
MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR
(M.E.S.S.)

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO (U.P.B.)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (I.D.R.)



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A.) en Gestion

Intégrée des Ressources Naturelles (G.I.R.N.)

UOPTION : Systèmes de Production Végétale (S.P.V.)

SPECIALITE : Sciences du sol.

THEME

**INTRODUCTION DU *JATROPHA* DANS LES
EXPLOITATIONS AGRICOLES DE LA ZONE OUEST DU
BURKINA FASO : ETAT DES LIEUX ET EFFET DE LA
PLANTE SUR LES PROPRIETES CHIMIQUES DES SOLS
ET LES CULTURES ASSOCIEES.**

Présenté par **Pascal BAZONGO**

COMPOSITION DU JURY :

PRESIDENT DU JURY :

Professeur Hassan Bismarck NACRO, Enseignant chercheur à l'U.P.B., **Directeur de mémoire.**

MEMBRES DU JURY :

Docteur Bernard BACIE, Enseignant chercheur à l'U.P.B.,

Docteur. Karim TRAORE, Agro-pédologue, Chercheur à l'IN.E.R.A., **Maître de stage.**

Date de soutenance :

DECEMBRE 2011

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| DEDICACE | iii |
| REMERCIEMENTS | iv |
| SIGLES ET ABREVIATIONS | vi |
| LISTE DES TABLEAUX | vii |
| LISTE DES PHOTOS..... | x |
| RESUME | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE | 3 |
| 1.1. Origine et historique de <i>Jatropha</i> | 3 |
| 1.2. Systématique et Physiologie de <i>Jatropha</i> | 3 |
| 1.3. Rendement de <i>Jatropha</i> | 5 |
| 1.4. Ecologie de <i>Jatropha</i> | 6 |
| 1.5. Fertilisation de <i>Jatropha</i> | 6 |
| 1.6. Contraintes liées à la culture de <i>Jatropha</i> | 6 |
| 1.7. Importances de la culture de <i>Jatropha</i> : | 6 |
| 1.8. Situation de <i>Jatropha</i> au Burkina Faso | 8 |
| 1.8.1. Historique de l'introduction de <i>Jatropha</i> au Burkina Faso | 8 |
| 1.8.2. Les acteurs actuels dans la Zone Ouest..... | 8 |
| 1.8.3. Convention IN.E.R.A.-PDRI/HKM | 9 |
| 1.8.4. La motivation des exploitants à produire <i>Jatropha</i> | 10 |
| 1.8.5. Les systèmes de cultures | 10 |
| CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES..... | 11 |
| 2.1. Présentation des sites d'étude..... | 11 |
| 2.2. Systèmes de culture | 15 |
| 2.3. Méthodes | 15 |
| 2.3.1. Evaluation de la perception des producteurs | 15 |

| | |
|--|-------------|
| 2.3.2. Choix des producteurs expérimentateurs..... | 16 |
| 2.4. Collecte des données | 18 |
| 2.4.1. Prélèvement d'échantillons de sol..... | 18 |
| 2.4.2. Mesure de la hauteur des plants et comptage du nombre de feuilles et évaluation de la biomasse..... | 18 |
| 2.4.3. Evaluation de la production de <i>Jatropha</i> | 18 |
| 2.5. Analyses de laboratoire | 19 |
| 2.6. Analyses des données..... | 19 |
| CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS | 20 |
| 3.1. Système de production de <i>Jatropha</i> | 20 |
| 3.1.1. Pratique de la Production de <i>Jatropha</i> | 20 |
| 3.1.2. Systèmes de plantation | 21 |
| 3.1.3. Fertilisations et traitements phytosanitaires | 23 |
| Conclusion partielle..... | 24 |
| 3.2. Effet de la culture de <i>Jatropha</i> sur les propriétés chimiques des sols..... | 25 |
| 3.2.1. Site de Bama..... | 25 |
| 3.2.2. Site de Orodara..... | 26 |
| 3.2.3. Site de Mangodara..... | 27 |
| Conclusion partielle..... | 28 |
| 3.3. Impacts de la haie sur les cultures associées et les rendements de <i>Jatropha</i> | 29 |
| 3.3.1. Effets de la haie de <i>Jatropha</i> sur la hauteur, le nombre de feuilles et les rendements des cultures associées. | 29 |
| 3.3.2. Rendements graines des plantations de <i>Jatropha</i> | 35 |
| Conclusion partielle..... | 38 |
| 3.4. Discussions générales..... | 39 |
| CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES | 43 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 44 |
| ANNEXES..... | xiii |

