doctorants et chercheurs dans le cadre du programme de recherche initié par le 2iE. L'objet de ce travail était de construire une typologie exhaustive des filières susceptibles d'émerger en Afrique de l'Ouest, puis d'élaborer une grille d'évaluation de leur durabilité respectant les trois piliers du développement durable. Le résultat de cette réflexion collective a fait l'objet d'une communication dans une conférence (cf. Annexe 8).

La construction de ces archétypes s'est appuyée sur une revue de la littérature des filières biocarburants croisée aux connaissances du développement des biocarburants au niveau de l'Afrique de l'ouest (Derra et al., 2013). Après construction théorique, ces archétypes ont été validés lors d'un atelier participatif regroupant des chercheurs, des promoteurs, des représentants d'organisation paysanne et des autorités politiques.

Nous utilisons ces archétypes pour analyser les conditions territoriales de l'émergence des biocarburants c'est-à-dire l'influence de la proximité des acteurs dans le processus d'innovation. A cet effet, nous avons regroupé les archétypes suivant la proximité spatiale des agents de la filière. Ce regroupement va nous permettre de révéler les économies d'agglomération qui joue un rôle sur le processus d'adoption.

De ces 5 archétypes susmentionnés dans le tableau 11, nous obtenons 4 configurations spatiales que nous choisissons d'appeler modèle de développement des biocarburants pour faire la nuance avec les archétypes. Ces modèles sont représentés dans la figure ci-dessous.



Légende : Modèle 1 = locale intégrée ; Modèle 2 = production régionale ;
Modèle 3 = production urbaine ; Modèle 4 = agro-industrielle

Figure 14 : configuration spatiale du développement des biocarburants

La zone de production agricole appelé bassin d'approvisionnement regroupe les différentes unités de production du Jatropha qui approvisionnent la ou les unités de transformation du Jatropha en produits énergétiques. Elle constitue la partie amont de la filière de production.

La zone de consommation représente l'espace dans lequel le produit final circule de la sortie de l'unité de transformation jusqu'à l'utilisation.

Le tableau ci-dessous référence les dynamiques de proximité observées au niveau des 4 modèles de filière. Ces dynamiques ont été référencées à travers des enquêtes à dire d'expert que nous avons effectué auprès des 14 promoteurs de projet. Nous avons demandé aux promoteurs d'évaluer les différents modèles de filière suivant les coûts inhérents au transport des produits d'un maillon à un autre de la filière. Une échelle de notation de 1 à 5 est proposée pour l'estimation des coûts. Nous considérons que les coûts sont faibles pour les

valeurs 1 et 2 et élevés pour les valeurs 4 et 5. La valeur 3 représente une estimation moyenne des coûts.

Tableau 15 : différenciation des modèles suivant la proximité des acteurs

	Modèle de filière			
	Local intégré	**Production régional**	**Production urbaine**	**Agro-industriel**
Zone de production agricole	1 bassin circonscrit dans un rayon de 20 km	1 bassin circonscrit dans un rayon de 50 km	Plusieurs bassins	Plusieurs bassins
Cout de collecte de la graine	-	+	+++	+++
Zone de consommation	Idem que le bassin de production	Zone urbaine	Zone urbaine	Zone urbaine et internationale
Cout de distribution du biocarburant	faible	faible	grande	grande
Distance zone de production et zone de consommation (en km)	0	50	100	Supérieur à 100
Cout de transport	+	++	+++	+++
Proximité organisée[36]	+++	++	+	-

+ = faible ; ++ = moyen ; +++ = élevé

Le modèle « local intégré », couramment dénommée filière « circuit court » regroupe les filières dont la chaine de la production à la consommation se situe dans une même localité géographique. Cette configuration regroupe les archétypes 1 à 3 (filière locale, coopérative, social business) à cause de la proximité géographique des acteurs de la filière. Dans ce modèle de filière, la collecte des graines et la commercialisation du biocarburant sont internalisées par le transformateur. Le rayon du bassin de production du Jatropha étant relativement faible (inférieur à 20 km), les agriculteurs peuvent livrer directement leurs productions à l'unité de transformation ou les regrouper en un lieu afin et dont le transport jusqu'à l'unité de transformation sera assuré par le transformateur. Après transformation des graines en produits énergétiques, la distribution est effectuée par le transformateur. Les coûts

[36] La proximité organisée se différencie de la proximité géographique (qui traduit une relation entre la distance kilométrique et le temps de transport) mais relationnelle. Par proximité organisée, on entend la capacité qu'offre une organisation de faire interagir ses membres. L'organisation facilite les interactions en son sein, en tous cas, les rend a priori plus faciles qu'avec des unités situées à l'extérieur de l'organisation (Torre and Rallet, 2004). Les raisons qui expliquent cette facilité d'interaction sont la logique d'appartenance et la logique de similitude.

de transport (graines, biocarburant) sont faibles dans ce modèle à cause de la faible distance entre les différents maillons de la filière.

Les impacts de ce modèle de filière s'observent exclusivement dans la zone de production. En outre, cette configuration génère des externalités sur développement en milieu rural actuellement non connecté ou faiblement aux sources d'énergies conventionnelles car elle permet un accès aux services énergétiques en milieu villageois ce qui a des conséquences complémentaires sur (i) l''amélioration des conditions de vie des ménages ; (ii) le développement d'activités génératrices de revenus (intensification de l'agriculture, transformation des produits agricoles, diversification des activités économiques…).

Ce modèle de filière est au centre des projets promus par des ONG ou les organismes de développement avec pour objectif l'électrification rurale ou la diversification des activités économiques en milieu rural.

A l'opposé du modèle « local intégré », nous avons **le modèle « agro-industriel »**. Dans ce modèle, les acteurs des trois maillons principaux de la filière sont dans des localités spatiales différentes. Dans ce modèle de filière, la collecte des graines de Jatropha est assurée par des intermédiaires dans chaque bassin de production agricole. Ces collecteurs peuvent être acteurs indépendants ou des représentants des industries de transformation dans chaque bassin de production. La commercialisation du biocarburant est l'apanage de distributeurs agréés par l'industrie de transformation. Elle peut être centralisée chez un seul distributeur qui aura la charge d'approvisionner des détaillants, à l'instar de ce qui est fait dans les hydrocarbures avec la SONABHY. Les coûts de transport (graine, biocarburant) sont un paramètre très important dans ce modèle à cause de l'éloignement des différents acteurs.

Ce scénario se caractérise par des investissements conséquents tant dans l'unité de transformation des graines (Volume à traiter important) que dans la logistique d'approvisionnement en matières premières (bassin de production agricole très disséminés). L'essor de ce modèle est conditionné par l'existence d'une certaine forme de contractualisation entre les agents. Par exemple, les agriculteurs dont la seule motivation à cultiver le Jatropha est le gain de revenu, ont besoin d'être rassurer d'un certain seuil de rentabilité car les graines ne sont pas valorisable sur d'autres marchés. Une contractualisation dans ce cas, est susceptible de stimuler la production et de générer une confiance réciproque entre les agents.

Ce modèle de filière a pour objectif principal la production de biocarburant pour le transport et pour l'exportation. Les projets biocarburant répertoriés dans cette catégorie (Agritech, Belwet, Faso Biocarburant, Agro ED) sont portés par des entrepreneurs locaux ayant comme partenaires financiers des multinationales du secteur de l'énergie. Ces partenaires financiers à travers leurs financements ont eu pour objectif d'expérimenter si la production de biocarburants à base de Jatropha était une opportunité rentable. Après plusieurs années de financements sans résultats mais aussi de l'accentuation de critiques sur le développement des biocarburants en ASS, certains projets ont vu leur partenariat avec ces multinationales s'arrêter. Il s'agit notamment du projet Belwet, Agrro ED, Faso Biocarburant.

Concernant les modèles de filière intermédiaires, ils regroupent les filières ayant pour objectif l'approvisionnement des centres urbains. **Le modèle « production régionale »** représente les filières où les acteurs de la production (agricole et industrielle) des biocarburants sont dans une même localité. La différence avec le modèle « local intégré » réside au niveau du volume de production et du marché de l'output. Dans ce modèle, le bassin de production agricole couvre une surface plus grande (rayon de 50 km). La collecte et la commercialisation sont internalisées par le transformateur.

Pour **le modèle « production urbaine »**, La transformation se fait dans le bassin de consommation en général dans les zones industrielle des centres urbains. Ceci confère un avantage en termes de coût d'acheminement du biocarburant vers le marché. Cependant l'acheminement de la matière première pourrait s'avérer onéreux à cause de l'éparpillement des bassins de production agricole. Dans cette configuration, l'objectif est de produire du biocarburant pour la substitution du fuel lourd dans les industries agroalimentaire ou dans les centrales électriques.

Au vue de ces modèles, il est intéressant de se poser la question à savoir laquelle de ces configurations spatiales de développement de la technologie est la plus efficace en termes d'impacts des biocarburants sur le développement.

Ainsi pour évaluer les effets structurants de ces modèles sur le développement, nous avons analysé des documents de politique de développement afin de relever les objectifs principaux communs à ces politiques que nous utilisons comme critères pour l'évaluation des modèles de filière biocarburant. Les critères identifiés sont : revenus des agriculteurs, emploi rural,

accessibilité énergétique des ruraux, la balance commerciale, budget de l'Etat, modernisation de l'agriculture et le développement rural (cf. Annexe 8).

Pour le renseignement de ces critères, nous avons effectué des enquêtes à dire d'expert suivi d'un atelier de validation. Les enquêtes ont porté sur 60 personnes ressources, réparties comme suit :

- Acteurs publics (CICAFIB, FDE, CPF, etc.) : 20
- Chercheurs : 15
- Représentants d'OP : 10
- Autorités locales des : 15

Les indicateurs qui ont permis de référencer les critères pour l'évaluation des modèles de filière biocarburants sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Méthode de calcul ou d'évaluation des critères

Critère	Indicateur d'évaluation
Revenus agriculteurs	A partir d'un niveau de demande des biocarburants, on calcule les revenus agricoles et non agricoles tirés par les agriculteurs dans la filière REV_{agri}=moy_PROTxPRODxPRIX$_{graine}$ $REV_{non.agri}$=moy_PROT.contratxPRIX$_{tâche}$
Accès à l'énergie	Taux d'accès à l'énergie : faible – moyen – élevé
Emplois ruraux	Nombre d'acteurs ruraux dans la filière (en valeur relative) Taux= (Nbr emplois_rural_modèle) / (Nbr emplois-total_ filière)
Balance commerciale	Effet potentiel sur le TES : faible – moyen – fort
Budget de l'Etat	Effet direct sur le budget de l'Etat (subvention, fiscalité, taxe) : faible – moyen – fort
Agrobusiness	Indicateur qualitatif Critère aussi qualitatif sera évalué par les personnes course
Développement rural	Niveau de développement des AGR : faible – moyen – fort

Sur la base de ces indicateurs, nous avons évalué les conséquences potentielles des modèles de filière sur le développement. Le tableau ci-dessous résume cette évaluation.

Tableau 17 : Matrice des conséquences des modèles sur le développement

	local intégré	**production régionale**	**production urbaine**	**agro-industriel**
Revenus agriculteurs	+++	+++	+	+
Emplois rural	+++	++	+	+
Accès à l'énergie	+++	++	+	+
Balance commerciale	+	+	++	+++
Budget de l'Etat	+	+	++	+++
Agrobusiness	-	-	++	++
développement rural	+++	++	+	+

- = néant ; + = faible ; ++ = moyen ; +++ = fort

L'évaluation montre que le modèle « local intégré » présente des impacts plus importants en termes de création de revenus en zones rurales et de développement local (électrification, services sociaux, transformation et conservation agro-alimentaire) que le modèle agroindustriel. Cependant ce modèle donne moins d'avantages pour l'Etat en termes balance commerciale, budget de l'Etat, croissance économique.

Au regard de ces conséquences potentielles selon les modèles de filière, nous proposons de caractériser en chemin faisant l'influence de la proximité des acteurs de la filière dans le processus d'adoption du Jatropha et par conséquent dans le développement des biocarburants.

II. Effets d'agglomération et développement des filières biocarburants

La production de biocarburants à base de Jatropha dans les pays d'ASS est pour de nombreux acteurs privés (ONG) et publics un processus d'innovation focalisé par l'hypothèse d'amélioration de l'accessibilité énergétique des populations rurales. Nos résultats montrent cependant que cet objectif est dépendant de la configuration spatiale de la filière de production et de la proximité (Uzunidis, 2010). Nous référençons le concept d'agglomération utilisé en économie géographique pour analyser ce rôle de la proximité.

1. Mise en perspective des économies d'agglomération

La mise en exergue de l'importance de l'espace dans le développement économique remonte à Von Thünen avec sa théorie de l'utilisation du sol (1826). L'espace y est introduit par le biais de la minimisation des coûts de transport entre, d'une part, le lieu de production et celui du marché des biens produits et, d'autre part, le lieu de production et celui du marché des inputs. La contribution qui marque le début de l'analyse des effets d'agglomération sur l'innovation est théorisée par Marshall (1890) dans son « Principles of Economics ».

L'agglomération spatiale des activités économiques crée des rendements d'échelle externe aux firmes. Ces derniers bénéficient à l'ensemble des agents économiques et se manifestent par une augmentation de la productivité d'un territoire que Marshall nomme « district industriel[37] ». L'idée générale étant que la concentration des agents ou firmes du district permet à chacun d'entre eux de bénéficier d'inputs spécialisés et à moindres coûts.

Dans notre cas par exemple, la localisation des agents de production de biocarburants (agriculteurs, industriels) dans un même territoire pourrait induire une réduction des coûts en termes de transport ce qui pourrait engendrer une forte demande en graines de Jatropha. Cela devrait permettre aux agriculteurs en augmentant leur offre de bénéficier de rendements d'échelle dans la production du Jatropha. La réduction dans l'ensemble des coûts de production permettrait alors d'être plus compétitif dans la production de biocarburant *Ceteris Paribus* par rapport à d'autres sources d'énergie dont le diesel conventionnel.

En plus de la réduction de coûts, l'agglomération permet de générer des externalités de connaissances, nommées « *knowledge spillover*[38] », qui font référence au fait que la proximité géographique des agents économiques dans un district industriel permet une meilleure dissémination/appropriation du savoir, et que l'internalisation de ce même savoir permet

[37] Le district industriel se défini comme « un espace local de coordination, par le marché et par une réciprocité fondée sur la proximité géographique, d'une division sociale du travail (désintégration verticale) entre des petites firmes se spécialisant dans un segment du processus productif » (Lévy and Lussault, 2003, p. 274).

[38] Il s'agit d'économies externes associées à l'accumulation et à la diffusion du savoir. Ces économies externes, que l'on nomme économies d'agglomération du savoir, ou externalités technologiques, constituent un processus par lequel la concentration géographique d'agents économiques dans un lieu donné, intensifie l'accumulation du savoir ainsi que les interactions sociales ou d'affaires permettant la diffusion de ce même savoir. Cette diffusion, ne faisant pas l'objet de transactions marchandes, est considérée comme une externalité positive (Marshall, 1890).

l'amélioration de la productivité et des capacités d'innovation. En outre, la proximité permet la réduction de l'incertitude due aux investissements spécifiques de chaque agent et la mise en place des processus d'apprentissage. Les acteurs économiques, individuellement et collectivement, améliorent leur expérience, leurs qualifications et leurs compétences par la pratique. Arrow avait en effet, souligné dans son ouvrage de 1962 que l'apprentissage par la pratique constitue le facteur de performance et d'innovation dans un secteur.

Ces différents référentiels théoriques structurent notre cadre analytique pour mettre en évidence l'importance de la localisation des acteurs dans le processus d'innovation étudié.

2. Démarche méthodologique pour la mise en évidence des effets d'agglomération

Pour pallier à la difficulté de mesures directe des effets d'agglomération dans les modèles de filière de biocarburant, nous proposons un « proxys » basé sur certain nombre de paramètres observables. L'hypothèse étant que plus les acteurs sont proches géographiquement et plus les opportunités d'apprentissage (formation, sensibilisation, recherche action, etc.) sont effectives et par corollaire ; la capacité d'apprentissage des acteurs sera élevée. Les interactions permettront aux agriculteurs et aux industriels de disposer de ressources nécessaires pour leurs activités respectives. En outres, ces externalités portent sur la création d'opportunité d'apprentissage, la co-construction des connaissances pour l'activité mais aussi de la dynamisation des autres secteurs dans la localité.

Pour analyser l'importance de l'agglomération des acteurs sur les opportunités d'apprentissage dans le secteur des biocarburants, nous classons les projets de production de biocarburant suivant la typologie proposée en amont. Le tableau ci-dessous donne cette classification.

Tableau 18 : classement des projets selon les modèles de filière

	Local intégré	Production régionale	Production urbaine	Agro-industrielle
Faso biocarburant		X		
Illaria Burkina				X
Projet communal de Dori	X			
GENESE		X		
Belwet SA			X	
Agro ED				X
APROJER		X		
Agritech Faso S.A.				X
STAB			X	
FasoGaz			X	
Wouol	X			
Fondation Dreyer	X			
Tii Paalga	X			
Projet communal de Boni	X			
Association Impulsion	X			

Sur la base de ce classement, nous avons choisi un projet représentatif de chaque modèle pour analyser les effets d'agglomération sur l'opportunité d'apprentissage sur les acteurs. Ces projets sont :

- le projet « Impulsion » pour le modèle « local intégré ». Le bassin de production agricole du projet est Barsalogho.
- Le projet « Faso Biocarburant » pour le modèle « production régionale ». Le bassin de production agricole du projet est Léo
- Le projet « Belwet » pour le modèle « production urbaine » voire le modèle « « agro-industriel ». Un des bassins de production agricole du projet est Zorgho.

Nous faisons une comparaison en termes d'opportunité d'apprentissage et co-construction de connaissances pour les acteurs au niveau des bassins de production agricole respectif de chaque projet. Nous mobilisons pour cela les enquêtes en face à face effectuées auprès des promoteurs et des agriculteurs. Ces enquêtes ont permis de recenser l'ensemble des activités d'échange entre les agents et leurs conséquences sur le développement des biocarburants.

3. Agglomération des acteurs et opportunité d'apprentissage ?

Les enquêtes réalisées au niveau de chaque zone de projet permettent de dresser le tableau ci-dessous qui représente les différents types d'interaction entre promoteurs de projet et agriculteurs.

Tableau 19 : fréquence des interactions entre promoteur et agriculteurs

	Barsalogho : modèle « local intégré »	**Léo** : modèle « production régionale »	**Zorgho** : modèle « agroindustriel »
Nombre de réunions sensibilisation	10	8	5
Nombre d'ateliers de formation	8	5	3
Nombre d'animateurs conseillers	10	8	1
Disponibilité des animateurs conseillers	+++	++	-
Assistance technique*	Oui – au besoin	Oui – parfois	Non
Fourniture de semences	Oui – Quantité voulue	Oui – 1 kg au plus	Oui
Fourniture de plants	Oui – 400 plants au plus	Non	Non
Matériels de plantation**	Oui – au besoin	non	Non

* Assistance technique signifie l'aide octroyée par le promoteur dans la culture du Jatropha

** Matériels de plantation concerne les outils utilisés pour la plantation du Jatropha (pioche, pelle, charrette, arrosoirs, etc…)

Le tableau ci-dessus représente des indicateurs d'interaction et d'échange entre le promoteur de projet biocarburant et les agriculteurs. On constate que la fréquence des rencontres entre le promoteur de projet et les agriculteurs augmente dans le passage du modèle agro-industriel au modèle local intégré. Cette différence s'explique par la proximité géographique des acteurs. En effet, les enquêtes révèlent que depuis l'avènement du Jatropha, il y a eu environ une dizaine de réunions de sensibilisation à Barsalogho contre cinq à Zorgho. En outre, les agriculteurs de Barsalogho sont en interaction permanente avec les animateurs/conseillers du promoteur comparé à ceux de Zorgho. La proximité des acteurs a favorisé l'instauration d'une assistance aux agriculteurs afin de les fournir les ressources et compétence nécessaire pour la mise en culture du Jatropha.

Le promoteur de production de biocarburant est dans la majorité des cas, l'agent qui fournit aux agriculteurs les connaissances et informations inhérentes à la culture du Jatropha. Par conséquent, sa proximité offre plus d'opportunités d'apprentissages. Ceci favorise l'acquisition par l'ensemble des agriculteurs des connaissances techniques et organisationnelles sur la production de Jatropha. Cette proximité est également favorable à des partages d'informations pour une co-construction des connaissances du Jatropha. En effet,

les opportunités d'apprentissage permises par la proximité des agents facilitent le renforcement des capacités d'apprentissage.

Ainsi de nombreux travaux montre que l'absence d'opportunités d'apprentissage est un facteur limitant majeur pour l'adoption et la dissémination d'innovations technologiques sur les énergies renouvelables (Oyelaran-Oyeyinka and Barclay, 2004; Negro et al., 2012). L'incapacité des agents productifs de la filière à interagir de manière récurrente, entraine des difficultés d'assimilation des connaissances et par conséquent une faible adoption.

L'écart de la probabilité d'adoption du Jatropha observé entre les trois localités de production s'expliquerait selon nos résultats et en relation avec des travaux plus générique sur les innovation technologiques dans l'énergie par la différence en termes d'opportunités d'apprentissage pour les différents acteurs des filières dont principalement les producteurs de matières premières.

4. Agglomération des acteurs et co-construction de connaissances

La proximité des acteurs, en sus des opportunités d'apprentissage, permet également une construction de connaissances et de capacité d'innovation liés à ces connaissances. Les opportunités d'apprentissage sont à l'origine de la constitution d'espaces interactifs d'apprentissage et de production de connaissances (Arocena and Sutz, 2005).

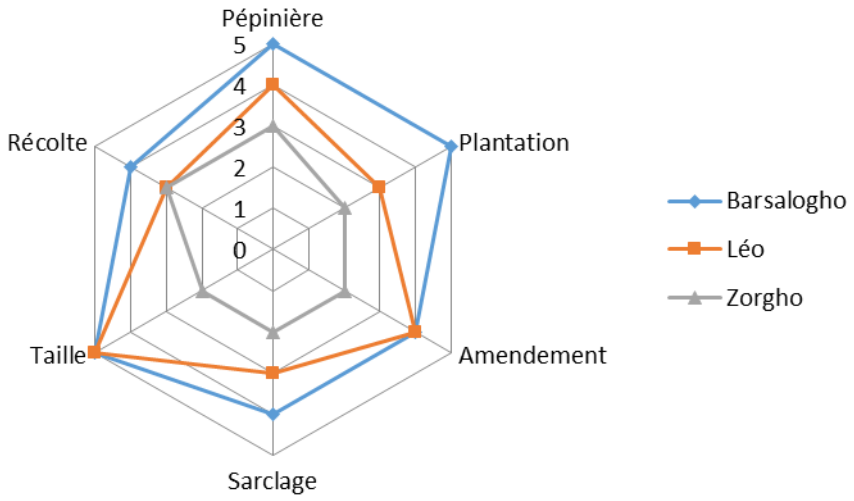
Dans les modèles « local intégré » et « production régionale » (Barsalogho et Léo), nos enquêtes révèlent que des « champs écoles », pilotés par les animateurs/conseillers des promoteurs ont été mis en place. Ces structures d'apprentissage qui s'appuient sur le principe du « *learning by doing* » vise à former les agriculteurs par la pratique, aux techniques culturales du Jatropha. L'objectif de ces « champs écoles » est de doter aux agriculteurs les connaissances nécessaires pour favoriser l'adoption du Jatropha. En outre, ces promoteurs de projet s'appuient sur les compétences locales pour la formation des agriculteurs et pour la suivie des activités de production de Jatropha des agriculteurs afin de relever les problèmes ou les difficultés de la production. Cette approche qui vise à co-construire les connaissances sur le Jatropha est pour les agriculteurs un signe d'endogénéité favorable à l'adoption de l'innovation (FAO, 2009; Hounkonnou et al., 2012).

Les démarches de co-construction présentent l'intérêt de favoriser des échanges plus dynamiques. La connaissance réciproque des acteurs s'améliore, ce qui favorise une

actualisation plus symétrique du savoir. Le processus de co-construction contribue en outre à renforcer le capital social du collectif : production des relations de confiance, responsabilité et solidarité (Coudel et al., 2009).

La conséquence observée de cette co-construction de connaissance dans le cas des filières courtes est l'homogénéité en termes de pratique culturale du Jatropha. En effet les enquêtes montrent que les producteurs de Jatropha de Barsalogho pratiquent dans la quasi-totalité les mêmes techniques culturales. Par ailleurs, il existe une adéquation entre les recommandations faites par les promoteurs et ce que font les agriculteurs. Cette homogénéisation est liée à une interaction continuelle entre les agriculteurs et le promoteur de telle sorte à stabiliser les connaissances et savoir-faire pour une meilleure assimilation et diffusion de l'innovation. Il en résulte une forme d'appropriation des connaissances issues de ces échanges.

Ainsi, on observe une satisfaction relative des agriculteurs pour les recommandations issues d'échange mutuelle avec le promoteur. L'analyse de cette satisfaction est faite sur la base des évaluations que les agriculteurs font sur les recommandations reçues des promoteurs de projets. Sur la base des enquêtes faite précédemment, nous avons construit la figure ci-dessous qui représente la différence de satisfaction au niveau des trois zones d'étude.



Légende : L'échelle des réponses part de 0 à 5, ou 0 correspond à l'absence de recommandations pour le travail cultural en question ; et la valeur 5 correspond une recommandation qui répondrait aux attentes du producteurs en termes de développement de la plante.

Figure 15 : Score de satisfaction des recommandations culturales

Le graphique ci-dessus montre une satisfaction des agriculteurs de Barsalogho comparée aux agriculteurs de Zorgho. Pour la technique de plantation, les agriculteurs de Barsalogho jugent que les recommandations reçues, sont convenables car le taux de survie des plants est élevé (85%). Et les rares mortalités des plants après plantation sont dues aux mauvaises conditions climatiques. Dans la localité de Zorgho en revanche, les agriculteurs sont loin d'être satisfaits des recommandations sur les techniques de plantation car en plus d'être confrontés à plusieurs recommandations (chaque promoteur donne ces techniques), le taux de reprise est très bas (35%).

Par ailleurs concernant les techniques d'entretien (amendement, sarclage, taille), elles sont bien connu (période et nombre de passage, quantité, etc.) des agriculteurs de Barsalogho qu'à Zorgho où les agriculteurs de cette localité appréhendaient le Jatropha comme une plante qui ne nécessitait pas d'entretien. Dans les mêmes conditions les plants de Jatropha à Zorgho sont moins développés que ceux de Barsalogho.

En définitive, cette analyse montre l'adéquation des itinéraires techniques au développement de la plante de Jatropha au niveau des modèles de production localisée. Ceci s'explique par la récurrence des interactions entre les promoteurs et les agriculteurs qui favorise la stabilisation et la contextualisation des techniques à travers le processus « Essais-Erreur ».

III. Regroupement spatial des acteurs et développement local

Le modèle « local intégré »en plus de favoriser un meilleur apprentissage des acteurs, présente des avantages pour le développement rural. Combinant à la fois à l'échelle d'un territoire la production agricole et la transformation de biocarburants, le modèles « local intégré » contribue à la structuration et au renforcement de l'offre en services énergétiques. Ce modèle de développement des biocarburants qui s'appuie sur la mobilisation des savoir-faire locaux, le recours à des équipements à faible intensité technique et financière, et une inscription dans un schéma géographique de distances courtes entre zones de production et zones d'usage, constitue une réponse adaptée au problème de pauvreté énergétique. Cette perspective de services énergétique est d'autant plus connue par les agriculteurs de Barsalogho qu'à Zorgho. En effet, il ressort des enquêtes que presque 85% des producteurs de Jatropha de Barsalogho attendent plus des services énergétiques de cette production que de sa rentabilité financière. Cette proportion est de 43% à Zorgho. Ceci est expliqué par le coût

d'accès aux carburants trop élevés dans la localité mais aussi par l'information véhiculé sur la capacité de la production du Jatropha à dynamiser le développement économique local.

Dans le modèle « local intégré », le fait que la production est destinée à un usage local se traduit par une implication des autorités territoriales dans la promotion de la culture du Jatropha. A Barsalogho, les chefs coutumiers et les autorités administratives ont adopté la culture du Jatropha afin de montrer aux agriculteurs l'intérêt du Jatropha pour le développement de la localité. Cette implication directe des autorités, dans d'autres situations observées en Afrique est un levier des effets mimétiques d'adoption des agriculteurs (Spielman et al., 2011).

Ainsi un contre-exemple montre la faible implication des autorités locales dans la zone de Zorgho, se traduit par un délaissement de la culture après le constat de la faible rentabilité financière de la culture.

Au niveau de Barsalogho, le projet de production de biocarburant a conduit à un renforcement du service d'électrification local. Ce renforcement est constaté à travers l'augmentation du nombre de bénéficiaires du service énergétique. Le graphique ci-dessous présente l'évolution du nombre des abonnées depuis l'installation du service d'électrification rural (SER).

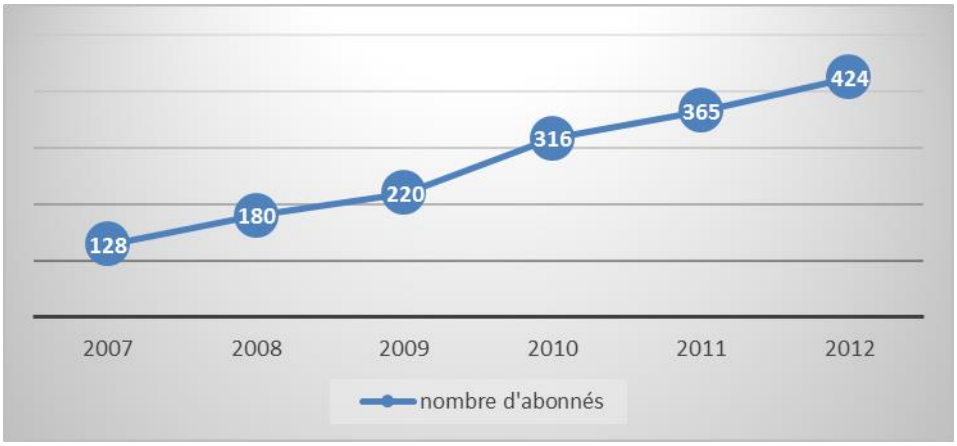


Figure 16 : Evolution des bénéficiaires du SER

Le nombre des abonnés au SER de Barsalogho a connu une augmentation importante entre 2009 et 2010. Cette augmentation trouve son explication dans le développement du projet biocarburant à travers l'installation supplémentaire d'un groupe électrogène. Ce dernier fonctionnant avec l'huile du Jatropha a augmenté la capacité de charge du réseau favorisant ainsi la venue de nouveaux abonnés.

En outre, l'augmentation du service énergétique favorise le développement de certaines activités (vente de produits frais, soudure électrique, reprographie, etc...) dont l'absence d'électricité était rédhibitoire. En effet, on constate une multiplication des moulins électriques, améliorant ainsi le coût et la qualité de la transformation des produits agricoles.

Par ailleurs, l'augmentation des services énergétiques induit par le développement du projet de production de biocarburant, a amélioré le système d'adduction en eau potable ainsi que le secteur de la santé. D'après les enquêtes effectuées auprès des personnes ressources de Barsalogho, l'accès permanent aux services énergétiques améliore la qualité de service des centres de santé (CSPS, CMA) au niveau de la localité. Ceci est constaté à travers l'augmentation du nombre de consultations (nocturnes) et la réduction des évacuations vers d'autres centres de santé. Le développement du Jatropha n'a pas eu les mêmes effets dans la localité de Léo et de Zorgho. Aucun changement n'est observé dans le système de soin de ces localités depuis l'installation des projets de production du Jatropha.

La multiplication des activités favorisées par le développement des biocarburants renforce le tissu économique de la localité. Ce dynamisme stimule la création d'unités de transformation de produit agricole mais permet également d'absorber le surplus de main d'œuvre agricole évitant ainsi l'exode rural (Torre, 2000). Ces activités constituent des sources de revenu supplémentaire pour l'amélioration des conditions de vie des populations rurales.

La connaissance ou la perception des aménités de la production du Jatropha constitue en plus du revenu direct de l'activité, une motivation supplémentaire pour les agriculteurs ; d'autant plus que les aménités leurs reviennent. De ce fait, il y a une préférence de la filière de proximité chez les agriculteurs dans la majorité des cas. Ceci se constate à travers une probabilité et une intensité d'adoption du Jatropha plus élevée à Barsalogho. Ce résultat se souligne que l'opacité sur la finalité de la production du Jatropha ainsi que la réelle difficulté à construire une dynamique d'apprentissage obstruent les perspectives futures de développement économique des biocarburants à base de Jatropha.

En outre, la flexibilité des stratégies économiques des acteurs ou la faible demande en investissement (superficie, matériel de transformation, etc.) dans le cas des filières de proximité laisse penser que ces dernières pourront se développer progressivement dans le contexte burkinabé. En effet, les agriculteurs des filières de proximité ont un consentement à

accepter un prix d'achat des graines plus faible que dans les filières agro-industrielles. La figure ci-dessous met en évidence cette différence de prix.

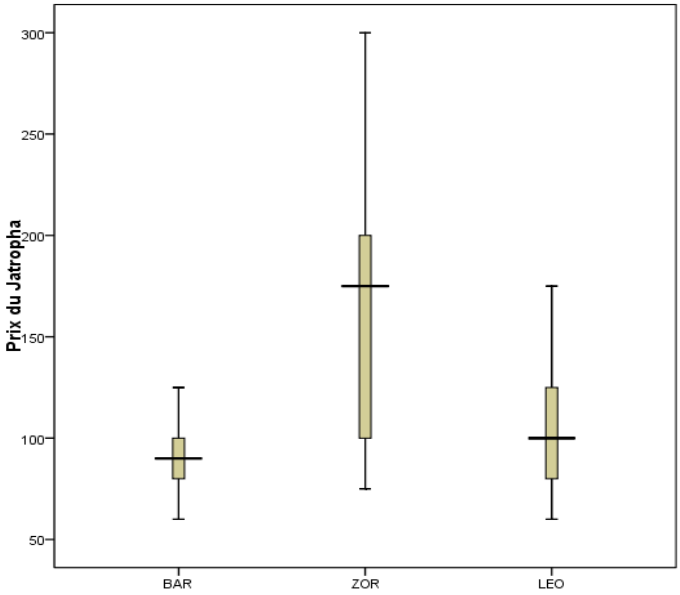


Figure 17 : Représentation des prix de Jatropha

D'après la figure ci-dessus, le prix moyen du Jatropha à Barsalogho est de 90 FCFA/kg (environ 14 centimes d'euro) contre 173 FCFA/kg (26 centimes d'euro) à Zorgho. La comparaison de ces prix moyens montre qu'il existe une différence significative entre ces prix. Le tableau ci-dessous présente les résultats de comparaison de ces prix moyens.

Tableau 20 : Comparaison des prix moyens du Jatropha (F CFA/Kg) dans les 3 localités

		Paired Differences					T	Sig.
					95% Confidence Interval of the Difference			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper		
Pair 1	BAR - ZOR	-83,09	66,043	4,658	-92,27531	-73,90379	-17,837	0,000
Pair 2	BAR – LEO	-14,53	28,942	2,041	-18,55284	-10,50189	-7,116	0,000
Pair 3	LEO - ZOR	-68,56	72,012	5,079	-78,57812	-58,54626	-13,50	0,000

Source : donnés d'enquête, 2012

Le tableau ci-dessus montre qu'en moyenne un producteur de Zorgho attend un prix élevé du Jatropha qu'un agriculteur de Barsalogho. Les agriculteurs qui ont une connaissance de la finalité du Jatropha, propose en général des prix plus bas que la moyenne. Il existe de ce faite une corrélation entre la connaissance de la finalité de la filière et le consentement à accepter

un prix bas. Les agriculteurs des filières locales sont prêts à faire des sacrifices (faire une culture pas très rentable) afin de promouvoir le développement de leur localité. A la question, « êtes-vous prêts à accepter un prix d'achat du Jatropha inférieur à vos attentes ? », la majorité des producteurs de Barsalogho ont répondu par l'affirmative car selon eux la finalité de la culture du Jatropha n'est pas la rentabilité financière mais plutôt l'affranchissement du manque de services énergétique dans la zone. Une raison supplémentaire donnée par les producteurs de Jatropha est que même si le revenu est faible actuellement (démarrage de l'activité), l'espérance d'une augmentation de rentabilité dans le futur est de mise à cause des possibles valorisations des co-produits.

Dans une filière agro-industrielle où le bénéfice perçu par l'agriculteur est uniquement la vente de la matière première, le fait de vouloir un prix élevé est une garantie de la rentabilité pour les agriculteurs. Ce faisant, les agriculteurs dans ces filières font une comparaison entre la rentabilité de la culture énergétique et l'effort d'investissement qu'ils doivent consentir. Le Jatropha est placé alors dans une logique micro-économique d'optimisation de portefeuille de diversification des cultures au sein des exploitations agricoles.

Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de révéler les déterminants territoriaux qui structurent le processus d'innovation technologiques et les modèles émergents. Pour cela, nous avons procéder à la construction de quatre modèles de filière de développement de biocarburant à base de Jatropha. En s'appuyant sur des projets biocarburant représentatif des modèles construits, nous avons analysé les effets d'agglomération qui contribuent au processus d'innovation liés à la transition énergétique vers le Jatropha.

Il ressort de cette analyse que le modèle « local intégré » crée plus d'opportunités d'apprentissage. En outre, ce modèle favorise une endogénéisation de l'innovation à travers la co-construction des connaissances nécessaires pour le processus de l'innovation. L'ensemble de ces externalités liées à la proximité des agents favorise le processus d'adoption du Jatropha. Ceci explique la probabilité d'adoption du Jatropha des agriculteurs de Barsalogho (modèle « local intégré ») plus élevée que celle des agriculteurs de Zorgho (modèle agroindustriel) (Cf chapitre 4).

Etant donné la faible rentabilité du Jatropha comparée aux cultures traditionnelles (Cf. chapitre 5), on constate une propension plus élevée à continuer la culture du Jatropha dans le modèle « local intégré » que dans tout autre modèle. Cela s'explique par l'impact potentiel de ce modèle sur le développement local.

Dans notre analyse, il est montré que le modèle « local intégré » présente un impact plus important pour le développement rural (revenu des agriculteurs, service énergétique, emploi rural, création d'activité génératrice de revenu, etc…) contrairement au modèle agroindustriel qui présente plus des avantages en termes de balance commerciale, devises. De ce fait, il présente le plus d'intérêt sur le plan social, notamment du fait de sa contribution à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales.

Au final, ce chapitre permet de tirer plusieurs enseignements sur les relations entre le territoire et le processus d'innovation liés à la transition énergétique vers le Jatropha. Tout d'abord, on remarque que l'agencement spatial des agents de la filière biocarburant occupe une place importante dans le processus d'adoption du Jatropha. L'essor des biocarburants étant dépendant de l'adoption du Jatropha. La réalisation de la transition énergétique vers les biocarburants est tributaire des conditions territoriales de mise en place de la filière. Ces conditions territoriales constituent des déterminants microéconomiques d'émergence des technologies inhérentes à la transition énergétique vers les biocarburants.

CONCLUSION GENERALE

Le développement des biocarburants a connu un essor exceptionnel depuis le début des années 2000 à l'échelle mondiale. Pour comprendre cet engouement il faut revenir au contexte qui a marqué cette période. En effet, suite au protocole de Kyoto (1997), la communauté internationale s'est engagée à lutter contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre ; notamment les émissions de dioxyde de carbone émanant des transports. D'autre part, les questions de l'approvisionnement énergétique et de l'épuisement des réserves d'énergies fossiles refont surface dès le début des années 2000. Au regard de ces enjeux, les biocarburants ont été mis au-devant de la scène internationale comme une alternative capable de répondre à ces enjeux énergétiques. La promotion des biocarburants est alors fondée sur trois arguments : la lutte contre le réchauffement climatique via la diminution des émissions de dioxyde de carbone, la réduction de la dépendance aux énergies fossiles, et la création de nouveaux débouchés pour le secteur agricole.

Confrontée à de graves difficultés économiques et à une pauvreté énergétique, les pays d'Afrique sub-saharienne non producteurs d'énergie doivent faire face à une facture énergétique croissante due à la forte croissance de la population, au développement des activités économiques et à l'augmentation des coûts unitaires de l'énergie. Face à ces défis, ces pays d'Afrique subsaharienne à l'instar des pays de l'OCDE, ont également investi dans le développement des biocarburants dans l'optique de diminuer la pauvreté énergétique et d'accélérer par ce mécanisme leur croissance économique. Ces investissements se sont concrétisés par de politiques de recherche et d'innovation en faveur du secteur énergétique.