DEDICACE

Le présent mémoire est dédié à :

- ✓ mon très Cher défunt père, Feu, **Henri Niamboué BAZONGO**, précédemment Chef de zone à la Palm Afrique (ex Palm industrie) de Bingerville, République de Côte d'Ivoire. Décédé le 18 Janvier 2003 à Bobo-Dioulasso, que son âme repose en paix.
Père, avec amour et art, tu m'as initié au travail de la terre, déposant en moi la bonne semence qui porte aujourd'hui ce fruit ;
- ✓ ma mère **Madeleine Saga YILI**, pour la confiance, la bénédiction accordées et le soutien qu'elle a toujours manifesté à mon égard tout au long de mes études ;
- ✓ mes frères et sœurs qui ont toujours su être à mes cotés ;

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

REMERCIEMENTS

Au terme du présent stage qui a eu lieu au programme G.R.N./S.P. (Gestions des Ressources Naturelles/Systèmes de Production) de l'INstitut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A.) de l'Ouest, nous tenons à exprimer notre reconnaissance et nos sincères remerciements :

- à la Présidence de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (U.P.B.) ;
- à la Direction de l'Institut du Développement Rural (I.D.R.) ;
- au corps professoral de l'Institut du Développement Rural (I.D.R.) pour la qualité de l'enseignement reçu et son dévouement à la cause du monde rural ;
- au Docteur Jacob SANOU, en charge de la Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles (D.R.R.E.A.) de l'Ouest pour nous avoir accueilli à la station de Farako-Bâ ;
- au Professeur Michel P. SEDOGO, responsable du D.E.A. G.I.R.N./S.P.V., spécialité : Sciences du sol ;
- au Professeur Victor HIEN, coordonnateur du projet *Jatropha* sur les Recherches Interdisciplinaires et Participatives sur les Interactions entre les Ecosystèmes, le Climat et les Sociétés en Afrique de l'Ouest. (R.I.P.I.E.C.S.A.), pour son encouragement et son soutien financier à la réalisation de ce travail de recherche ;
- au Professeur Hassan Bismarck NACRO, enseignant chercheur, vice-président de l'U.P.B., notre directeur de mémoire, pour avoir accepté la tutelle scientifique de ce travail. Nous lui réitérons nos sincères et vifs remerciements pour tous les efforts consentis ;
- au Docteur Karim TRAORE agro-pédologue, chef du programme G.R.N./S.P. Ouest et chef du Programme Coton pour nous avoir accepté comme stagiaire. Notre maître de stage a sans ménagement déployé des efforts pour la réalisation de cette étude à travers un encadrement scientifique et technique de qualité ;
- aux Professeur Léopold SOME, Docteur Ablassé BILGO et Docteur Edmond HIEN pour leurs soutiens apportés à mon travail et pour leurs perpétuels encouragements ;
- à Mme Mariame DIAKITE, Secrétaire au programme G.R.N./S.P. Ouest ;
- à M. Tiékoura TRAORE, Amoro OUATTARA dit Docteur, Mamourou OUATTARA, Pascal SIMPORE, Ali OUATTARA, Loukmane GOUMBANE, Salif et Patrick TRAORE pour leurs appuis techniques ;
- au Docteur Sansan DA pour ses multiples conseils ;