Cette stratégie a fait l'objet de plusieurs controverses médiatiques, politiques et sociales qui portent sur les impacts socio-économiques réels des biocarburants ainsi que leur aptitude à apporter des solutions aux sous développement économique et à la pauvreté énergétique en d'Afrique sub-saharienne. Ces controverses sur la pertinence des priorités d'investissement technologiques pour le développement de ces pays, interrogent sur la compréhension des mécanismes de réalisation de la transition énergétique basée sur le développement de technologies sur les biocarburants. Elle implique de produire de la connaissance sur la compréhension des processus d'innovations technologiques dans les pays du sud. Pour appréhender les dynamiques qui conduisent à une innovation technologie, nous avons choisi

de s'intéresser aux technologies sur les biocarburants qui d'une part catalysent les différences controverses susmentionnées, d'autre part apparaissent comme une innovation dans les pays d'Afrique subsaharienne. Nous avons ciblé la production de jatropha, culture non alimentaire qui est la culture la plus emblématique du point de vue des ses potentialités et des soutiens internationaux qu'elle concentre. L'objectif a donc été de comprendre le processus d'innovation technologique sur la production de Jatropha observé au Burkina Faso.

Nos résultats confirment que l'innovation technologique sur les biocarburants est un processus impliquant plusieurs agents. Son implémentation est fonction des interactions que ces différents agents entretiennent. A l'instar de toute innovation, l'émergence, l'adoption et la diffusion et des bioénergies dépendent de processus longs et complexes qui fait interagir des différentes dimensions technologiques et institutionelles. L'innovation biocarburant est issue d'un processus systémique caractérisé par de nombreuses transactions entre les multiples parties prenantes. Elle est orientée par les mutations de l'environnement institutionnel. Ces mutations activent des ressources favorables à l'émergence et à la diffusion des technologies sur les biocarburants : investissements dans la recherche, le capital humain et de la création de marchés et des infrastructures adaptées.

Pour comprendre ces processus technologiques qui conduisent à la transition énergétique des pays d'ASS, nous avons exploré le champs théorique de l'économie de l'innovation et plus particulièrement les approches en termes de systèmes d'innovation qui structurent depuis quelques années les processus de recherche technologique dans les domaines des biotechnologies (Touzard and Temple, 2012). Ce référentiel est utilisé pour expliciter les mécanismes qui président d'une part aux conditions d'émergence, et d'autre part aux conditions d'adoption et d'implémentation de ce changement technologique majeur.

L'émergence des technologies biocarburant dans les pays d'ASS est liée à des changements institutionnels induits par les crises énergétiques et environnementales. Ces changements structurent de nouvelles normes et règles du jeu, stimulent et cadrent l'action individuelle ou collective et des opportunités pour le développement des technologies de production de biocarburant.

Ces changements sont impulsés au Burkina Faso par les politiques européennes de soutien des biocarburants ainsi que celles organisations sous régionales telles que l'UEMOA et la CEDEAO. L'ampleur de ces politiques incite les multinationaux européens du secteur de

l'énergie à se lancer dans la production de biocarburants dans les pays d'ASS afin de satisfaire la demande.

Ces diverses incitations politiques structurent à la fois l'organisation et les coordinations des acteurs impliqués et génèrent les processus d'innovation tant au niveau de la recherche scientifique que des acteurs privés. Elles constituent l'environnement institutionnel qui active les ressources favorables à l'émergence et à la diffusion des technologies sur les biocarburants. Ces ressources concernent les investissements dédiés aux activités de recherche (agricole et industrielle), de formation et renforcement des capacités des acteurs, et du développement de projets de production de biocarburants.

L'activation de ces ressources sous tend l'émergence d'un système d'innovation sectoriel de production des biocarburants qui n'est pas spécifique au frontière Burkinabé mais qui se structure au niveau sous régionale intégrant le Mali. En effet de nombreuses entreprises investissant au Burkina Faso y prolonge des investissements réalisés aussi dans les autres pays. Cette dimension régionale du système sectoriel (qui devait être analysé) n'a pas pu être explorée dans nos travaux en raison des troubles politiques qu'a traversés le Mali (déprogrammation des enquêtes). La caractérisation des composantes de ce « système d'innovation biocarburant » différencie plusieurs domaines de structuration institutionnels de ce système : entrepreneurial, demande, politique, financement. Ce système d'innovation biocarburant s'organise par une plateforme régionale focalisée par une conférence bisannuelle sur les biocarburants. Cette conférence que nos travaux positionnent comme une innovation institutionnelle et organisationnelle majeure à laquelle nous avons participé, oriente les investissements dans le secteur biocarburant en émergence. Elle structure les fonctions du système d'innovation biocarburant que sont la création de connaissances, des interactions entre les acteurs, la mobilisation des ressources, et l'orientation du processus de recherche.

Malgré le dispositif précédent et les investissements réalisés depuis 2007, l'implémentation des innovations technologiques sur les biocarburants se réalise difficilement en, dehors des dispositifs étroitement liés aux expérimentations recherche ou à des opportunités de financement sur projets. L'analyse fonctionnelle de ce système d'innovation révèle ainsi de nombreuses des défaillances explicatives dont principalement le manque de coordination des parties prenantes dans la mise en cohérence de leur actions, et la non fonctionnalité des cadres de concertation existants. Les composantes du système d'innovation biocarburant demeurent toujours faiblement intégrées les unes aux autres. Cette situation est démontrée par l'existence

des controverses sur les itinéraires techniques de production du Jatropha, les conditions d'usage dans les moteurs diesels, l'absence de cadre règlementaire.

L'analyse de l'innovation biocarburant à travers l'analyse systémique permet de comprendre l'émergence et la structuration d'un système d'innovation sectoriel. En effet, elle met en relief le déterminisme de l'environnement institutionnel dans l'émergence des technologies de production de biocarburants en ASS. Cette analyse est cependant insuffisante pour expliquer les conditions d'adoption des innovations technologiques.

Si le référentiel « système d'innovation », a permis de mettre en évidence les éléments du « landscape » de la transition énergétique, il présente des difficultés dans l'explication du rôle joué par les variables microéconomiques et/ou territoriales dans les mécanismes d'adoption des innovations. Pourtant ces aspects micro-économiques et/ou territoriaux ont une influence sur les conditions d'émergence et de diffusion de l'innovation. Ces déterminants microéconomiques sont d'autant plus importants dans la décision d'adoption de l'innovation technologique sur les biocarburants.

L'évaluation ex ante de ces conditions microéconomiques et territoriales du processus d'innovation est faite sur la base d'une modélisation économétrique. Cette évaluation fournit une compréhension des facteurs microéconomiques qui influent sur la décision des agriculteurs à cultiver le Jatropha. Les résultats de l'analyse montrent que les facteurs structurels de l'exploitation tels que l'âge et la perception du producteur, la superficie, la situation alimentaire, le nombre de d'individu, sont déterminants dans la décision d'adoption du Jatropha.

Les variables institutionnelles inhérentes au renforcement des connaissances et des capacités sont aussi déterminantes dans la décision d'adoption. Les plus déterminantes portent sur l'accès à l'information, la participation à des formations. Ces variables institutionnelles font référence à l'accessibilité aux connaissances pour l'activité de production de la culture. Ce résultat témoigne du déterminisme des variables institutionnelles inhérentes au processus d'apprentissage et de construction de connaissances qui ont été référencées comme insuffisante dans l'analyse du système d'innovation.

L'ensemble de ces variables inhérentes aux échanges de connaissances, renseigne un besoin d'interaction entre les agriculteurs et les agents de promotion (promoteur, chercheurs, service

de développement agricole). Lors de ces interactions, les agriculteurs acquièrent les informations sur l'innovation technologique, partagent mutuellement leurs expériences et s'informent sur les techniques de production. Ceci renseigne une nécessité d'une proximité géographique et/ou organisationnelle entre les acteurs pour le processus d'adoption.

La sécurité alimentaire est une condition microéconomique de l'adoption du Jatropha. Elle apparait significative dans la décision d'adoption des agriculteurs. Une exploitation agricole qui parvient à produire la quantité de vivre dont elle a besoin présente une probabilité d'adoption du Jatropha plus élevée. Les conséquences ou leurs anticipations de ces conséquences du Jatropha sont un vecteur qui oriente le processus d'adoption du Jatropha. L'analyse de ces conséquences à l'échelle du territoire, montre que le développement du Jatropha pourrait conduire à une réduction de la capacité de production alimentaire. Même avec une disponibilité relative de terres agricoles dans les zones de développement du Jatropha, les incitations des promoteurs conduisent les agriculteurs à cultiver le Jatropha sur les meilleures terres et donc à déplacer les cultures vivrières vers les parcelles moins productives.

En outre à l'échelle de l'exploitation, l'analyse de l'impact du Jatropha sur la disponibilité alimentaire montre également une réduction de la production alimentaire. Cette réduction de la production alimentaire est ressentie de façon différente par les agriculteurs. Les petites exploitations du type « manuelle » perçoivent cette réduction comme un facteur d'aggravation de leur situation alimentaire. La réallocation des facteurs de production induite par l'introduction du Jatropha entraine une réduction de la production vivrière, non compensée actuellement par un gain de revenu. Pour les autres types d'exploitation (Attelée, motorisée), la production du Jatropha serait sans effet sur la sécurité alimentaire en raison cause de leurs capacités à supporter les années improductives du Jatropha tout en attendant le revenu que va procurer la culture. Ces types d'exploitation pourraient ainsi développer le Jatropha.

Au regard de l'analyse d'impact du Jatropha sur la disponibilité et l'accessibilité alimentaire, nous pouvons conclure dans l'état actuel qu'il contribue peu à l'amélioration de la sécurité alimentaire. Au contraire, son développement précarise la situation alimentaire des petites exploitations. Ceci va à l'encontre du discours « pro poor » que les promoteurs tiennent au sujet du Jatropha. Cette situation conduit à l'abandon et à la réduction des investissements dans la production du Jatropha chez les agriculteurs. La détérioration ou les risques de

détérioration de la sécurité alimentaire constitue une entrave au développement de la culture du Jatropha pourtant nécessaire à l'émergence du secteur biocarburant.

Par ailleurs, la spatialité de la filière est apparue structurante dans le processus d'adoption du Jatropha. En effet, la proximité des agents favorise l'innovation sur le Jatropha. Ainsi à travers une analyse des différents modèles de filière de production de biocarburant, on a mis en évidence les effets d'agglomération qui pourraient réaliser la transition énergétique vers le Jatropha dans certaines conditions localisées. Ces effets d'agglomérations concernent les opportunités d'apprentissage et la possibilité de co-construction de connaissances. L'ensemble de ces externalités liées à la proximité des agents favorise alors le processus d'adoption du Jatropha. En effet, les modèles de filière de biocarburant qui permettent ces effets d'agglomération, présentent des taux de participation des agriculteurs plus importants que d'autres. Ceci s'explique par le fait que ces modèles présentent des impacts plus importants en termes de développement rural (revenu des agriculteurs, service énergétique, emploi rural, création d'activité génératrice de revenu, etc…) où le producteur est directement concerné. De ce fait, ces modèles de développement présentent un intérêt sur le plan social dans la mesure où ils améliorent les conditions de vie des populations rurales. La production de biocarburant est dépendante de l'adoption des cultures énegétiques par les agriculteurs. Cette adoption dépend des modèles de développement répondant à des besoins localisés. Elle dépend aussi de l'environnement institutionnel qui génère les ressources et les connaissances nécéssaires à l'implémentation de processus d'innovation biocarburant qui répondent aux besoins prioritaires du développment du Burkina Faso.

Références bibliographiques

Abadi Ghadim, A. K. and Pannell, D. J. (1999) 'A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation', *Agricultural Economics*, 21, pp 145–154.

Abdulai, A. and Huffman, W. E. (2005) 'The diffusion of new agricultural technologies: the case of crossbred-cow technology in Tanzania', *American Journal of Agricultural Economics*, 87, pp 645–659.

Abebe, G. K., Bijman, J., Pascucci, S. and Omta, O. (2013) 'Adoption of improved potato varieties in ethiopia: the role of agricultural knowledge and innovation system and smallholder farmers' quality assessment', *Agricultural Systems*, 122, pp 22–32.

Abila, N. (2010) 'Biofuels adoption in Nigeria: a preliminary review of feedstock and fuel production potentials', *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 21, pp 785–795.

Abramovay, R. (2008) *A political-cultural approach to the biofuels market in brazil*. Sao Paulo, USP

Achten, W. M., Maes, W. H., Aerts, R., Verchot, L., Trabucco, A., Mathijs, E., Singh, V. P. and Muys, B. (2010) 'Jatropha: from global hype to local opportunity', *Journal of Arid Environments*, 74, pp 164–165.

Achten, W. M., Verchot, L., Franken, Y. J., Mathijs, E., Singh, V. P., Aerts, R. and Muys, B. (2008) 'Jatropha bio-diesel production and use', *Biomass and Bioenergy*, 32, pp 1063–1084.

Adegbola, P. and Adekambi, S. (2008) *Taux et déterminants de l'adoption des variétés améliorées d'igname développé par l'IITA*. Rapport d'étude, Benin, IITA.

Adesina, A. A. and Baidu-Forson, J. (1995) ' farmers'perceptions and adoption of new agricultural technology: evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, west Africa', *Agricultural economics*, 13, pp 1–9.

Adesina, A. A., Mbila, D., Nkamleu, G. B. and Endamana, D. (2000) 'Econometric analysis of the determinants of adoption of alley farming by farmers in the forest zone of southwest Cameroon', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 80, pp 255–265.

Adesina, A. A. and Zinnah, M. M. (1993) 'Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: a tobit model application in Sierra Leone', *Agricultural economics*, 9, pp 297–311.

Akay, A., Martinsson, P., Madhin, H. and Trautmann, S. (2009) *Attitudes toward uncertainty among the Poor: Evidence from Rural Ethiopia*, Discussion Paper n°4225, Ethiopie, IZA.

Alary, V. (2006) 'L'adoption de l'innovation dans les zones agro-pastorales vulnérables du Maghreb', *Afrique contemporaine*, 81–101.

Alsif, A.-S. (2010) 'Le Brésil et les biocarburants, l'internationalisation d'un enjeu énergétique par le Sud'. In *Independencias - Dependencias - Interdependencias VI Congreso CEISAL 2010*, Toulouse, France.

Amable, B. (2003) 'Les Systèmes d'innovation', *Innovation*, Phlippe Mustar & Hervé Penan (Ed.), pp 367–382.

Amigun, B., Musango, J. K. and Stafford, W. (2011) 'Biofuels and sustainability in Africa', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, pp 1360–1372.

Amigun, B., Sigamoney, R. and von Blottnitz, H. (2008) 'Commercialisation of biofuel industry in africa: a review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, pp 690–711.

Ando, T., Tsunekawa, A., Tsubo, M. and Kobayashi, H. (2012) 'Identification of factors impeding the spread of Jatropha cultivation in the state of Chiapas, Mexico', *Sustainable Agriculture Research*, 2, pp 54-59.

Arena, R. and Lazaric, N. (2003) 'La théorie évolutionniste du changement économique de Nelson et Winter', *Revue économique*, 54, pp 329–354.

Ariza-Montobbio, P. and Lele, S. (2010) 'Jatropha plantations for biodiesel in Tamil Nadu, India: viability, livelihood trade-offs, and latent conflict', *Ecological Economics*, 70, pp 189–195.

Ariza-Montobbio, P., Lele, S. and martinez-Alier, J. (2010) 'The political ecology of jatropha plantations for biodiesel in Tamil Nadu', *Journal of Peasant Studies*, 34, 4, pp 875-897.

Arocena, R. and Sutz, J. (2002) *Innovation systems and developing countries.* DRUID, Copenhagen Business School, Department of Industrial Economics and Strategy/Aalborg University.

Arocena, R. and Sutz, J. (2005) 'Evolutionary learning in underdevelopment', *International Journal of Technology and Globalisation*, 1, pp 209–224.

Audouin, S. (2014) *Système d'innovation et territoires : un jeu d'interaction; les exemples de l'anacarde et du Jatropha dans le sud ouest du Burkina Faso*, Thèse de Doctorat en Géographie, Paris, Paris I - Panthéon Sorbonne.

Axelsson, L., Franzèn, M., Ostwald, M., Berdes, G., Lakshmi, G. and Ravindrana, N. . (2012) 'Jatropha cultivation in southern India: assessing farmer'experiences', *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6, pp 246–256.

Ayuk, E. T. (1997) 'Adoption of agroforestry technology: the case of live hedges in the central plateau of Burkina Faso', *Agricultural systems*, 54, pp 189–206.

Baffes, J. and Haniotis, T. (2010), Placing the recent commodity boom into perspective. In *Food Prices and Rural Poverty*, Aksoy & Hoekman (Eds.), The world Bank, pp 40–70.

Baidu-Forson, J. (1999) ‘Factors influencing adoption of land-enhancing technology in the sahel: lessons from a case study in Niger’, *Agricultural Economics*, 20, pp 231–239.

Baidu-Forson, J., Waliyar, F. and Ntare, B. R. (1997) ‘Farmer preferences for socioeconomic and technical interventions in groundnut production system in Niger: Conjoint and Ordered Probit Analyses’, *Agricultural Systems*, 54, pp 463–476.

Bailey, R. (2013) ‘The “food versus fuel” nexus’, *The Handbook of Global Energy Policy*, 8, 2, pp 265–281.

Bainville, S. (2000) *Le développement de l’agriculture familiale: processus d’interactions entre changements techniques et changements institutionnels. Un cas d’école : la commune de Silvânia-Brésil*, Thèse de doctorat en économie, Montpellier, ENSAM, Montpellier.

Banse, M., Van Meijl, H., Tabeau, A. and Woltjer, G. (2008) ‘Will EU biofuel policies affect global agricultural markets?’, *European Review of Agricultural Economics*, 35, pp 117–141.

Basinger, M., Chen, J., Jeffrey-Coker, F., Rodriguez-Sanchez, F. S., Singer, T. and Modi, V. (2012) ‘Jatropha adoption: a statistical observational study of factors influencing malian farmers’ decision to grow Jatropha’, *Agroforestry systems*, 84, pp 59–72.

Baylin, A. and Pahuang, R. (1980) ‘Some factors affecting the adoption of farming technologies’, *CMU Journal of Agriculture, Food and Nutrition*, 2, 2, pp 78-96.

Beaud, S. and Weber, F. (2003) *Guide de l’enquête de terrain: produire et analyser des données ethnographiques*, Paris, La Decouverte (Ed.).

Bekunda, M., Palm, C. A., De Fraiture, C., Leadley, P., Martinelli, L. A. and Otto, M. (2009) ‘Biofuels in developing countries.’ In *Biofuels: Environmental Consequences and implications of Changing Land Use*, Howarth R.W et Bringezu S., (Eds.), Ithaca, New York, pp. 249–269.

Bergek, A. (2002) *Shaping and exploiting technological opportunities: the case of renewable energy technology in Sweden*, Doctor of Philosophy, Göteborg, Sweden, Chalmers University of Technology.

Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. and Rickne, A. (2008) ‘Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems:a scheme of analysis’, *Research Policy*, 37, pp 407–429.

Berndes, G., Hoogwijk, M. and van den Broek, R. (2003) ‘The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies’, *Biomass and Bioenergy*, 25, pp 1–28.

Blazy, J.-M., Carpentier, A. and Thomas, A. (2011) ‘The willingness to adopt agro-ecological innovations: application of choice modelling to caribbean banana planters’, *Ecological Economics*, 72, pp 140–150.

Blin, J., Dabat, M. H., Hanff, E. and Weisman, N. (2011) 'Biocarburants: quelle stratégie pour une production énergétique locale au Burkina Faso'.Working Paper, 2iE, Ouagadougou

Blin, J., Weisman, N., Hanff, E. and Dabat, M.-H. (2011) 'Vers une stratégie nationale de développement des filières biocarburant: le cas du Burkina Faso', *Liaison énergie francophonie*, pp 35–42.

Boahene, K., Snijders, T. A. , and Folmer, H. (1999) 'An integrated socioeconomic analysis of innovation adoption: the case of hybrid cocoa in Ghana', *Journal of Policy Modeling*, 21, pp 167–184.

Boccanfuso, D., Coulibaly, M., Timilsina, G. R. and Savard, L. (2013) *Macroeconomic and distributional impacts of jatropha-based biodiesel in Mali*, Working Paper, The World Bank, Washington D.C.

Brecciaroli, M. (2011) 'Le développement des agro-carburants: une alternative à la fin du pétrole bon marché ?'. Working Paper of Department of Policy Research, The World Bank, Washington D.C.

Breschi, S. and Malerba, F. (1997) 'Sectoral innovation systems: technological regimes, schumpeterian dynamics and spatial boundaries'. In *Systems of Innovation*, Edquist (Ed.), Frances Printer, London.

Brett, C. (2004) 'Farm level adoption decisions of soil water management technologies in semi-arid eastern kenya.', article de communication au colloque *Mamangement of technology of soil conservation,* Melbourne, Autralie.

Brittaine, R. and Lutaladio, N. (2010) *Jatropha: a smallholder bioenergy crop: the potential for pro-poor development.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Bruggeman, P. G., Fakambi, K., Fauveaud, S. and Liagre, L. (2010) 'les filières agrocarburants de proximité à base de jatropha: opportunités, acquis et points de vigilance pour un accès à l'énergie en faveur des populations rurales d'afrique de l'ouest', *Sud Sciences & Technologies*, 12.

Burnod, P., Gautier, D. and Gazull, L. (2010) 'Les agocarburants au mali : nouveau produit, vielles recettes ? une analyse de l'émergence et des enjeux du système d'innovation «agrocarburant»', article du colloque, *Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food (ISDA),* Montpellier.

Carbonnier, G. and Grinevald, J. (2011) 'Energie et développement', *International Development Policy| Revue internationale de politique de développement*, 8, 3, pp 9–28.

Carlsson, B. and Stankiewicz, R. (1991) 'On the nature, function and composition of technological systems', *Journal of evolutionary economics*, 1, 93–118.

Casadella, V. and Benlahcen-Tlemcani, M. (2006) 'De l'applicabilité du système national d'innovation dans les pays moins avancés', *Innovations*, nº 24, 59–90.

Caswell, M., Fuglie, K. O., Ingram, C., Jans, S. and Kascak, C. (2001) *Adoption of agricultural production practices: lessons learned from the us department of agriculture area studies project*, Working Paper, Department of Agriculture, Economic Research Service, USA.

Chalmers, J., Kunen, E., Ford, S., Harris, N. and Kadyzewski, J. (2011) *Biofuels and indirect land use change*, White Paper, Arlington, Winrock International.

Chavance, B. (2001) 'Organisations, institutions, système: types et niveaux de règles', *Revue d'économie industrielle*, 97, 85–102.

Cherubini, F. and Strømman, A. H. (2011) 'Life cycle assessment of bioenergy systems: state of the art and future challenges', *Bioresource technology*, 102, 437–451.

Chisti, Y. and Yan, J. (2011) 'Energy from algae: current status and future trends: algal biofuels – a status report', *Applied Energy*, 88, pp 3277–3279.

Choudhury, H. K. and Goswami, K. (2013) 'Determinants of expansion of area under jatropha plantation in north east india: a tobit analysis', *Forest Policy and Economics*, 30, pp 46–52.

Cotula, L., Dyer, N. and Vermeulen, S. (2008) *Fuelling Exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land*, London, IIED.

Cotula, L., Vermeulen, S., Leonard, R. and Keeley, J. (2009) *Land grab or development opportunity? Agricultural investment and international land deals in Africa*, London/Rome, IIIED, FAO, IFAD.

Coudel, E., Sabourin, E., Philippe Tonneau, J. and Caniello, M. (2009) 'Dynamiques et apprentissages d'une première expérience de construction d'une université paysanne au Brésil', *Update Sciences & Technologies*, pp 313–332.

Courlet, C. and Pecqueur, B. (1991) 'Systèmes locaux d'entreprises et externalités : un essai de typologie', *Revue d'Economie Régionale et urbaine*, pp 391–406.

Crampes, C. and Encaoua, D. (2005) 'Microéconomie de l'innovation', *Encyclopédie de l'innovation*, pp 405–430.

Dabat, M.-H., Blin, J. and Rivier, M. (2010) 'Affronter le défi énergétique et alimentaire au Burkina Faso', article du Colloque *Innovation Sustinable Development in Agriculture and Food (*ISDA), Oct., 2010, Montpellier.

Danielo, O. (2005) 'Un carburant à base d'huile d'algue', *Biofutur*, 255 (2005).

Daviron, B. (2012) 'Les ruptures nécessaires', CIRAD, *Perspective n°12, Montpellier.*

Tsayem Demaze, M. (2009) 'Le protocole de kyoto, le clivage nord-sud et le défi du développement durable', *L'Espace géographique*, 38, 139–156.

Demirbas, A. (2009) 'Political, economic and environmental impacts of biofuels: A Review', *Applied Energy*, 86, S108–S117.

Derra, S., Audouin, S., Chapuis, A., Djerma, C. G., Gazull, L. and Dabat, M.-H. (2013) 'Un cadre d'analyse pour évaluer les filières de production de biocarburants à base d'huile végétales en Afrique de l'Ouest', communication à la conférence internationale sur les biocarburants de Ouagadougou, novembre 2013.

Derra, S., Temple, L. and Ouedraogo, I. (2012) 'Emergence d'un système d'innovation sectoriel sur les agrocarburants au burkina faso et conséquences sur les trajectoires technologiques dans la filière Jatropha', Communication Ecole d'été du Réseau de recherche sur l'innovation (RRI), Montpellier.

Diop, D., Fall, A. and Khennas, S. (2010) *Etude pour la mise en place d'un cadre juridique et règlementaire pour la promotion et le développement des biocarburants dans l'espace UEMOA*, Rapport d'étude, UEMOA, Ouagadougou.

Divakara, B. N., Upadhyaya, H. D., Wani, S. P. and Gowda, C. L. L. (2010) 'Biology and genetic improvement of Jatropha Curcas L.: A Review', *Applied Energy*, 87, 732–742.

Djeflat, A. (2009) 'Construction des systèmes d'innovation en phase de décollage dans les pays africains: essai d'analyse à partir des centres techniques industriels au Maghreb', Communication à la conférence I*nclusive Growth, Innovation and Technological Change: education, social capital and sustainable development*, GLOBELICS, Dakar.

Dosi, G. and Winter, S. G. (2003) 'Interprétation évolutionniste du changement économique', *Revue économique*, 54, 385–406.

Doss, C. R. (2006) 'Analyzing technology adoption using microstudies: limitations, challenges, and opportunities for improvement', *Agricultural Economics*, 34, 207–219.

Droulers, M. (2009) 'Le défi des biocarburants au Brésil', *L'Information géographique*, 73, 82–97.

Dubois, M. J.-F. (2009) *La transition énergétique: vivre dans un monde fini*, Paris, Desclée de Brouwer.

Dufey, A. (2006) *Biofuels production, trade and sustainable development: emerging issues*, London, IIED, 2.

Dufumier, M. (1996) 'Sécurité alimentaire et systèmes de production agricole dans les pays en développement', *Cahiers Agricultures*, 5, 229–237.

Dury, S. and Temple, L. (1999) 'La diversification fruitière des exploitations péri-urbaines dans la région de Yaoundé, quelles conséquences pour l'orientation de la recherche développement?', Symposium International Jardin Plantaire 99, Savoie Technoloc, Chambery France.

Edquist, C. (2001) 'The systems of innovation approach and innovation policy: an account of the state of the art'. In *DRUID Conference, Aalborg*, pp. 12–15.

Edquist, C. and Hommen, L. (1999) 'Systems of innovation: theory and policy for the demand side', *Technology in society*, 21, 63–79.

Van Eijck, J. and Romijn, H. (2006) 'Prospects for Jatropha biofuels in developing countries: an analysis for tanzania with strategic niche management', *Energy Policy*, 36, 1.

Van Eijck, J., Smeets, E. and Faaij, A. (2012) 'Jatropha: a promising crop for africa's biofuel production?'. In *Bioenergy for Sustainable Development in Africa*, Springer, pp 27–40.

Ekboir, J. (2012) 'Coordination and collective action for agricultural innovation', *Agricultural Innovation Sourcebook. Washington, DC: The World Bank*.

Ellerman, A. D., Convery, F. J. and De Perthuis, C. (2010) *Le prix du carbone. Les enseignements du marché européen du CO2*, Paris, Pearson.

Ewing, M. and Msangi, S. (2009) 'Biofuels production in developing countries: assessing tradeoffs in welfare and food security', *Environmental Science & Policy*, 12, pp 520–528.

FAO (2010) *Bioenergy and Food Security : The BEFS analytical framework*, FAO Serie, Rome, Italy, Nations Unies.

FAO (2009) *Making sustainable biofuels work for smallholder farmers and rural households: issue and perspectives*, Working Paper, FAO, Rome, Italy, Nations Unies.

FAO (2008) *Biofuels: prospects, risks and opportunities. The state of food and agriculture*, FAO, Rome, Italy, Nations Unies.

FAO (2000) *The energy and agriculture nexus*, Working Paper, FAO, Rome, Italy, Nations Unies.

Farrell, A. E., Plevin, R. J., Turner, B. T., Jones, A. D., O'hare, M. and Kammen, D. M. (2006) 'Ethanol can contribute to energy and environmental goals', *Science*, 311, pp 506–508.

Faure, G. (2007) *L'exploitation Agricole dans un environnement changeant : innovation, aide à la décision et processus d'accompagnement*, Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, Université de Bourgogne, France.

Feder, G., Just, R. E. and Zilberman, D. (1985) 'Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey', *Economic development and cultural change*, 33, pp 255–298.

Feder, G. and Umali, D. L. (1993) 'The adoption of agricultural innovations: a review', *Technological forecasting and social change*, 43, pp 215–239.

Fischer, G., Shah, M., van Velthuizen, H. and Nachtergaele, F. O. (2001) *Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century*, Schloss, Luxemburg, International Institute for Applied Systems Analysis.

Fischer, M. M. (2001) 'Innovation, knowledge creation and systems of innovation', *The Annals of Regional Science*, 35, pp 199–216.

Fouquet, D. and Johansson, T. B. (2008) 'European renewable energy policy at crossroads—focus on electricity support mechanisms', *Energy Policy*, 36, pp 4079–4092.

Fouquet, R. and Pearson, P. J. G. (2012) 'Past and prospective energy transitions: insights from history', *Energy Policy*, 50, pp 1–7.

Francis, G., Edinger, R. and Becker, K. (2005) 'A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production and socio-economic development in degraded areas in Indian: need, potential and perspectives of jatropha plantation' *Natural Resources Forum*, 29, 1, pp 12-24.

Freeman, C. (1987) *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*, Université de Californie, Printer Publishers.

Freeman, C. (1991) 'Networks of innovators: a synthesis of research issues', *Research policy*, 20, pp 499–514.

Freeman, C. (1995) 'The "National System of Innovation"in historical perspective', *Cambridge Journal of economics*, 19, pp 5–24.

Friedrichs, J. (2010) 'Global energy crunch: how different parts of the world would react to a peak oil scenario', *Energy policy*, 38, pp 4562–4569.

Gabas, J.-J. and Goulet, F. (2013) 'Les coopérations agricoles chinoises et brésiliennes en Afrique', *Afrique contemporaine*, pp 111–131.

Gafsi, M., Dugué, P., Jamin, J. Y. and Brossier, J. (2007) *Exploitations agricoles familiales en afrique de l'ouest et du centre: enjeux, caractéristiques et éléments de gestion*, CTA, Wageningen.

Gatete, C. and Dabat, M.-H. (2014) 'Développement des agrocarburants en afrique de l'ouest. une analyse institutionnelle comparative', *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires*, n°344, pp 9–27.

Gatete Djerma, C. and Dabat, M.-H. (2012) 'Biofuels in west Africa : from institutional vacuum to multiactors partnership in strategy formulation and policy implementation'. In *Setting the course for a biobased economy*, Milan, Italy, p. 13.

Geels, F. W. (2002) 'Technological Transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study', *Research policy*, 31, pp 1257–1274.

Geels, F. W. and Schot, J. (2010) 'The dynamics of transitions: a socio-technical perspective'. In T*ransitions to sustainable development: new directions in the study of long term transformative change.*, Grin J., Rotmans J. and Schot J., (Eds.), Routledge, p. 104.

Ghadim, A. K. A., Pannell, D. J. and Burton, M. P. (2005) 'Risk, uncertainty, and learning in adoption of a crop innovation', *Agricultural Economics*, 33, 1–9.

Ghokale, D. (2008) 'Jatropha: experience of agro-forestry and wasteland', IFAD, Rome, Italy.

Gnansounou, E., Dauriat, A., Villegas, J. and Panichelli, L. (2009) 'Life cycle assessment of biofuels: energy and greenhouse gas balances', *Bioresource Technology*, 100, pp 4919–4930.

Gnansounou, E., Dauriat, A., Villegas, J. and Panichelli, L. (2009) 'Life Cycle Assessment of Biofuels: Energy and Greenhouse Gas Balances', *Bioresource Technology*, 100, 4919–4930.

Goldemberg, J., Coelho, S. T., Nastari, P. M. and Lucon, O. (2004) 'Ethanol learning curve—the brazilian experience', *Biomass and Bioenergy*, 26, pp 301–304.

De Gorter, H., Drabik, D. and Just, D. R. (2013) 'Biofuel policies and food grain commodity prices 2006-2012: all boom and no bust?', *Journal of Agrobiotechnology Management and Economics*, 16, 13.

Goswami, K., Choudhury, H. K. and Saikia, J. (2012) 'Factors Influencing farmers' adoption of slash and burn agriculture in north east India', *Forest Policy and Economics*, 15, pp 146–151.

GRAIN (2008) *The 2008 land grab for food and financial security*, Les Rapports de GRAIN, n°14, Barcelone.

GRAIN (2012) *Panorama : qui est derrière l'accaparement des terres ? Regard sur quelques-uns des investisseurs responsables d'acquisitions massives de terres et ceux qui les soutiennent*, Les Rapports de GRAIN, n°38, Barcelone.

Greene, W. H. (1997) *Econometric Analysis*, New Jersey, Prentice Hall.

Griliches, Z. (1957) 'Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change', *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, pp 501–522.

Hall, A., Bockett, G., Taylor, S., Sivamohan, M. V. K. and Clark, N. (2001) 'Why research partnerships really matter: innovation theory, institutional arrangements and implications for developing new technology for the poor', *World development*, 29, 5, pp 783–797.

Hall, A. and Clark, N. (1995) 'Coping with change, complexity and diversity in agriculture—the case of rhizobium inoculants in Thailand', *World Development*, 23, 9, pp 1601–1614.

Hall, A., Mytelka, L., and Oyeyinka, B. (2005) 'Innovation Systems: implications for agricultural policy and practice', *Institutional Learning and Change Initiative*, 3, 5.

Hanff, E., Dabat, M.-H., and Blin, J. (2011a) 'Are biofuels an efficient technology for generating sustainable development in oil-dependent african nations? A macroeconomic assessment of the opportunities and impacts in Burkina Faso', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, pp 2199–2209.

Hazell, P. and Pachauri, R. K. (2006) *Bioenergy and agriculture: promises and challenges*, Brief n°14, IFPRI, Washington, USA.

Heckman, J. J. (1979) 'Sample selection bias as a specification error', *Econometrica: Journal of the econometric society*, pp 153–161.

Heckman, J. J., Urzua, S. and Vytlacil, E. (2006) 'Understanding instrumental variables in models with essential heterogeneity', *The Review of Economics and Statistics*, 88, pp 389–432.

Hekkert, M. P. and Negro, S. O. (2009) 'Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: empirical evidence for earlier claims', *Technological forecasting and social change*, 76, pp 584–594.

Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S. and Smits, R. (2007) 'Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change', *Technological Forecasting and Social Change*, 74, 413–432.

Henning, R. K. (2009) *The Jatropha book: the Jatropha system-an integrated approach of rural development*, Rapport d'étude, Weissensberg, Germany.

Hermelin, B. and Lagandré, D. (2009) 'Les agrocarburants: menaces ou opportunités pour les agricultures familiales?', *Ecologie & politique*, 5, 1, pp 69–77.

Holt-Giménez, E. and Shattuck, A. (2011) 'Agrocarburants et souveraineté alimentaire: une autre transition agraire', *Alternatives Sud*, 18, pp 141-160.

Hoogwijk, M., Faaij, A., Eickhout, B., de Vries, B. and Turkenburg, W. (2005) 'Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios', *Biomass and Bioenergy*, 29, pp 225–257.

Hounkonnou, D., Kossou, D., Kuyper, T. W., Leeuwis, C., Nederlof, E. S., Röling, N., Sakyi-Dawson, O., Traoré, M. and van Huis, A. (2012) 'An innovation systems approach to institutional change: smallholder development in west Africa', *Agricultural Systems*, 108, pp 74–83.

Intarakumnerd, P., Chairatana, P. and Tangchitpiboon, T. (2002) 'National innovation system in less successful developing countries: the case of Thailand', *Research policy*, 31, pp 1445–1457.

Jacobsson, S. and Johnson, A. (2000) 'The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research', *Energy Policy*, 28, pp 625–640.

Janin, P. and Ouedraogo, F. D. C. (2009) *Enjeux des agrocarburants au Burkina Faso: le cas du Jatropha curcas L.*, Working Paper, IRD & Université Paris 1, Paris.

Jingura, R. M. (2011) 'Technical options for optimization of production of jatropha as a biofuel feedstock in arid and semi-arid areas of Zimbabwe', *Biomass and Bioenergy*, 35, pp 2127–2132.

Johnson, B. and Segura-Bonilla, O. (2001) *Innovation Systems and Developing Countries Experiences from the SUDESCA Project*, DRUID Working Papers, Business Studies, Aalborg University, Department of Industrial Economics and Strategy, Copenhagen.

Jumbe, C. B., Msiska, F. and Madjera, M. (2009) 'Biofuels development in sub-saharan africa: are the policies conducive?', *Energy Policy*, 37, pp 4980–4986.

Kaboré, O. (2003) 'Impact de la production du coton sur la production céréalière et la sécurité alimentaire au Burkina-Faso', *Food Production Economics Natural Resources Management and Food Security*, 88.

Kabunga, N. S., Dubois, T. and Qaim, M. (2012) 'Heterogeneous information exposure and technology adoption: the case of tissue culture bananas in Kenya', *Agricultural Economics*, 43, pp 473–486.

Kachika, T. (2010) *Land grabbing in africa: a review of the impacts and the possible policy responses*, Oxfam Blogs, London, Oxfam International, p.69.

Kane, C. S. (2009) 'Demande d'énergie et coissance dans l'UEMOA : une analyse sur panel hétérogène non stationnaire', *Revue Africaine de l'Intégration*, 3, 1, pp 24-40.

Kgathi, D. L., Mfundisi, K. B., Mmopelwa, G. and Mosepele, K. (2012) 'Potential impacts of biofuel development on food security in botswana: a contribution to energy policy', *Energy Policy*, 43, pp 70–79.

Kirat, T. and Lung, Y. (1995) 'Innovations et proximités: le territoire, lieu de déploiement des processus d'apprentissage', *Coordination économique et apprentissage des firmes*, pp 206–227.

Klein, J.-L. and Harrisson, D. (2006) *L'innovation sociale: émergence et effets sur la transformation des sociétés*, Edition Presse Universitaire Québec (PUQ).

Klein Woolthuis, R., Lankhuizen, M. and Gilsing, V. (2005) 'A system failure framework for innovation policy design', *Technovation*, 25, pp 609–619.

Klerkx, L., Aarts, N. and Leeuwis, C. (2010) 'Adaptive management in agricultural innovation systems: the interactions between innovation networks and their environment', *Agricultural Systems*, 103, 6, pp 390–400.

Klerkx, L., van Mierlo, B. and Leeuwis, C. (2012) 'Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions'. In *Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic*, Springer, pp. 457–483.

Kline, S. J. and Rosenberg, N. (1986) 'An overview of innovation', *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*, 14, 6, p. 40.

Laborde, D. and Msangi, S. (2011) 'Biocarburants, environnement et alimentation : l'histoire se complique.' In *Politiques alimentaires mondiales*, IFPRI Report, Washington.

Lapar, M. L. A. and Pandey, S. (1999) 'Adoption of soil conservation: the case of the philippine uplands', *Agricultural Economics*, 21, pp 241–256.

Laperche, B. (2012) 'General presentation innovation processes: why institutions matter', *Journal of Innovation Economics & Management*, 3–3.

Laperche, B., Picard, F. and Yacoub, N. (2012) 'Les droits de propriété industrielle dans un modèle d'innovation multi-partenariale: entre coordination et opportunisme'. In *Forum Innovation*, Paris, ISEG.

Lévy, J. and Lussault, M. (2003) *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Edition Belin, Paris.

Lichtenberg, E. (2001) *Adoption of soil conservation practices: a revealed preference approach*, Working Paper of *Department of agricultural and resource economics. The University of Maryland, College Park.*

Liyama, M., Newman, D., Munster, C., Nyabenge, M., Sileshi, G., and Moraa, V. (2013) 'Productivity of Jatropha Curcas under smallholder farm conditions in Kenya.', *Agroforestry Systems*, 12, 87, pp 729–746.

Lundvall, B.-A. (2010) *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*, Anthem Press, London, p. 406.

Lundvall, B.-A. (1985) *Product innovation and user-producer interaction*, Series n°31 of Industrial Development Research, Aalborg University Press, Danemark.

Lundvall, B.-A., Intarakumnerd, P. and Vang-Lauridsen, J. (2006) *Asia's* Innovation Systems in Transit*ion*, Edward Elgar Publishing, Massachusetts, USA.