- au Docteur André Jules BAZIE et sa famille pour leur soutien moral ;
- à Mme DA/TRAORE Madialia pour ses sages conseils ;
- à M. Célestin Pascal KABORE ingénieur agronome et sa famille ;
- à M. Lambiénou Victor YE et Schemaeza BONZI, tous deux étudiants en thèse de doctorat ;
- à M Marth NOEDJ, entraîneur de football au Mozambique et son épouse Fatima BAZONGO pour leurs soutiens moraux et financiers ;
- à tous les étudiants inscrits en D.E.A. de la promotion 2008-2009 de l'I.D.R. au service de développement rural ;
- à M. Georges BAZONGO, ingénieur agronome et sa famille pour leur inestimable support ;
- à M Hubert BADIEL, Coordonnateur Régional de l'Ouest AFRICARE Burkina et tout le personnel,
- à M Braïma BAMA, Frédéric BAMOUNI et leur famille ;
- à toute ma famille qui m'a soutenu pendant les moments difficiles ;
- à tous les producteurs de *Jatropha* de la zone Ouest du Burkina Faso ;
- à mon amie Fatoumata SOUGUE, Etudiante en Médecine ainsi qu'à sa famille, pour leur soutien inestimable ;
- à mes amis Adama TRAORE, Isdine Aziz DA, Ousseni Talasida GJIGUEMDE, Oumar KEÏTA, Maurice ZONGO, Amadou BITIE, Ollé KAM, Casimir VALEAN, Safiata KABORE, Hien Kpierenouor SOME.

Puisse le Seigneur Tout Puissant rendre à chacun au centuple ses bienfaits.

A tous, nous leur disons sincèrement merci !

SIGLES ET ABREVIATIONS

| | |
|-------------------------|---|
| D.R.R.E.A. | : Direction R égionale de R echerches E nvironnementales et A gricoles. |
| G.I.R.N. | : G estion I ntégrée des R essources N aturelles. |
| G.R.N./S.P. | : G estions des R essources N aturelles/ S ystèmes de P roduction. |
| I.D.R. | : I nstitut du D éveloppement R ural. |
| IN.E.R.A. | : I Nstitut de l' E nvironnement et de R echerches A gricoles. |
| I.R.D. | : I nstitut de R echerche pour le D éveloppement (ex ORSTOM). |
| MABUCIG | : M anufacture B urkinabè de C igarette. |
| O.N.G. | : O rganisation N on G ouvernementale. |
| R.I.P.I.E.C.S.A. | : R echerches I nterdisciplinaires et P articipatives sur les Interactions entre les E cosystèmes, le C limat et les S ociétés en Afrique de l'Ouest. |
| S.E.P. | : S ol- E au- P lante. |
| S.P.V. | : S ystèmes de P roduction V égétale. |
| U.NA.PRO.FL.JA. | : U nion N ationale pour la P ROMotion de la F ilière <i>Jatropha</i> |
| U.P.B. | : U niversité P olytechnique de B obo-Dioulasso. |
| U.T.M. | : U niversal T ransverse M ercator. |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Nombre de producteurs par village | 15 |
| Tableau 2 : Synthèse des caractéristiques des producteurs dans les villages | 16 |
| Tableau 3 : Pourcentage des producteurs de <i>Jatropha</i> en fonction des années d'expérience | 20 |
| Tableau 4 : Facteurs ayant poussés les producteurs dans le domaine du <i>Jatropha</i> | 20 |
| Tableau 5 : Modes de plantation de <i>Jatropha</i> adoptés par les producteurs sur le terrain..... | 21 |
| Tableau 6 : Systèmes de plantation adoptés par les producteurs..... | 22 |
| Tableau 7: Pourcentage des producteurs appliquant ou pas la fertilisation et phytosanitaire | 23 |
| Tableau 8 : Caractéristiques du sol sur le site d'expérimentation de Bama. | 25 |
| Tableau 9 : Caractéristiques du sol sur le site d'expérimentation de Orodara. | 26 |
| Tableau 10 : Caractéristiques du sol sur le site d'expérimentation de Mangodara. | 27 |
| Tableau 11 : Hauteurs des plants de niébé (cm) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire..... | 29 |
| Tableau 12 : Nombre de feuilles de niébé en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 29 |
| Tableau 13 : Poids-fane de niébé (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 30 |
| Tableau 14 : Poids-graines de niébé (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 30 |
| Tableau 15 : Hauteurs des plants de sorgho (m) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire..... | 31 |
| Tableau 16 : Nombre de feuilles des plants de sorgho en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 31 |
| Tableau 17 : Poids-paille de sorgho (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 32 |
| Tableau 18 : Poids de sorgho-graines (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 32 |