Lundvall, B.-A., and Johnson, B. (1994) 'The learning economy', *Journal of industry studies*, 1, pp 23–42.

Lundvall, B.-A., Johnson, B., Andersen, E. S. and Dalum, B. (2002) 'National systems of production, innovation and competence building', *Research Policy*, 31, pp 213–231.

Mabro, R. (2007) 'The peak oil theory', *Revue de l'Energie*, 575, pp 32–34.

Maertens, A. and Barrett, C. B. (2013) 'Measuring social networks' effects on agricultural technology adoption', *American Journal of Agricultural Economics*, 95, pp 353–359.

Mahoney, J. (2000) 'Path dependence in historical sociology', *Theory and society*, 29, pp 507–548.

Malerba, F. (2002) 'Sectoral Systems of innovation and production', *Research Policy*, 31, 2, pp 247–264.

Malerba, F. (2005) 'Sectoral systems of innovation: a framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors', *Economics of Innovation and New Technology*, 14, 2, pp 63–82.

Von Malititz, G. P. and Brent, A. (2008) *Assessing the biofuel options for southern Africa*', Pretoria, CSIR International Convention Center, p. 16.

Von Maltitz, G., Haywood, L., Mapako, M. and Brent, A. (2009) 'Analysis of opportunities for biofuel production in sub-saharan Africa', *Brief Environment*, 6, 3, p. 7.

Mangoyana, R. B. (2009) 'Bioenergy for sustainable development: an african context', *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 34, pp 59–64.

Mapemba, L. D., Grevulo, J. A. and Mulagha, A. M. (2013) 'What drives adoption of biofuel (Jatropha Curcas) production in central eastern Malawi?', *Journal of Energy Technologies & Policy*, 3, 10, pp 75-92.

Marra, M., Pannell, D. J. and Abadi Ghadim, A. (2003) 'The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve?', *Agricultural systems*, 75, pp 215–234.

Matuschke, I. and Qaim, M. (2009) 'The impact of social networks on hybrid seed adoption in India', *Agricultural Economics*, 40, pp 493–505.

Maxwell, S. and Slater, R. (2003) 'Food policy old and new development', *Development policy review*, 21, pp 531–553.

Mazvimavi, K. and Twomlow, S. (2009) 'Socioeconomic and institutional factors influencing adoption of conservation farming by vulnerable households in Zimbabwe', *Agricultural Systems*, 101, pp 20–29.

McDonald, J. F. and Moffitt, R. A. (1980) 'The uses of tobit analysis', *Review of economics and statistics*, 62, pp 318–321.

Menichetti, E. and Otto, M. (2008) *Existing knowledge and limits of scientific assessment of the sustainability impacts due to biofuels by LCA methodology*, Communication in International Energy Forum.

Mercer, D. E. (2004) 'Adoption of agroforestry innovations in the tropics: a review'. In *New Vistas in Agroforestry*, Springer, pp. 311–328.

Mercer, D. E. and Pattanayak, S. K. (2003) 'Agroforestry adoption by smallholders'. In *Forests in a market economy*, Springer, pp. 283–299.

Mitchell, A. (2008) *The implications of smallholder cultivation of the biofuel crop, jatropha curcas, for local food security and socio-economic development in northern Tanzania.*, Master in Anthropology & Ecology, London, University of London.

Mohr, A. and Raman, S. (2013) 'Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels', *Energy Policy*, 63, pp 114–122.

Montaigne, E. (1988) *Enjeux et stratégies dans la filière d'innovation du matériel végétal viticole: un essai d'analyse économique du changement technique*, Thèse de doctorat en Sciences Economiques, Montpellier, Université Montpellier 1.

Moschini, G. and Hennessy, D. A. (2001) 'Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers', *Handbook of agricultural economics*, 1, pp 88–153.

Mponela, P., Jumbe, C. B. and Mwase, W. F. (2011) 'Determinants and extent of land allocation for Jatropha Curcas L. cultivation among smallholder farmers in Malawi', *Biomass and Bioenergy*, 35, pp 2499–2505.

Mshandete, A. M. (2011) 'Biofuels in Tanzania: status, opportunities and challenges', *Journal of Applied Biosciences*, 40, pp 2677–2705.

Mukuruba, J. (2013) *A Socio-economic analysis of factors influencing jatropha curcas l. adoption by communal farmers in shamva district of Zimbabwe*, Master of Sciences in Agricultural and Applied Economics, Zimbabwe, University of Zimbabwe.

Nai Nai, S., Cheyns, E. and Ruf, F. (2000) 'Adoption du palmier à huile en côte d'ivoire: Afrique, plantation et développement', *OCL. Oléagineux, corps gras, lipides*, 7, pp 155–165.

Naylor, R. (2007) 'The ripple effect. Biofuels, food security and environment', *Environment*, 49, pp 30 – 43.

Negash, M. and Swinnen, J. F. M. (2013) 'Biofuels and food security: micro-evidence from Ethiopia', *Energy Policy*, 61, 12, pp 963 – 976.

Negro, S. O., Alkemade, F. and Hekkert, M. P. (2012) 'Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, pp 3836–3846.

Negro, S. O., Hekkert, M. P. and Smits, R. E. (2007) 'Explaining the failure of the dutch innovation system for biomass digestion—a functional analysis', *Energy Policy*, 35, pp 925–938.

Nelson, R. (1993) *National innovation systems: a comparative analysis*, Oxford University Press, USA.

Nelson, R. R. and Winter, S. G. (1982) *An evolutionary theory of economic change*, Havard University Press, Cambridge, London.

Ngalamulume Tshiebue, G. (2011) *Projets de développement agricole, dynamiques paysannes et sécurité alimentaire: essai d'analyse transversale et systémique de la rencontre entre les actions globales et les initiatives locales au Kasaï occidental/RDCongo*, Thèse de doctarant en Sciences de la population, Louvain, Université Catholique de Louvain.

Ngondjeb, Y., Nje, P. and Havard, M. (2011) 'Déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion hydrique en zone cotonnière du Cameroun', *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 64, 4, p. 18.

OCDE (2008) *Biofuels support policies: an economic assessment*, OCDE Publishing, Paris.

OCDE (2011) *Politiques En Faveurs Des Énergies Renouvelables*. In *Evaluation des réformes de politiques agricoles aux Etats-Unis*, OCDE Report, Paris.

OCDE and FAO (2012) *Perspective Agricoles de l'OCDE et de La FAO 2012-2021*, OCDE Report, Paris.

ODI (2008) *Biofuels and Development : Will the EU Help or Hinder ?*, ODI briefing paper, n°32.

Olwande, J., Sikei, G. and Mathenge, M. (2009) *Agricultural technology adoption: a panel analysis of smallholder farmers' fertilizer use in Kenya*, Working Paper, Centre of Evaluation for Global Action, Kenya.

Ouedraogo, C. F. (2010) 'Stratégies de Lutte À Terme', *Logiques paysannes et espaces agraires en Afrique*, 12, pp 3-21.

Ouedraogo, D., Kaboré, M. and Kienou, B. (2007) 'Insécurité alimentaire, vulnérabilité et pauvreté en milieu rural au Burkina : une approche en termes de consommation d'énergie', *Mondes en développement*, 140, 4, p.65.

Ouedraogo, R. (2003) 'Adoption et intensité d'utilisation de la culture attelée, des engrais et des semences améliorées dans le centre nord du Burkina', *CEDRES*, 7, 3, p. 17.

Oyelaran-Oyeyinka, B. and Barclay, L. A. (2004) 'Human capital and systems of innovation in african development', *African Development Review*, 16, pp 115–138.

Pallière, G. and Fauveaud, S. (2009) *Les enjeux des agrocarburants pour le monde paysan au Mali*, Rapport d'étude, GERES, France.

Pecqueur, B. (2005) 'Les territoires créateurs de nouvelles ressources productives: le cas de l'agglomération grenobloise', *Géographie, économie, société*, 7, 3, pp 255–268.

Pellet, J.-D. and Pellet, E. (2007) *Jatropha Curcas, le meilleur des biocarburants: mode d'emploi, histoire et avenir d'une plante extraordinaire*, Edition Favre, Lausane.

Penot, E. and Ollivier, I. (2009) 'L'hévéa en association avec les cultures pérennes, fruitières ou forestières: quelques exemples en Asie, Afrique et Amérique latine', *Bois et forêts des tropiques*, 12, 301.

Percebois, J. (2001) 'Énergie et théorie économique : un survol', *Revue d'économie politique*, 111, 6, pp 815–860.

Percebois, J. (1978) 'Energie, croissance et calcul économique', *Revue économique*, 29, 3, pp 464–493.

Perrier-Cornet, P. and Sylvander, B. (2000) 'Firmes, coordinations et territorialité une lecture économique de la diversité des filières d'appellation d'origine', *Economie rurale*, 258, 1, pp 79–89.

Peskett, L., Slater, R., Stevens, C. and Dufey, A. (2008) 'Biofuels, agriculture and poverty reduction.', *Agriculture for Development*, pp 7–12.

PNUE (2009) 'Towards Sustainable production and use of ressources : assessing biofuels' PNUE Report, Nations Unies.

Pohl, C. (2010) *Jatropha : money doen't grow on trees*, Issue, Friends of the Earth International Amsterdam.

Polet, F., Martinez-Alier, J., Birega, G., Botto, Y. and Alves, F. (2011) 'Expansion des agrocarburants au sud: dynamique et impacts', *Alternatives Sud*, 18, 7.

Portale, E. (2012) *Socio-economic sustainability of biofuel production in sub-saharan Africa: evidence from a Jatropha outgrower model in rural Tanzania*, Discussion Paper, Havard Kenedy School - Belfer Center for Science and International Affairs, Cambridge.

Potvin, V. (2013) *L'accaparement des terres et ses impacts sur la sécurité alimentaire en Afrique subharienne.* Thèse de Master, Ottawa, Université d'Ottawa.

Puhani, P. (2000) 'The Heckman correction for sample selection and its critique', *Journal of economic surveys*, 14, 1, pp 53–68.

Rahman, S. (2003) 'Environmental impacts of modern agricultural technology diffusion in bangladesh: an analysis of farmers' perceptions and their determinants', *Journal of environmental management*, 68, 2, pp 183–191.

Rajalahti, R., Janssen, W. and Pehu, E. (2008) *Agricultural innovation systems: from diagnostics toward operational practices*, Discussion Paper, World Bank, Washington.

Van Rijn, F., Bulte, E. and Adekunle, A. (2012) 'Social capital and agricultural innovation in sub-saharan Africa', *Agricultural Systems*, 108, pp 112–122.

Rip, A. and Kemp, R. (1996) Towards a theory of socio-technical change, In *Human Choice and Climate Change*, Rayner & Malone (Eds.), Colombus, USA.

Rivera, W. M. (2011) 'Public sector agricultural extension system reform and the challenges ahead', *Journal of Agricultural Education and Extension*, 17, 2, pp 165–180.

Rogers, E. M. (2003) 'Diffusion of innovations', *New York : Free Press*.

Rossi, A. and Lambrou, Y. (2009) *Making sustainable biofuels work for smallholder farmers and rural households*, Working Paper *FAO*, Rome, Italy.

Rossi, A. and Lambrou, Y. (2008) *Gender and equity issues in liquid biofuels production. Minimizing the risks to maximize the opportunities*, FAO Report, Rome, Italy.

Rotmans, J. and Loorbach, D. (2010) Towards a better understanding of transitions and their governance. a systemic and reflexive approach. In *Transitions to sustainable development. New directions in the study of long term transformative change, Grin, Rotmans and Schot (Eds.), New York: Routledge.*

Ruf, F. and Schroth, G. (2013) *Cultures pérennes tropicales: enjeux économiques et écologiques de la diversification*, Montpellier, Editions Quae.

Ruttan, V. W. and Hayami, Y. (1984) 'Toward a Theory of Induced Institutional Innovation', *The Journal of Development Studies*, 20, 4, pp 203–223.

Sall, S., Norman, D. and Featherstone, A. M. (2000) 'Quantitative assessment of improved rice variety adoption: the farmer's perspective', *Agricultural Systems*, 66, 2, pp 129–144.

Santander, S. (2011) 'La coopération brésilienne avec l'Afrique', *Révue Defense Nationale*, 738, p. 11.

Saxenian, A. (1994) 'Regional advantages', *Havard University Press*.

Sayyar, S., Abidin, Z. Z., Yunus, R. and Muhammad, A. (2009) 'Extraction of oil from Jatropha seeds-optimization and kinetics', *American Journal of Applied Sciences*, 6, 7, pp 1390-1411.

Scherr, S. J. (2000) 'A downward spiral? Research evidence on the relationship between poverty and natural resource degradation', *Food policy*, 25, 4, pp 479–498.

Schwartz, A. (2000) 'Culture du coton, sécurité alimentaire et développement durable dans les savanes de l'afrique subsaharienne: l'exemple du Burkina Faso'. In *Sécurité alimentaire et développement durable*, Fondation Singer-Polignac, Paris.

Sen, A. (1981) 'Poverty and famines : an essay on entitlement and deprivation', *Oxford, Clarendon Press*.

Smeets, E. M., Faaij, A. P., Lewandowski, I. M. and Turkenburg, W. C. (2007) 'A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050', *Progress in Energy and combustion science*, 33, 1, pp 56–106.

Sorda, G., Banse, M. and Kemfert, C. (2010) 'An overview of biofuel policies across the world', *Energy Policy*, 38, 11, pp 6977–6988.

Spielman, D. J. (2005) *Innovation systems perspectives on developing-country agriculture: a critical review*, ISNAR Discussion Paper, IFPRI, Washington, USA.

Spielman, D. J., Davis, K., Negash, M. and Ayele, G. (2011) 'Rural innovation systems and networks: findings from a study of ethiopian smallholders', *Agriculture and human values*, 28, 2, pp 195–212.

Spielman, D. J., Ekboir, J., Davis, K. and Ochieng, C. M. (2008) 'An innovation systems perspective on strengthening agricultural education and training in sub-saharan Africa', *Agricultural Systems*, 98, 1, pp 1–9.

Sulle, E. and Nelson, F. (2009) *Biofuels, land access and rural livelihoods in Tanzania*, London, IIED.

Tatsidjodoung, P., Dabat, M.-H., and Blin, J. (2012) 'Insights into biofuel development in Burkina Faso: potential and strategies for sustainable energy policies', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 7, pp 5319–5330.

Temple, L. and Fadani, A. (1997) 'Cultures d'exportation et cultures vivrieres au Cameroun.', *Economie Rurale*, 87, pp 28-43

Temple, L., Kwa, M., Tetang, J. and Bikoï, A. (2011) 'Organizational determinants of technological innovation in food agriculture and impacts on sustainable development', *Agronomy for sustainable development*, 31, pp 745–755.

Temple, L., Lançon, F., Montaigne, E. and Soufflet, J. F. (2009) *Introduction aux concepts et méthodes d'analyse de filières agricoles et agro-industrielles*, Working Paper, Institut National de la Recherche Agronomique, France.

Temple, L., Marie, P., Bakry, F. and Joubert, N. (2008) *Un déterminant de l'innovation technique en agriculture : les coordinations sur le travail dans la production bananière*, Working Papper, CIRAD/INRA/SUPAGRO Montpellier.

Temple, L. and Nzié, J.R.M., (2013) 'Conditions socio-économiques de la diversification horticole dans les systèmes de productions cacaoyers du sud Cameroun'. In *Cultures pérennes tropicales:Enjeux économiques et écologiques de la diversification*, F. Ruf et G., Schroth (Eds.), Edition Quae, pp. 197–208.

Tobin, J. (1956) 'Estimation of relationship for limited dependent variables', *Econometrica*, 26, pp 24–36.

Torre, A. (2000) 'Economie de la proximite et activites agricoles et agro-alimentaires. elements d'un programme de recherche', *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 3, pp 407–426.

Torre, A. and Rallet, A. (2004) 'Proximité et localisation', *Économie rurale*, 280, pp 25–41.

Touzard, J.-M. and Temple, L. (2012) 'Sécurisation alimentaire et innovations dans l'agriculture et l'agroalimentaire: vers un nouvel agenda de recherche? Une Revue de La Littérature', *Cahiers Agricultures*, 21, 5, pp 293–301.

Touzard, J.-M., Temple, L., Faure, G. and Triomphe, B. (2014) 'Systèmes d'innovation et communautés de connaissances dans le secteur agricole et agroalimentaire', *Innovations*, 43, pp 13–38.

Uzunidis, D. (2010) 'Innovation et proximité', *La Revue des Sciences de Gestion*, 1, pp 13–22.

Vaitilingom, G. (2007) Extraction, conditionnement et utilisation des huiles végétales pures carburant. Communication 1ère conférence internationale Biocarburant de Ouagadougou, 2iE et CIRAD, p. 54.

Voituriez, T. (2009) *Hausse des prix agricoles et de l'énergie: quelles relations et implications à moyen terme et à long terme?* Working Paper, *IFPRI*, Washington.

Wahl, N., Jamnadass, R., Baur, H., Munster, C. and Iiyama, M. (2009) *Economic viability jatropha curcas l. plantations in northern Tanzania*. Working Paper, *World Agroforestry Centre ICRAF, Kenya*.

Wiggins, S., Fioretti, E., Keane, J., Khwaja, Y., McDonald, S., Levy, S. and Srinivasan, C. S. (2008) *Review of the indirect effects of biofuels: economic benefits and food insecurity*. Report Agency, Overseas Development Institute London.

Winters, P., Crissman, C. C. and Espinosa, P. (2004) 'Inducing the adoption of conservation technologies: lessons from the Ecuadorian Andes', *Environment and Development Economics*, 9, 5, pp 695–719.

World Bank (2005) *The Impact of Higher Oil Prices on Low Income Countries and on the Poor*, ESMAP, Washington, USA, Nations Unies.

Yacoub, N. and Laperche, B. (2010) 'Stratégies Des Grandes Firmes Pharmaceutiques Face Aux Médicaments Génériques', *Innovations*, 2, pp 81–81.

Zegeye, T., Tadesse, B., Tesfaye, S., Nigussie, M., Tanner, D. and Twumasi-Afriyie, S. (2002) *Determinants of Adoption of Improved Maize Technologies in Major Maize Growing Regions of Ethiopia*, Rapport d'atelier, Ethiopian Agricultural Research Organization, Addis Abeba.

ANNEXES

Annexe 1 : Mesures politiques en attente d'être adopté par l'Etat Burkinabé

- forte réduction voire suppression de la fiscalité intérieure sur les produits commercialisés, les équipements et autres intrants nécessaires à l'introduction, à la diversification et au développement des cultures énergétiques nouvelles autres que le coton (tournesol, sorgho sucré, pourghère…) pendant 5 ans.
- délivrance d'agréments aux unités de production de biocarburants selon le code des investissements à condition qu'elles contribuent au développement et à la diversification des cultures oléagineuses et qu'elles respectent les normes techniques et qualitatives édictées par le Gouvernement (…).
- fixation par le Gouvernement des objectifs d'incorporation en pourcentage des biocarburants dans les carburants traditionnels progressifs dans le temps et obligation de les respecter pour les distributeurs.
- attribution par l'Etat d'un monopole de droit à la Sonabhy pour la collecte, l'achat, le stockage, l'incorporation des produits biocarburants et l'approvisionnement des distributeurs. Ceci permettrait de garantir des débouchés aux carburants produits sur le territoire national par toutes les unités qui viendraient s'installer dans le pays (une commission multipartite fixerait cependant le prix de cession des produits), de sécuriser et de réaliser dans de bonnes conditions les incorporations de biocarburants dans le gazole ou l'essence avant de livrer les carburants aux différents distributeurs.
- calquer l'organisation de la distribution et de la commercialisation des produits biocarburants sur celle des produits pétroliers (licence ou agrément des distributeurs, textes règlementaires).
- réglementation de la structure des prix des biocarburants par une commission compétente.
- exonération de la taxe sur les produits pétroliers aux biocarburants (en principe non applicable aux produits issus de la transformation de produits de l'agriculture ou de l'élevage).
- exonération de la TVA sur tous les circuits du produit biocarburant (production et vente à la Sonabhy, revente aux marketers, vente au consommateur final). L'objectif est d'éviter toute rémanence de la taxe aux fins de ne pas modifier le prix du gazole ou de l'essence à la pompe pour le consommateur.

Annexe 2 : Fonction des agences des Nations Unies dans la promotion des biocarburants en ASS

Un certain nombre d'agences des Nations unies soutient activement la bioénergie :

- La CNUCED travaille en collaboration avec le secteur privé pour développer le commerce et le développement durable, pour augmenter la production, l'utilisation domestique et le commerce de biocarburants.
- Le PNUD travaille pour le développement de l'accès à l'énergie dans les pays les plus pauvres et tente d'incorporer la bioénergie et les biocarburants aux programmes de ces pays. Un programme clé du PNUD en Afrique de l'Ouest est le projet de plate-forme multifonctionnelle (PTF), qui promeut une approche intégrée et multidimensionnelle de la réduction de la pauvreté rurale. Le programme utilise des moteurs diesel (alimentés de plus en plus souvent par du biodiesel) pour faire fonctionner une variété d'outils et fournir de l'électricité. En 2007, le PNUD a reçu une subvention de 19 millions de dollars de la Fondation Gates pour développer ce programme en Afrique de l'Ouest.
- Le PNUE se spécialise dans le financement de l'énergie durable et développe des instruments d'évaluation des investissements en énergie verte. Par exemple, le PNUE, avec la FNU et d'autres groupes, a aidé à créer une facilité de financement pour l'énergie verte en Afrique : le Réseau pour l'environnement et le développement durable en Afrique (REDDA), pour éliminer les principaux obstacles auxquels se heurtent les PME qui cherchent des financements sur le marché.
- L'ONUDI développe et met en place des projets de technologies de bioénergie comme les biocarburants liquides. L'ONUDI se concentre surtout sur les processus industriels et le contrôle qualité dans la production de la bioénergie. L'ONUDI suit également les nouvelles avancées technologiques ; fournit de l'assistance technique sur le terrain ; et soutient le développement et la mise en place de programmes de bioénergie. En juillet 2007, l'ONUDI a soutenu la première Conférence de haut niveau sur les biocarburants en Afrique, à Addis-Abeba, en Éthiopie, avec l'Union africaine (UA) et le Gouvernement du Brésil. La conférence a rassemblé les parties prenantes afin de formuler une vision stratégique commune pour le développement des biocarburants sur le continent et favoriser la création de politiques et de stratégies viables pour l'industrie des biocarburants en Afrique.

- La FAO est leader de l'élaboration de normes et de politiques publiques pour équilibrer la production de denrées alimentaires et celle de carburants. La FAO fournit également de l'assistance technique détaillée pour la formulation de stratégies et de programmes de bioénergie prenant en compte les impacts potentiels sur la sécurité alimentaire et les ressources naturelles. Il accueille le Global Bioenergy Partnership (GBEP) et dirige la mise en application de l'International Bioenergy Platform (IBEP), qui sert de mécanisme pour la collaboration technique et politique entre les bailleurs de fonds internationaux, régionaux, nationaux et privés.
- Le FIDA à travers son cadre stratégique (2007-2010) reconnaît que les biocarburants représentent une opportunité pour les pauvres sur le marché de l'énergie. Les activités incluent des subventions de recherche pour étudier les bénéfices que le marché des biocarburants pourraient apporter aux pauvres, le développement des liens avec le secteur privé et l'encouragement aux cultures de biocarburants, des consultations mondiales sur des questions telles que le développement du pourghère et du sorgho à sucre et les partenariats avec des organisations bilatérales et multilatérales.

Annexe 3 : les sociétés britanniques dans la production de biocarburant en ASS

Entreprises Britanniques	Cession de terre	Pays concernés par les cessions de terres
Crest Global Green Energy	900000	Guinea, Mali, Senegal
Gem Biofuels	452500	Madagascar
Equatorial Biofuels plc	80000	Liberia
Kavango Bioenergy Ltd	70000	Namibia
Jatropha africa	50000	Ghana
Cams Group	20000	Tanzania
Principle energy	20000	Mozambique
Sun Biofuels	13000	Mozambique, Tanzania
D1 Oils	5000	Malawi, Zambia
Viridesco	175	Mozambique
Sustainable Agroenergy	n.a.	Senegal

Annexe 4 : base de données sur les caractéristiques des projets de production

Promoteur	Activités biocarburant	Âge	valeur investissements	Situation	superficie Jatropha (en ha)	Concentration /décentralisation	Produits fini	unité de transformation	Capacité	marché visé	Contrat approv.
AGRITECH FASO	culture, transformation et commercialisation	7	>100 000 000	Démarrage partiel	1 500	dispersion	Huile et biodiésel	unité industrielle	30 000	national et international	oui
APROJER	culture, transformation et commercialisation	5	>100 000 000	En activité	6 100	dispersion	Huile et biodiésel	presse	2 400	national	oui
ASSOCIATION IMPULSION	culture, transformation et consommation	7	10 - 50 000 000	En activité	375	concentration	HVB	presse	225	autoconso	oui
BELWET BIOCARBURANT	Culture, transformation et commercialisation	2	> 100 000 000	En activité	76 262	dispersion	HVB et biodiesel	unité industrielle	4 000	national	oui
GENESE SARL	Culture, Transformation et Commercialisation	3	50 -100 000 000	En activité	7 000	concentration	HVB	presse	3 000	local	oui
FASO BIOCARBURANT	culture, transformation et commercialisation	1	>100 000 000	Non démarré	2 000	dispersion	HVB et Biodisel	unité industrielle	300	national et international	oui
FASOGAZ	transformation et consommation	3	10 - 50 000 000	En activité	1 062	concentration	HVB et biodiesel	unité industrielle	300	autoconso	oui
FONDATION DREYER	Culture et appuis	10	10 - 50 000 000	En activité	417	concentration	Biodiesel	unité	0	autoconso	oui
ILLARIA BURKINA	Culture	4	10 - 50 000 000	Non-Act	180	concentration	Néant	non	0	national et international	oui
TIIPAALGA	Culture et appuis aux OP	5	>100 000 000	En activité	0	concentration	Néant	non	0	local	non

STAB	Culture, transformation et commercialisation	5	>100 000 000	En activité	0	concentration	HVB	unité industrielle	417	autoconso	oui
WOUOL	Culture	12	10 - 50 000 000	En activité	300	concentration	Néant	non	225	local	oui
MAIRIE DORI	culture	3	>100 000 000	Démarrage partiel	50	concentration	Néant	non	0	local	oui
MAIRIE DE BONI	culture					concentration	Néant	non	0	local	oui

Annexe 5 : Variables candidates pour l'explication de l'adoption et de l'intensité d'adoption du Jatropha

Variables	Définitions
Variables dépendantes	
Adoption	L'agriculteur adopte le Jatropha (1) ; il ne l'adopte pas (0)
Intensité	Intensité d'adoption (surface du Jatropha divisée par le nombre de main d'œuvre familiale)
Variables Explicatives	
Variables socio-personnelle	
Genre	homme (1) et femme (2)
AGE	L'âge en années du chef d'exploitation
Education	Niveau d'éducation du chef de ménage ; (dummy ordonnées) sans niveau (0), primaire (1), secondaire et plus (2)
Activité principale	(0) agriculture et (1) autres
Perception	La perception des agriculteurs sur le Jatropha : (1) culture de rente, (2) Carburant, (3) Protection du sol
Variables structurelles	
Localité de production	zone d'appartenance de l'agriculteur : (1) Barsalogho, (2) Zorgho, (3) Léo
Distance route	Distance entre la concession et le marché (en Km)
SAU exploitation	Superficie totale exploitée (ha)
Effectif ménage	nombre de personne dans l'exploitation
MO familiale	nombre de travailleur de l'exploitation
Couverture alimentaire	La production céréalière satisfait les besoin alimentaire de l'exploitation (1) ; sinon (0)
Opportunité travail non agricole	Présence de travail non agricole dans la zone : (1) oui, (0) non
Variables institutionnelles	
Groupement	Appartenance à un groupement de producteurs : oui (1), non (0)
Prix attendu	Prix du Kg de graine
Marché graine	Lieu de vente des graines : (1) Exploitation, (2) Village, (3) Ailleurs
Contact promoteur	Proximité avec le promoteur : (1) oui, (0) non
Accès information	Accès à l'information : (1) oui (0) non
Formation	L'agriculteur a suivi une formation agricole : (0) non et (1) oui
Assistance agricole	Accès à l'assistance de la part du promoteur : (1) oui, (0) non

Annexe 6 : Statistiques descriptives des variables explicatives du modèle économétrique

Variables	Non adoptants (observations = 222)			Adoptants (observations = 257)			Total (observations = 479)		
	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
Variables socio personnelles									
Genre	0,91	0	1	0,961	0	1	0,937	0	1
Age	42,14	23	70	49,089	25	78	45,868	23	78
Education									
Aucun niveau	0,554	0	1	0,774	0	1	0,672	0	1
Primaire	0,365	0	1	0,167	0	1	0,259	0	1
Secondaire	0,081	0	1	0,058	0	1	0,069	0	1
Activité principale	0,775	0	1	0,751	0	1	0,762	0	1
Perception du Jatropha									
Culture de rente	0,149	0	1	0,576	0	1	0,378	0	1
Carburant	0,279	0	1	0,218	0	1	0,246	0	1
conservation sol	0,572	0	1	0,206	0	1	0,376	0	1
Variables structurelles									
Surface exploitée	7,478	2	34	6,981	1	95	7,212	1	95
Taille des ménages	10,694	1	21	13,848	1	60	12,386	1	60
Opportunité Travail non agricole	0,257	0	1	0,327	0	1	0,294	0	1
Distance route	1,163	0,1	6	1,345	0,1	20	1,26	0,1	20
Localité de production									
BARSALOGHO	0,203	0	1	0,249	0	1	0,228	0	1
ZORGHO	0,36	0	1	0,346	0	1	0,353	0	1
LEO	0,437	0	1	0,405	0	1	0,42	0	1
Facteurs économiques									
Prix minimum attendu	182,883	100	350	155,448	20	1000	168,163	20	1000
Marché de vente									
Exploitation	0,279	0	1	0,191	0	1	0,232	0	1
Marché village	0,446	0	1	0,514	0	1	0,482	0	1
Marché extérieur	0,275	0	1	0,296	0	1	0,286	0	1
Variables institutionnelles									
Assistance	0,171	0	1	0,689	0	1	0,449	0	1
Groupement	-	-	-	0,424	0	1	0,228	0	1
Accès information	0,275	0	1	0,747	0	1	0,528	0	1
Formation	0,225	0	1	0,743	0	1	0,503	0	1
Contact Vulgarisation	0,257	0	1	0,163	0	1	0,207	0	1

Annexe 7 : les conditions micro-économiques de validation des paramétrages technico-économiques

L'analyse de la productivité de la terre et du travail n'intègre pas les coûts d'investissement initiaux. Elle reflète le cout de production annuel lorsque le Jatropha aurait atteint sa maturité. Il existe cependant des investissements non négligeables pour les agriculteurs tels que la réalisation d'une pépinière, l'implantation, la protection, le remplacement des plants manquants, avant le stade de production. La quasi-totalité des agriculteurs interrogés lors des enquêtes, nous ont fait part des difficultés rencontrées pour démarrer la culture de Jatropha. Nous allons procéder à l'évaluation des coûts de ces investissements qui peuvent parfois être rédhibitoires pour certains agriculteurs.

Réalisation de pépinières

L'implantation de Jatropha à partir de de plants produits en pépinière, nécessite au préalable la création de pépinière. La réalisation de la pépinière requiert une disponibilité de main d'œuvre et d'eau. Le temps de travail relevé au niveau des zones d'étude se décompose ainsi :

- création d'une planche de 10 m² pour 1000 pieds à raison d'un espacement de 10 cm entre chaque pied. Temps de travail estimé 5h pour une personne ;
- entretien minimum de 2h par jour et cela pendant 1 mois.

Le temps total consacré à la pépinière est de [5 + (2 x 30)]/8 = 8 Hj/ha.

Implantation et repiquage

Plusieurs pratiques existent pour l'implantation du Jatropha. Elles diffèrent suivant la période et le volume de travail (Cf. tableau 6) :

- L'implantation à partir de plants produits en pépinière : La trouaison est faite avant les premières pluies (en mai), ce qui constitue un travail difficile du fait de la sécheresse du sol. La transplantation est faite au moment des premières pluies.
- Le semis direct : Il est effectué en saison des pluies mais nécessite des conditions de pluviométrie particulièrement bonnes. Cela coïncide avec la période du semis des autres cultures.

Le temps d'implantation est consigné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 21 : Repartition du temps de travail pour l'implantation du Jatropha

	Plants en pépinière	Semis direct
Labour[39] (H.J/ha)	6	6
Trouaison (H.J/ha)	12	0
Semis/Repiquage (H.J/ha)	2	3
Total plantation (H.J/ha)	20	9

La qualité du travail d'implantation est cruciale pour la réussite de la plantation. Le système d'implantation à partir de plants produits en pépinière donne un meilleur taux de survie. Cependant, la trouaison en saison sèche est difficile, et en plus elle coïncide parfois avec les travaux des autres cultures.

Mortalité et regarnissage

La mortalité des plants est variable (jusqu'à 40-50% pour certains producteurs voire au-delà). Elle peut être due à une mauvaise implantation, une faible qualité des semences, ou à des attaques de ravageurs (essentiellement des termites). Les regarnissages ne sont pas automatiques. Ils peuvent être faits à partir de nouveaux plants en pépinière, ou de nouveaux semis au cours de l'année n+1, mais également parfois à partir de boutures prélevées sur les plants vivants.

Modalités de réalisation des récoltes et du décorticage des capsules

Dans les zones d'étude, comme partout ailleurs au Burkina Faso, la récolte des capsules de Jatropha est réalisée à partir du début du mois d'octobre et se prolonge jusqu'à la fin du mois de février. Les capsules récoltées sont totalement sèches. Les premières capsules produites ne sont pas récoltées car elles tombent par terre et pourrissent sur le sol en fin de saison des pluies. Le prix d'achat des graines proposé aux paysans actuellement (75 FCFA/kg ~ 0,11 euro/kg) est trop faible pour les motiver à abandonner la récolte de leurs cultures traditionnelles au profit de celle du Jatropha. Le temps moyen nécessaire à la récolte de la quantité de capsules permettant d'obtenir 1 kg de graines sèches est de 25 minutes (Cf Annexe 1). Actuellement le décorticage est fait manuellement par les producteurs et présente un rendement moyen de 2 kg/h. Sur base de ces chiffres, il est difficile d'obtenir une quantité de graines supérieure à 20 kg/H.j. Cependant une utilisation de décortiqueuses comme c'est le

[39] Les producteurs ne disposant pas d'attelage pour effectuer le labour, font appel à des tâcherons du village pour un coût allant de 15.000 à 25.000 Fcfa/ha en fonction des zones.

cas au Mali permet d'obtenir une dizaine de kilos de graines décortiquées par heure de travail (Allard, 2010).

Annexe 8 : Effets structurants et critères sélectionnés

Documents de politique publique	Aspects majeurs retenus	Effets structurants considérés	Critères retenus
PRBE, livre blanc de la CEDEAO	Energie domestique Energie renouvelables/ biocarburants	Amélioration des conditions de vie des populations rurales, développement rural	
Etude Nationale Burkina 2025	Améliorer l'accès à l'énergie en milieu rural Développement énergies renouvelables		REVENUS PAYSANS
Programme présidentiel	Améliorer le taux national de couverture en termes d'électrification Améliorer l'accès à l'énergie en zone rurale et électrification rurale décentralisé		ACCES A L'ENERGIE
CSLP -> SCADD	Energie = interconnexion, développement de l'accès à l'énergie solaire, des énergies renouvelables		EMPLOIS RURAL
LPDRD	LPDRD = développement d'infrastructures socio-économiques à vocation de désenclavement, développement énergie renouvelables et améliorer l'accès à l'énergie en milieu rural		
SDR	Amélioration du revenu des paysans par diversification, la modernisation de l'agriculture, le développement d'AGR. Connexion de l'agriculture au marché, responsabilisation des acteurs ruraux		
Note sectorielle de l'énergie au Burkina Littérature sur la facture énergétique	Coût élevé des importations d'hydrocarbures et impacts négatifs sur la balance commerciale et le budget de l'Etat	Evolution de la balance commerciale grâce à la réduction du coût des importations des hydrocarbures, modification du budget de l'Etat avec la mise en place de mécanismes d'incitations tels que les subventions.	BALANCE COMMERCIALE BUDGET DE L'ETAT SUBVENTIONS
SCADD	Développement de l'agrobusiness	Modernisation de l'agriculture et évolution des systèmes de	

		production de type familial vers le type agrobusiness	MODERNISATION DE L'AGRICULTURE
SDR	Développement de semences améliorées Intensification, mécanisation Développement durable, utilisation de terres arides Evolution de l'agriculture familiale vers une agriculture type agrobusiness Développement du secteur de transformation agroalimentaire Développement lien agriculture et marché		MODERNISATION DE L'AGRICULTURE
Etude nationale Burkina 2025	Modernisation de l'agriculture Développement de l'agrobusiness		
	Modernisation de l'agriculture Développement de la mécanisation et intensification agricole Connexion agriculture - marché		
Loi sur le régime foncier Réforme agraire et foncière	Modification des règles d'appropriation des terres Favoritisme pour les terres à vocation agrobusiness		

Annexe 9 :

UN CADRE D'ANALYSE POUR EVALUER LES FILIERES DE PRODUCTION DE BIOCARBURANTS A BASE D'HUILES VEGETALES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Sarah Audouin[(1)(2)(6a)], Arnaud Chapuis[(1)(3)], Salif Derra[(4)(6b)], Charly G. Djerma[(1)(5)(6c)], Marie-Hélène Dabat[(6c)], Laurent Gazull[(6a)]

(1) Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE), Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburants (LBEB)
Fondation 2IE, rue de la science, 01 BP 594, Ouagadougou, Burkina Faso

(2) Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, UMR PRODIG ,
2 rue valette, 75005 Paris, France

(3) Université de Toulouse, Mines Albi, CNRS UMR 5302, Centre RAPSODEE,
Campus Jarlard, F-81013 Albi Cedex 09, France

(4) SupAgro, UMR Innovation,
2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier, France

(5) Université Paris-sud 11, Collège d'Études Interdisciplinaires (CEI),
54, Boulevard Desgranges, 92330 Sceaux, France

(6) Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), a) UR B&SF, b) UMR Innovation, c) UMR ArtDev
Avenue Agropolis, 34398 Montpellier, France

Contact email des auteurs: sarah.audouin@cirad.fr; arnaud.chapuis@mines-albi.fr ; salif.derra@cirad.fr ; cdjerma@gmail.com

Mots clés: évaluation, critère de durabilité, filière énergétique, biocarburant, Afrique de l'Ouest

I Introduction

Véritables objets d'espoir pour le développement durable à l'échelle mondiale, les agrocarburants ont connu une expansion médiatique sans précédent à partir des années 2000. Cet engouement massif a fait l'objet de nombreux débats relatifs aux modèles d'implantation, à la légitimité et aux impacts sur la sécurité alimentaire (Hanff et al., 2011b) de ces cultures énergétiques ; ou même à leur réel capacité à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Face aux nombreuses options techniques et organisationnelles possibles, les filières de production de biocarburants à partir d'huiles végétales offrent des modèles divers et contrastés. Dans un objectif d'accompagnement à la construction d'une politique spécifique aux biocarburants, cette communication propose un outil d'évaluation ex-ante et ex-post de la durabilité des différentes formes de filières de production biocarburants à base d'huiles végétales.

L'originalité de notre démarche repose sur un travail en amont de construction d'une typologie exhaustive des filières susceptibles d'émerger en Afrique de l'Ouest, puis sur l'élaboration d'une grille d'évaluation de leur durabilité respectant les trois piliers du développement durable. L'identification des critères et indicateurs de cette grille s'est appuyée sur la revue de littérature réalisée par Buytaert et al. (2011) sur les outils

d'évaluation de la durabilité spécifiques à la biomasse énergie (Buytaert et al., 2011) et sur les travaux de la *roundtable on sustainable biofuels* (RSB), certification de production durable de biocarburants reconnue par l'Union Européenne (UE). Les critères et indicateurs sont répartis en trois catégories par nature et sont déclinés selon l'échelle géographique à laquelle ils s'appliquent et selon la situation temporelle de l'évaluation : *ex-post* ou *ex-ante*, ce qui, à notre connaissance, a été peu pris en compte dans les méthodes d'évaluation connues. Les indicateurs sont définis de manière précise, afin qu'ils puissent être calculés ou estimés sans équivoque par l'utilisateur. L'évaluation cible plus particulièrement les filières huiles à base de *Jatropha curcas* et s'appuie sur une connaissance approfondie des auteurs de la situation au Burkina Faso.
Notre réflexion s'articule autour de trois parties. Nous présentons d'abord le cadre conceptuel et la démarche générale de l'étude, puis nous détaillons la typologie des filières probables. Enfin nous proposons une grille d'évaluation des filières existantes (*ex-post),* qui nous amènera à une grille évolutive intégrant les filières potentielles (*ex-ante)* pour conclure sur l'intérêt et les difficultés d'application d'une telle démarche.

II Une démarche qui articule évaluation et approche filière

2.1. Une vision pragmatique parmi le foisonnement des méthodes proposées

Le corpus de l'évaluation de la durabilité des systèmes de production regroupe de nombreuses techniques et d'outils visant à contribuer de manière plus ou moins intégrée, à l'analyse d'impact de projets, d'activités économiques, de réglementations au regard des trois piliers du développement durable : social, environnemental et économique (Ness et al., 2007). Plusieurs auteurs ont recensé les principaux outils et méthodes appliqués au domaine de la biomasse-énergie (Ness et al., 2007; Pope et al., 2004; Buytaert et al., 2011). Les aspects environnementaux sont les plus largement couverts par ces outils, au détriment des aspects économiques et sociaux. Les plus à même d'intégrer les trois dimensions du développement durable sont ceux basés sur la méthode « critères et indicateurs »(Buytaert et al., 2011), notamment parce qu'elle permet d'intégrer des critères qualitatifs et quantitatifs. Cette méthode consiste à définir, pour un cadre d'application donné, une série d'indicateurs traduisant au mieux la durabilité du système étudié. Leurs valeurs peuvent être analysées qualitativement, agrégées pour former un indice ou bien pondérés. Enfin, elle est particulièrement flexible puisqu'elle peut aussi bien être utilisée en analyse *ex-post* ou *ex-ante* et à différentes échelles spatiales (Buytaert et al., 2011; Pope et al., 2004). L'approche spatiale est particulièrement pertinente dans le cadre d'une évaluation de durabilité car les impacts évalués ne s'appliquent pas tous à la même échelle : les émissions de gaz à effets de serre constituent un impact global ; l'effet d'une activité sur l'économie peut être observé au niveau régional ou national; enfin les impacts sociaux ont souvent un caractère très local. De plus, l'interprétation des impacts dépend largement du contexte social, environnemental et économique. Par conséquent, l'évaluation de la durabilité à plusieurs échelles spatiales est capitale pour faciliter les décisions politiques en fonction des priorités de développement, par exemple le développement rural, le développement macro-économique, la création d'emplois agricoles, commerciaux, industriels, etc.
Dans le domaine de la biomasse-énergie et des biocarburants en particulier, il existe déjà un grand nombre de cadres d'analyse fournissant les principes et les critères que doit satisfaire une initiative pour être considérée comme durable (Buytaert et al., 2011). Ce foisonnement s'explique par les nombreuses controverses soulevées par les biocarburants et les appels

des Etats et de l'UE à la nécessité d'une certification de durabilité. Dans l'ensemble, les grilles d'évaluation sont définies de manière très générale pour pouvoir envisager la majorité des cas : elles fournissent donc plutôt des principes et des critères que des indicateurs bien définis et ne sont pas toujours applicables en l'état. Nous avons donc choisi de nous baser sur l'une de ces grilles afin de l'adapter à notre démarche et au contexte de notre étude, comme le recommande Pope et al. (Pope et al., 2004).

La grille qui nous a paru la plus pertinente pour la situation connue en Afrique de l'Ouest est celle développée par la RSB, seule certification actuellement reconnue par l'UE. Elle a été établie suivant une méthode participative incluant toutes les parties prenantes du secteur ainsi que les organismes gouvernementaux, les ONG et les représentants de la société civile. Elle comporte 12 principes, déclinés en critères[40] et s'applique particulièrement aux produits destinés à l'exportation. Cette certification est donc avant tout destinée à assurer au pays importateur que le biocarburant a été produit dans des conditions qui limitent les effets néfastes sur les sociétés et écosystèmes des pays du Sud.
Cependant, notre démarche se différencie significativement de la RSB sur trois points : (i) elle n'est pas centrée sur un produit mais sur les filières ce qui permet d'intégrer acteurs, fonctions et échelles spatiales; (ii) elle est destinée à être appliquée dans les pays producteurs de biocarburants afin de comparer les filières entre elles et (iii) ses critères sont simplifiés et donc applicables plus rapidement.

2.2. L'analyse de filière en aide à la décision

Nous avons choisi d'aborder la filière en amont de nos réflexions, ce qui nous permet de délimiter les frontières de l'étude en termes d'acteurs, d'espaces et des usages associés aux biocarburants.
L'analyse de filière est considérée comme un mode de découpage et de représentation en un modèle simple d'un appareil productif généralement complexe et de description de flux physiques et financiers entre les agents. La filière huile énergétique consiste à *« produire et à transformer une matière première agricole (jatropha, canne à sucre, palmier à huile, sorgho sucré, etc.) en un produit artisanal ou industriel (huile végétale brute, biodiesel, éthanol), à la distribuer et à l'utiliser comme consommation intermédiaire dans plusieurs secteurs de l'économie (production d'électricité, transport, agro-industrie, artisanat, etc.) et dans les ménages (via l'électricité ou directement), aussi bien à l'échelle locale (plateformes multifonctionnelles, moulins, motopompes, etc.) que nationale (centrales, hydrauliques, distribution de carburant, etc.), en substitution à une importation (gasoil, DDO, fuel oil, etc.) ou du fait de leurs propres attributs (production décentralisée notamment) en réponse à une demande nouvelle (mécanisation de l'agriculture, irrigation, travail de soudure, etc.)»* (Gatete and Dabat, 2014). Dans le cas des filières bioénergétiques, la partie aval est particulièrement importante à prendre en compte du fait de la nature du produit qui est utilisé comme facteur de production par d'autres secteurs de l'économie. L'analyse de filière permet d'intégrer à la fois des considérations macro et micro économiques, les options techniques pour chaque fonction de la filière, l'organisation des acteurs et enfin la dimension spatiale des activités.

[40] 1/ la légalité, 2/ la planification, le suivi et l'amélioration continue, 3/ la réduction des émissions de gaz à effet de serre, 4/ les droits de l'homme et du travail, 5/ le développement social et rural, 6/ la sécurité alimentaire locale, 7/ la conservation de la biodiversité et des écosystème, 8/ le sol, 9/ l'eau, 10/ l'air, 11/ l'utilisation des technologies, intrants et gestion des déchets, 12/ les droits fonciers. Pour plus de détail se reporter aux documents de la RSB : http://rsb.org/sustainability/rsb-sustainability-standards/

Etant donné l'importance de chacun de ces facteurs sur la durabilité, la filière apparaît comme un cadre d'étude particulièrement pertinent pour identifier les facteurs sensibles, analyser leur influence et apporter les éléments essentiels en support à la prise de décision.

2.3. Les filières biocarburants en Afrique de l'Ouest

Les filières biocarburant ouest africaines à base de jatropha diffèrent de plusieurs points de vue. Elles ont généralement connu une émergence par canaux multiples avec l'implication de plusieurs types d'acteurs (Gatete Djerma and Dabat, 2012; Derra et al., 2012b). Leurs genèses sont diverses : projets financés par des agences de coopération (GIZ au Mali, au Burkina, au Niger) ; impulsion par l'assistance technique (coopérant étranger au niveau des ministères); investissement d'ONG (au Mali, Bénin, Togo, Burkina Faso, Côte d'Ivoire) ou implantation de multinationales généralement en joint-venture (dans tous ces pays).

2.3.1. Fonctionnalités des agents dans les filières de production d'huile énergétique

De manière générale, les acteurs identifiés dans ces filières peuvent être catégorisés selon leurs fonctions principales: production, transformation et consommation[41]. Par mesure de simplification de la représentation, nous ne ferons pas apparaître la fonction de commercialisation ou de distribution qui, dans cette phase d'émergence des filières, est généralement internalisée par les agents des fonctions principales[42]. L'étape de transformation a été scindée en deux parties : la trituration des graines qui donne l'huile végétale carburant (HVC) et l'estérification de cette huile qui donne le biodiesel. La trans-estérification ne concerne que peu d'acteurs (en nombre) et met en jeu une maîtrise technique et un investissement non comparables avec les activités d'une huilerie. Dans le Tableau 1, les différents types d'acteurs sont mis en regard des principales fonctions de la filière. Des agents ont été regroupés en fonction de leur proximité fonctionnelle ou géographique ; comme les entreprises artisanales et industrielles d'une part ; les associations, coopératives de producteurs agricoles, ONG et opérateurs technique d'autre part. Enfin nous n'avons pas distingué les ménages des opérateurs économiques car dans le milieu rural ouest-africain les petits entrepreneurs travaillent souvent à domicile et la distinction de l'utilisation de l'énergie entre l'activité économique et le ménage est difficile à opérer[43]. Par ailleurs, le produit fini de la filière (HVC ou biodiesel), est aussi une consommation intermédiaire pour d'autres filières de production (transformation agro-alimentaire, ferronnerie, etc.). Notons enfin que cette matrice d'identification des filières couple des situations réelles et prospectives, c'est-à-dire des filières qui existent déjà dans certains pays d'Afrique de l'Ouest et d'autres qui pourraient émerger dans les années à venir.

---

[41] Les modes de coordination au sein des filières (verticaux, horizontaux, mixtes) pourraient être associés à cette démarche de différenciation des filières afin de différencier les types de filières et ont fait l'objet d'autres travaux des auteurs.

[42] Notons que dans une analyse approfondie et en particulier dans une analyse économique, cette fonction s'avère très importante à distinguer, qu'elle soit internalisée ou pas, étant donné la spécificité de ces filières énergétiques qui peuvent être très longues (exportation) ou très courtes (production et usage très localisés).

[43] Dans un exercice plus détaillé et notamment avec une approche spatiale qui distinguerait milieu urbain et milieu rural, il serait important de les distinguer.

Elle révèle à la fois que plusieurs acteurs de natures différentes peuvent assurer la même fonction et que plusieurs acteurs peuvent assurer plusieurs fonctions, ce qui multiplie les formes de filières envisageables au niveau technique et organisationnel.

Tableau 1. Matrice d'identification des fonctions des agents

Fonction Agent	Production	Transformation 1 Huilerie	Transformation 2 Estérification	Consommation/utilisation
Agriculteurs (individuels ou en association)	Production des graines sur champ propre (moyenne de 2/3ha en agriculture familiale)	X	X	Utilisation de l'HVC pour motopompe et tracteur
Entreprises artisanales et industrielles	Production des graines sur champ propre avec emplois salariés ou contrat avec des paysans pour s'approvisionner en graines	Transformation des graines en HVC : huilerie de petite capacité (100 à 800 t graines/an) ou raffinerie (> 4000 t huile/an)	Transformation de l'HVC en biodiesel (>10 000 t/an)	Autoconsommation du biodiesel produit
Collectivités locales	Production des graines sur champ propre avec emploi salarié ou contrat avec des paysans pour s'approvisionner en graines	Transformation des graines en HVC dans l'huilerie de la collectivité ou sous-traitante à une huilerie privée	Sous-traitance à un industriel privé	Autoconsommation de l'HVC ou du biodiesel pour l'alimentation en énergie des services publics de la commune (santé, école, administration, etc.) ou pour l'électrification rurale
Association/ coopérative / ONG / opérateur technique	Production de graines sur champ propre de l'association, ONG, ou de l'opérateur technique, ou concentration des graines produites individuellement par les membres de la coopérative	Transformation des graines en HVC dans une huilerie artisanale interne à la structure (presse de petite taille avec ou sans raffinerie) ou sous-traitance à une huilerie privée	X	Autoconsommation de l'HVC produit pour l'agriculture, ou alimenter des groupes électrogènes
Ménage	X	X	X	Utilisation directe de l'HVC ou du biodiesel pour transport
Opérateur économique (non agriculteur)	X	X	X	Utilisation directe de l'HVC ou du biodiesel pour le transport, PMF, services ou indirectement comme source d'énergie pour une unité d'électrification

2.3.2. Les archétypes des filières de production de biocarburant à base de *Jatropha curcas* : un panel de "possibles"

Après avoir identifié les acteurs et leurs fonctions, il convient de les associer selon des combinaisons plausibles et pertinentes afin de construire des archétypes de filières. Les utilisateurs du produit fini ont été regroupés selon quatre catégories : (i) les usagers locaux qui se concentrent à proximité de l'aire de production de la culture énergétique (agriculteurs, ménages, opérateurs techniques, gérants de plate-forme multifonction (PMF), groupements d'utilisateurs d'électricité, coopératives agricoles, collectivités) ; (ii) les usagers industriels qui peuvent être installés dans l'aire de production ou bien en dehors; (iii) les usagers nationaux qui correspondent aux consommateurs de biocarburants situés hors de la zone de production (ménages urbains ou sociétés privées) et enfin (iv) les usagers internationaux lorsque le biocarburant est destiné à l'exportation.

Toutes les combinaisons d'acteurs selon leurs fonctions dans la filière ont été envisagées afin de former six archétypes de filière, en excluant les combinaisons non plausibles (tableau 2).

Tableau 2. Typologie des filières ouest-africaines de production de biocarburants à partir d'oléagineux

Type de filière	Combinaison d'acteurs et description du type de filière
Type 1 : Filière courte	**agriculteur → association/ONG /huilerie artisanale → usager local** La production, transformation et consommation sont localisées au niveau de la zone de production. La production du

	jatropha est assurée par des agriculteurs individuels et indépendants. Le pressage des graines est fait par une association, une ONG, ou par une huilerie artisanale déjà existante dans la zone. Le produit final est l'HVC, commercialisée localement aux agriculteurs qui peuvent l'utiliser dans les moteurs statiques (de type motopompes), ou bien transformée en électricité dans les PMF et destinée aux ménages ou aux acteurs économiques ruraux.
Type 2 : Coopérative	**coopérative → coopérative → usager local** La production de jatropha est assurée par les agriculteurs adhérents à la coopérative. Le pressage et la commercialisation est à la charge de la coopérative. Les capacités techniques financières et managériales des coopératives seront déterminantes ainsi que la localisation des acheteurs d'huile. Il est fort probable que la coopérative vise en priorité la satisfaction de la demande locale (ménage, PMF, agent économique local, etc.). Cependant lorsque la capacité de production est grande, la coopérative peut desservir en HVC des coopératives de transformation agroalimentaire ou d'autres industries.
Type 3 : Filière communale	**collectivité → huilerie artisanale, industriel → collectivité territoriale** La production de l'HVC est faite par et pour la collectivité territoriale. Elle s'appuie sur une organisation interne (association) qui va gérer la production de jatropha sur des terres communales. La transformation de la production est effectuée par une huilerie artisanale ou un transformateur industriel. L'huile produite est ensuite utilisée à des fins collectives (éclairage public, groupe électrogène, services de santé, centres sociaux, centres de formation, etc..).
Type 4 : Industriel	**agriculteur, coopérative → industriel → industries, usager national et international** ou **agriculteurs, coopératives → coopératives, huilerie artisanale (huile) → industriel (biodiesel) → industries, usagers nationaux ou internationaux** L'objectif est la production de biocarburants pour une consommation de grande envergure. Le transformateur s'approvisionne en graines auprès d'agriculteurs individuels ou de coopératives de commercialisation de jatropha. L'industriel peut se spécialiser dans la production de biodiesel et acheter directement l'huile auprès de coopératives ou d'huileries artisanales. Le biocarburant est destiné à d'autres industriels ou au marché domestique, voire international.
Type 5 : Social business	**agriculteur, coopérative → industriel → usager local** Filière construite autour d'une société privée ayant un objectif double : améliorer les conditions de vie des agriculteurs en achetant les graines à un prix rémunérateur et proposer un produit final (HVC) accessible à une population rurale. Tous les bénéfices sont réinvestis dans les activités productives de l'entreprise. Les fournisseurs de matière première sont les agriculteurs mais peuvent aussi être réunis en coopérative. La société ne produit que de l'HVC et la vend localement aux ménages et agents économiques ruraux. La société peut éventuellement assurer une partie de la production agricole pour sécuriser son approvisionnement et assurer la formation des producteurs contractualisés.
Type 6 : Industriel avec production intégré	**industriel → industriel → industrie, usager national et étranger** L'industriel maîtrise toute cette filière. La production de matière première est totalement intégrée. Ce modèle de filière nécessite de grandes disponibilités foncières et groupées (un seul tenant ou bien plusieurs blocs de production). Le produit commercialisé sur le marché intérieur et extérieur est uniquement du biodiesel.

Certaines combinaisons ont été exclues car elles étaient non cohérentes et nous avons considéré leur probabilité d'émerger comme très faible. Les critères d'exclusion de ces filières se basent sur les postulats suivants :

- Les transformateurs de type ONG ou association ne pourront pas fournir directement des consommateurs de type industriels, usagers nationaux ou internationaux. Ces producteurs ont en effet plutôt une vocation sociale de promotion du développement local et traiteront des volumes limités.
- La production de biodiesel, exclusivement réalisée par une unité industrielle, ne peut être rentable que si elle concerne des volumes importants. Ce type de filière ne peut donc pas approvisionner exclusivement le petit consommateur local.
- Les huileries artisanales ont une faible capacité de pressage. De ce fait, le marché local est l'objectif principal. Les volumes d'huiles produites étant réduits, la commercialisation au niveau du marché national et international n'est pas envisageable.
- Si un industriel assure sa propre production de graines, il les transformera dans sa propre usine.
- Si une commune gère une production de jatropha sur ses terres, ce sera pour produire du carburant pour ses besoins propres. Les volumes seront insuffisants pour produire du biodiesel.

III Une grille d'évaluation de la durabilité des filières biocarburants ouest-africaines

3.1. Une grille d'évaluation ex post

L'objectif de cette grille est de pouvoir comparer la durabilité de différents types de filière existantes sur un territoire donné, en considérant l'ensemble des acteurs, espaces et usages associés.

3.1.1. Les échelles spatiales

Mesurer l'impact d'une filière à l'échelle d'un territoire n'est pertinent que si l'analyse peut être menée à différentes échelles (Efroymson et al., 2012). Nous avons choisi trois échelles correspondant à des logiques territoriales distinctes : l'échelle du bassin d'approvisionnement en matière première, l'échelle du bassin de consommation d'huile ou de biodiesel et l'échelle nationale. Le bassin d'approvisionnement regroupe les différentes unités spatiales de production du jatropha qui viennent approvisionner la ou les unités de transformation d'une filière. Il constitue l'interface entre la filière et l'espace de production. Cette échelle permet de s'intéresser à la fois au milieu contenant les exploitations agricoles, aux cultures et pratiques mais aussi aux logiques d'action des producteurs et transformateurs. Le bassin de consommation prend en compte l'espace dans lequel le produit final circule de la sortie de l'unité de transformation jusqu'au consommateur. L'échelle nationale permet de considérer la filière domestique dans son ensemble en couvrant l'espace des bassins d'approvisionnement et de consommation. A cette échelle on s'intéresse particulièrement aux impacts globaux à la fois sur l'environnement, sur l'économie nationale et aux rapports entre tous les acteurs de la filière.

3.1.2. Les critères et indicateurs

Parmi les douze grands principes de la RSB, nous n'en avons retenus que sept qui étaient à la fois pertinents et dont on pouvait simplifier la mesure, que nous avons décliné en critères et indicateurs. Ces principes ont été regroupés selon les trois composantes du développement durable qui structurent la plupart des analyses : la viabilité sociale, la protection de l'environnement, la performance économique [2],[3],[9].

3.1.2.1. La viabilité sociale :

La sécurité alimentaire : principal objet de controverse sur ce sujet (Negash and Swinnen, 2013b), c'est un concept complexe aux différentes composantes : la disponibilité, l'accessibilité, la qualité et la stabilité des prix des produits alimentaires. La RSB se base, entre autres, sur l'évolution d'un indicateur d'apport calorique dans l'alimentation des ménages avant et après mise en place du projet concerné. Cette méthode est très complexe et prend assez peu en compte les volets accessibilité et disponibilité. De façon plus pragmatique, cet indicateur peut être abordé au moyen de la mesure du niveau de substitution entre les plantations de jatropha et les cultures alimentaires annuelles[44]. Il doit être construit à l'échelle du bassin d'approvisionnement, en évaluant les antécédents de culture des champs dans lesquels le jatropha est implanté (substitution totale lorsque le jatropha est implanté en plein champ, partielle lorsque le jatropha est implanté en association de culture, ou absente lorsqu'il est implanté sur des terres non cultivées auparavant). Ces informations doivent être recueillies par enquête auprès des producteurs.

[44] L'évolution des superficies dédiées au vivrier n'est pas un indicateur fiable car leur réduction éventuelle ne peut être corrélée de façon directe à l'établissement de plantations de jatropha et peut avoir d'autres causes (baisse du prix des céréales sur les marchés régionaux et internationaux, incident climatique, etc.)

Le respect des droits fonciers : représente une autre controverse particulièrement vive avec le risque d'accaparement foncier au détriment des populations rurales. La RSB propose d'identifier les différents usagers et types de droits puis de mettre en place un cadre co-construit avec les parties-prenantes pour éviter les risques d'accaparement. Or, en Afrique de l'Ouest, les droits fonciers correspondent à un empilement complexe de droits et devoirs coutumiers auxquels s'ajoute la législation foncière. Etablir un tel protocole est donc très délicat, d'autant plus que les règles coutumières changent dans le temps et selon les localités. Nous proposons donc un indicateur simplifié, basé sur le nombre de conflits portant sur le foncier en relation avec des plantations de jatropha par rapport à la superficie totale de jatropha implanté dans le bassin de production. Les conflits sont en effet des révélateurs des relations entre acteurs et des risques d'accaparement. Ils sont généralement reportés dans des procès-verbaux en mairie de la commune concernée. Les conflits non déclarés ne peuvent cependant pas être identifiés dans ce type d'indicateur, bien qu'ils représentent une part non négligeable des conflits existants.

3.1.2.2. La protection de l'environnement :

La réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) : doit être comptabilisée sur l'intégralité de la chaîne de production, du champ au réservoir ou du champ à la roue et inclure les émissions liées aux intrants utilisés tout au long de la chaîne. La méthodologie la plus répandue est l'analyse de cycle de vie (ACV), standardisée par l'Organisation Internationale des Standards (ISO). Elle permet de calculer la réduction d'émissions de GES par rapport à un scénario de référence pour la fourniture d'un même service, nommé « unité fonctionnelle ». Dans le cas présent, l'unité fonctionnelle peut être un kWh d'énergie thermique dégagée par la combustion du carburant. Le scénario de référence sera la fourniture de ce kWh thermique par la combustion de carburant Diesel fossile. Les émissions liées aux activités de transformation et aux transports pourront s'effectuer à partir des données telles celles d'EcoInvent qui recense les émissions liées à la plupart des produits et activités industrielles. Les émissions liées à la production agricole sont dépendantes des conditions pédoclimatiques locales et des itinéraires techniques dont le changement d'utilisation des sols et la fertilisation. Nous préconisons l'utilisation de l'outil Ex-ACT développé par la FAO et spécifique au contexte des pays du Sud. La valorisation des coproduits est émettrice de GES qui doivent alors être considérés (selon leur masse, l'énergie produite ou leur valeur économique) (Benoist, 2009; Gnansounou, A. Dauriat, et al., 2009). Nous préconisons, comme l'ISO 14040, d'éviter ces allocations d'émissions lorsque la valorisation du coproduit permet de substituer un produit d'origine clairement définie (production d'électricité qui se substitue à celle du réseau, valorisation des tourteaux en fertilisants qui se substituent à des fertilisants chimiques) ; on comptabilise alors directement les émissions évitées. Lorsque l'origine du produit substitué est difficilement identifiable (glycérine, tourteaux pour l'alimentation animale), l'allocation s'effectuera selon la valeur monétaire des coproduits, comme le préconise la RSB, ce qui permet de refléter l'intérêt socioéconomique associé au produit (Benoist, 2009).

Les principaux facteurs de différenciation des filières entre elles seront principalement liés à l'étape de transformation avec (i) le type d'approvisionnement en énergie de l'unité de transformation, (ii) la transformation de l'huile en biodiesel qui comporte l'inconvénient d'utiliser du méthanol[45]; (iii) les options de valorisation énergétique des coproduits; mais

[45] jusqu'à 80% des émissions de GES dans la production de biodiesel (Prueksakorn and Gheewala, 2008)

aussi (iv) aux pratiques agricoles (Ndong et al., 2009) et à la concentration spatiale de la filière. Bien que les émissions de GES soient comptabilisées à l'échelle internationale, elles seront référencées dans notre grille à l'échelle la plus large, au niveau national.

La conservation de la biodiversité et de l'écosystème : ce principe, tel que présenté par la RSB, est très vaste et propose d'identifier et évaluer la valeur des zones en termes de biodiversité et de services écosystémiques rendus (produits forestiers ligneux ou non ligneux, zones de pâturage, lieux de culte, etc.). Certaines zones sont alors à exclure de la production de biocarburants, d'autres doivent faire l'objet de compensation. Par mesure de simplification nous proposons un indicateur mesurant la part de zones non favorables à la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques qui sont dédiées à la production de jatropha dans la filière. Les zones non favorables peuvent être définies (i) par la non conformation à la législation et aux plants d'aménagement des zones classées ou protégées, et (ii) par la présence d'une forte biodiversité et/ou d'une forte réserve de carbone, ce qui recouvre généralement la fourniture de services écosystémiques importants (réserve de bois de chauffe, de produits forestiers non-ligneux). Les données doivent être accessibles rapidement comme les bases nationales d'occupation des sols. La typologie des zones à exclure reste cependant à définir, tout comme les seuils d'exclusion (forêts denses, zones humides, etc.). L'indicateur proposé évaluerait le rapport entre les superficies non favorables mais tout de même défrichées pour l'implantation de jatropha, par rapport à la superficie de l'ensemble du bassin d'approvisionnement, à partir d'un échantillon significatif de plantations de jatropha de la filière concernée.

La protection du sol : la RSB indique que les opérations de production doivent permettre d'inverser la dégradation des sols et/ou de conserver leur fertilité. La mesure passe par un bilan de fertilisation, or les pratiques de fertilisation (fréquence et quantités apportées) varient selon les exploitations agricoles au sein d'une même filière ce qui rend les mesures difficiles. A défaut d'études agronomiques disponibles dans la littérature et pour simplifier cet indicateur, nous ne considérerons que le type de fertilisation (absente, organique ou chimique), quel que soit le type de sol. Cette information peut être recueillie par enquête. La fertilisation des cultures de jatropha en Afrique de l'Ouest est rare, c'est donc un critère discriminant.

La protection des ressources en eau : Ce principe indique que la production de biocarburants doit respecter les droits d'accès à l'eau des populations locales. Au niveau de la production ou de la transformation, les prélèvements d'eau ne doivent pas diminuer les capacités de renouvellement des stocks ni leur qualité. Dans notre cas d'étude, la présence ou l'absence d'irrigation est un critère suffisamment discriminant pour différencier les filières. Pour la transformation, nous proposons de mesurer la quantité d'eau consommée par unité de biocarburant produite et la quantité de polluants rejetés pour le raffinage de l'huile et/ou la production de biodiesel (acide, soude, méthanol). Les activités étant supposées se conformer aux lois en vigueur, les eaux usées des usines de transformation doivent être traitées de manière adéquate avant d'être rejetées dans l'environnement.

La protection de l'air : Les sources de pollution atmosphérique au sein de ces filières sont assez limitées et liées (i) au mode de production d'énergie utilisé pour la transformation (électricité et vapeur), (ii) à la valorisation des sous-produits et (iii) à l'émission de vapeurs de produits chimiques volatiles utilisés lors de la transformation. La RSB préconise d'identifier toutes les sources de pollutions atmosphériques et d'établir un plan de gestion de l'air. Nous proposons un indicateur simple constitué des niveaux d'émission des principaux polluants atmosphériques de la combustion d'hydrocarbures (CO, NOx, SOx, HAP, H_2S) et liés aux intrants utilisés pour la transformation (hexane, méthanol) qui peuvent être mesurés

directement au niveau des unités de transformation à l'échelle du bassin d'approvisionnement. De même que pour l'indicateur précédent, la conformation à la loi imposera le contrôle, la maîtrise des rejets polluants et l'utilisation de systèmes adéquats de traitement des fumées.

3.1.2.2. La performance économique

Le principe de développement social et rural énoncé par la RSB a été décomposé en différents indicateurs relatifs à la performance économique des filières. Nous considérons que le développement durable d'une filière énergétique doit pouvoir bénéficier en priorité à la population rurale en termes d'amélioration de revenus ou d'accès aux services énergétiques, compte tenu des priorités de développement en Afrique de l'Ouest. C'est pourquoi les indicateurs choisis traitent de la répartition des revenus tout au long de la filière, de la création d'emplois et de l'accès aux services énergétiques. La déclinaison de la mesure aux trois échelles est alors particulièrement pertinente. Ils doivent être renseignés par des études de cas, que les enquêtes de terrain sur un ensemble d'agents de la filière permettent de réaliser.

Le revenu des agents : Au niveau des revenus directs liés à la production, deux indicateurs sont proposés : le revenu additionnel aux autres sources de revenus pour le producteur et la part de revenus créés chez les producteurs par rapport à l'ensemble de la filière. Au niveau des revenus induits, l'indicateur consiste à évaluer la part de revenus créés à l'intérieur de la zone de consommation (issue de l'activité des commerçants intermédiaires, revendeurs, détaillants) par rapport aux revenus totaux de la filière[46]. A l'échelle nationale le premier indicateur concerne la création globale de valeur ajoutée sur l'ensemble de la filière et de valeur ajoutée induite, elle est ensuite déclinée par type d'agent (producteur, transformateur, commerçants) et par poste (salaire, taxes, frais financiers, amortissements, revenus nets d'exploitation). Enfin, le revenu net d'exploitation par type d'agent constitue le dernier indicateur.

La création d'emplois directs : A l'échelle du bassin d'approvisionnement de nouvelles activités économiques peuvent émerger, comme les commerçants intermédiaires chargés de concentrer la production et stimuler ainsi l'activité économique rurale[47]. Leur dénombrement depuis la production jusqu'à l'étape de transformation constitue un indicateur. Des filières très morcelées et peu intégrées favoriseront leur grand nombre, sans garantir pour autant le maintien de marges importantes pour chacun des agents. De la même façon à l'échelle du bassin de consommation l'indicateur concerne le nombre d'intermédiaires de la sortie de la transformation jusqu'au consommateur (revendeurs d'HVC ou de biodiesel)[48]. A l'échelle nationale ces indicateurs peuvent être agrégés par le dénombrement du nombre d'emplois salariés directs créés au sein de la filière et par fonction (production, transformation, etc.) par rapport aux quantités de produits finis échangées.

[46] Rappelons que par mesure de simplification et dû au caractère émergent de ces filières, nous n'avons pas inclus les commerçants parmi les agents des filières.

[47] La filière peut également créer des emplois indirects comme ceux liés aux revenus supplémentaires issus de la production de jatropha (comme l'investissement productif dans du matériel agricole ou du capital sur pied (animaux d'élevage), le démarrage d'activités non agricoles (commerce, services)).

[48] Le volume d'activités économiques créées grâce à l'utilisation de l'HVC ou du biodiesel (création d'une nouvelle activité grâce à l'accessibilité ou à l'utilisation de l'énergie à moindre coût) est un indicateur d'emplois indirects.

L'accès à l'énergie : cet indicateur ne se mesure qu'à l'échelle du bassin de consommation[49]. Il comprend à la fois les bénéficiaires de ces nouveaux services énergétiques et ses volumes. Un indicateur binaire de distribution ou d'absence de distribution de l'HVC ou de biodiesel aux particuliers en zone rurale permet d'estimer si la filière cible directement les ménages ruraux. Si l'on prend également en compte le nombre de communes et d'habitants bénéficiant de la distribution de ces produits, cela permet de couvrir l'ampleur spatiale de la consommation. Enfin, le volume de produit fini consommé (HVC ou biodiesel) indique également la taille de la filière.
Tous ces indicateurs économiques (excepté le dernier) doivent être rapportés au volume de produit fini.

Cinq principes proposés par la RSB n'ont pas été retenus car nous paraissant trop complexes à mesurer ou peu appropriés au contexte ouest-africain et à l'objectif de l'étude ou non discriminant. Les principes de respect de la légalité et des droits de l'Homme et du travailleur ont été écartés car nous supposons que toutes les filières évaluées demeurent dans la légalité. Le principe de planification, management et d'amélioration continue n'a pas été retenu car la mise en place d'une telle stratégie n'est pas spécifique à un type de filière mais plutôt aux compétences particulières du transformateur. Enfin le principe d'utilisation des technologies, intrants et gestion de déchets concerne l'optimisation des moyens de production et la minimisation des risques pour les individus et l'environnement. Les filières envisagées en Afrique de l'Ouest mettent en œuvre, pour la plupart, des technologies simples et présentant peu de risques (l'extraction au solvant est peu probable par exemple). Concernant l'optimisation de l'utilisation des ressources, la valorisation des sous-produits est un facteur important. Nous la considérons comme indispensable à la rentabilité économique de l'activité, il est donc fort probable que toutes les filières y procèdent, ce qui en fait un critère non discriminant.

3.2. Vers une grille d'évaluation *évolutive*

A la différence de l'évaluation *ex post* qui repose essentiellement sur des enquêtes de terrain, l'évaluation *ex ante* se base sur des hypothèses et une modélisation technico-économique théorique des filières. Si l'on reprend les critères précédents, certains ne peuvent pas être prédits sans établir de préjugés sur les filières (comme le nombre de conflits fonciers, la substitution aux cultures vivrières, la localisation des plantations dans des zones fortement boisées, etc.). Ils seront alors ignorés lors de l'évaluation ou bien évalués qualitativement en fonction des risques relatifs que la filière représente sur ce critère. Par exemple, les conflits fonciers seront *a priori* moins probables lorsque la production est assurée par les paysans que lorsqu'elle est intégrée par une unité industrielle dont les modalités d'acquisition de la terre dépendent de la législation du pays, de son application et des pratiques foncières existantes.
Les critères relevant de la performance économique et environnementale peuvent être calculés au moyen d'une modélisation technico économique ou d'une ACV pour le cas des émissions de GES. La modélisation peut se baser sur des données généralement disponibles dans la littérature (coûts d'investissements, coûts opératoires moyens, quantités d'intrants utilisés pour la transformation, etc.). Par exemple le calcul de la valeur ajoutée

[49] Cet indicateur peut également concerner la viabilité sociale.

passe par la construction de comptes consolidés de la filière considérée (Dabat, Lançon, et al., 2010).
Ainsi, un certain nombre de critères peuvent être d'ores et déjà mesurés *ex post* pour les filières existantes tandis que la plupart seront mesurés *ex ante* ou temporairement non mobilisés et au fur et à mesure de l'émergence et de la consolidation des filières existantes, la grille pourra être incrémentée de mesures ex post au prorata des moyens disponibles pour sa mise en œuvre.
Pour être utilisable, cette évaluation *ex ante* doit s'appuyer sur des critères jugés comme prioritaires par les décideurs. C'est tout l'intérêt de cette démarche de permettre de comparer *a priori* différents types de filières selon les objectifs précis assignés à ces filières : augmenter la création de revenu en zone rurale (une filière favorisant une production paysanne avec consommation locale des produits finis sera favorisée, tels que les types 1,2,3 ou 5), réduire la dépendance énergétique de l'Etat à l'importation de carburants fossiles (une filière biodiesel permettant la production de grands volumes à coûts réduits sera privilégiée, tels que les types 4 et 6).

IV Conclusion

Dans un contexte d'émergence des filières biocarburants en Afrique de l'Ouest, cette communication propose une démarche originale dans le délicat exercice d'évaluation de leur durabilité. Les nombreuses controverses masquent parfois la diversité des modèles possibles. Leurs durabilités ne peuvent être identiques puisque ces filières mettent en articulation des acteurs, objectifs et modes d'organisation différents. Les espaces impactés sont également distincts entre les filières mais aussi au sein d'une même filière selon que l'on se situe à l'échelle du bassin d'approvisionnement, de consommation ou à l'échelle nationale. L'intérêt de cette étude intégrative est de proposer une grille d'analyse de la durabilité des filières multi-usages qui s'appuie sur des indicateurs déclinés à trois échelles d'action différentes, applicables aux six types de filières. Ces indicateurs ne doivent pas être agrégés ou pondérés entre eux afin de donner une note globale à chaque filière puisque les modes d'association entre chaque indicateur sont inconnus et qu'ils ne sont pas tous de même nature (qualitatifs, quantitatifs et d'unités différentes). Nous considérons en effet que l'agrégation ou la pondération de ces indicateurs implique un positionnement politique fort qui dépasse le cadre rationnel des sciences (Boons and Howard-Grenville, 2009). Par exemple une filière peut permettre de créer beaucoup d'emplois ou d'activités économiques, mais réserver l'utilisation de ces produits à une élite urbaine. Par ailleurs un autre type de filière peut réunir de très nombreux producteurs mais leur atomisation et leur incapacité à se constituer en collectif ainsi que le nombre important d'intermédiaires peut réduire drastiquement leurs revenus. Tout l'enjeu de l'utilisation de cette méthode d'évaluation est donc de pouvoir répondre à une question clé qui ne peut se contenter d'être celle du développement durable, fusse-t-elle très large et aux multiples facettes. Elle renvoie au choix politique et au processus de décision pour favoriser l'émergence de tel ou tel type d'impact dans le domaine social, économique et/ou environnemental. L'évaluation ex-ante des filières prend alors tout son sens, puisqu'elle permet de comparer les filières selon certains indicateurs définis selon les priorités de développement. Nous avons donc abouti à une méthodologie adaptable et pragmatique permettant de venir en appui aux décideurs. Elle pourrait cependant facilement être appliquée à d'autres types de biocarburants, ou de biomasse énergie et à d'autres zones géographiques.

Le travail présenté ci-dessus a été réalisé avec le soutien de l'Union Européenne. Le contenu de la présente publication relève de la seule responsabilité des auteurs et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant l'avis de l'Union Européenne.

Références bibliographiques

[1] E. Hanff, M.-H. Dabat, and J. Blin, "Are biofuels an efficient technology for generating sustainable development in oil-dependent African nations? A macroeconomic assessment of the opportunities and impacts in Burkina Faso," *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 15, pp. 2199–2209, 2011.

[2] V. Buytaert, B. Muys, N. Devriendt, L. Pelkmans, J. G. Kretzschmar, and R. Samson, "Towards integrated sustainability assessment for energetic use of biomass: A state of the art evaluation of assessment tools," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 8, pp. 3918–3933, 2011.

[3] B. Ness, E. Urbel-Piirsalu, S. Anderberg, and L. Olsson, "Categorising tools for sustainability assessment," *Ecological Economics*, vol. 60, no. 3, pp. 498–508, Jan. 2007.

[4] J. Pope, D. Annandale, and A. Morrison-Saunders, "Conceptualising sustainability assessment," *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 24, no. 6, pp. 595–616, août 2004.

[5] C. Gatete Djerma and M.-H. Dabat, "Développement des agrocarburants en Afrique de l'Ouest. Une analyse institutionnelle comparative," *en cours de publication*, 2013.

[6] C. Gatete Djerma and M.-H. Dabat, "Biofuels in West Africa : from institutional vacuum to multiactors partnership in strategy formulation and policy implementation," in *Setting the course for a biobased economy*, p. 13, Milan, Italy, June 2012.

[7] S. Derra, L. Temple, and I. Ouedraogo, "Emergence d'un Système d'innovation sectoriel sur les agrocarburants au Burkina Faso et conséquences sur les trajectoires technologiques dans la filière Jatropha," presented at the ERRI ; Nouvelles dimensions sectorielles des systèmes d'innovation, Montpellier, France, 2012.

[8] R. A. Efroymson, V. H. Dale, K. L. Kline, A. C. Mc Bride, J. M. Bielicki, R. L. Smith, E. S. Parish, P. E. Schweizer, and D. M. Shaw, "Environmental indicators of biofuels sustainability : what about context?," *Environnmental Management*, vol. 51, pp. 291–306, 2012.

[9] R. B. Mangoyana, T. F. Smith, and R. Simpson, "A systems approach to evaluating sustainability of biofuel systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 25, pp. 371–380, 2013.

[10] M. Negash and J. F. M. Swinnen, "Biofuels and food security: Micro-evidence from Ethiopia," *Energy Policy*, vol. 61, pp. 963–976, Oct. 2013.

[11] A. Benoist, "Eléments d'adaptation de la méthodologie d'analyse de cycle de vie aux carburants végétaux : cas de la Première Génération," Ecole Nationale supérieure des mines de Paris, 2009.

[12] E. Gnansounou, A. Dauriat, J. Villegas, and L. Panichelli, "Life cycle assessment of biofuels: energy and greenhouse gas balances," *Bioresource Technology*, vol. 100, no. 21, pp. 4919–4930, 2009.

[13] K. Prueksakorn and S. H. Gheewala, “Full Chain Energy Analysis of Biodiesel from Jatropha curcas L. in Thailand,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 42, no. 9, pp. 3388–3393, mai 2008.

[14] R. Ndong, M. Montrejaud-Vignoles, O. Saint Girons, B. Gabrielle, R. Pirot, M. Domergue, and C. Sablayrolles, “Life cycle assessment of biofuels from Jatropha curcas in West Africa: a field study,” *GCB Bioenergy*, vol. 1, no. 3, pp. 197–210, Jun. 2009.

[15] M.-H. Dabat, F. Lançon, E. Hanak, and P. Fabre, “Manuel d’analyse des filières agroalimentaires,” 2010.

[16] F. Boons and J. A. Howard-Grenville, *The Social Embeddedness of Industrial Ecology*. Edward Elgar Publishing, 2009.