| | |
|--|----|
| Tableau 19 : Hauteurs des plants d'arachide (cm) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire..... | 33 |
| Tableau 20 : Nombre de feuilles des plants d'arachide en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 33 |
| Tableau 21 : Poids-fane d'arachide (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 34 |
| Tableau 22 : Poids d'arachide-graines (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de <i>Jatropha</i> sur 1 m linéaire. | 34 |
| Tableau 23 : Rendements de <i>Jatropha</i> à Bama (en kg/ha)..... | 35 |
| Tableau 24 : Rendements à Orodara (en kg/ha) | 36 |
| Tableau 25 : Rendements à Mangodara (en kg/ha)..... | 37 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1: Quelques parties du <i>Jatropha</i> | 4 |
| Figure 2 : Localisation des sites d'étude sur la carte du Burkina Faso | 11 |
| Figure 3 : Pluviosité de la station de Bama au cours des dix dernières années..... | 12 |
| Figure 4 : Pluviosité de la station de Bama durant l'année 2009 | 12 |
| Figure 5 : Pluviosité de la station de Orodara au cours des dix dernières années | 13 |
| Figure 6 : Pluviosité de la station de Orodara durant l'année 2009 | 13 |
| Figure 7 : Pluviosité de la station de Mangodara au cours des dix dernières années | 14 |
| Figure 8 : Pluviosité de la station de Mangodara durant l'année 2009 | 14 |
| Figure 9 : Dispositif expérimental par champ dans les sites | 17 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|--|----|
| Photo 1 : Fruits et graines de <i>Jatropha curcas</i> L..... | 5 |
| Photo 2 : Pépinière en pleine terre..... | 21 |
| Photo 3 : Pépinière en pots..... | 21 |
| Photo 5: <i>Jatropha</i> associé au sorgho..... | 22 |
| Photo 4 : <i>Jatropha</i> associé au niébé..... | 22 |

RESUME

La production agricole est la principale source de développement socio-économique au Burkina Faso. Depuis les années 2000, la promotion du biocarburant suscite un regain d'intérêt pour la plantation de Pourghère (*Jatropha curcas* L.). Cependant la culture de cette plante non alimentaire suscite des questions à propos de ses conséquences sur les propriétés du sol et les cultures associées.

Le présent travail s'est fixé comme objectif de déterminer l'impact de la culture de *Jatropha* sur les propriétés des sols et les cultures associées dans la zone Ouest du Burkina Faso. Ces travaux ont été conduits dans trois (03) localités différentes : Bama, Orodara et Mangodara. Des enquêtes auprès des exploitants ont été menées pour recueillir leurs opinions et connaître leurs pratiques culturales. Les essais ont été implantés dans des parcelles préexistantes où le système de production est l'association culturale ; les pieds de *Jatropha* plantés en haies sont associés suivant les sites : au niébé à Bama, au sorgho à Orodara et à l'arachide à Mangodara. Les parcelles n'ont bénéficié d'aucun apport de fertilisants ou de traitements phytosanitaires. Le suivi des paramètres agronomiques a été périodique et suivant les stades végétatifs des cultures. Les observations ont porté sur l'échantillonnage des sols, les paramètres de croissance et de rendement des cultures associées et la productivité de *Jatropha*.

Les résultats des enquêtes indiquent que la production de *Jatropha curcas* L. est récente et reste limitée dans le temps et dans l'espace. Le système de plantation le plus adopté est de 5 m × 2 m. L'association culturale est habituellement prisee et sans traitement exclusif.

Les résultats des analyses de sols et l'évaluation sur les cultures associées et le *Jatropha* montrent que :

- les teneurs en éléments chimiques des sols sont faibles et peu influencées par la culture de *Jatropha* ; les effets varient d'un site à l'autre.
- la croissance des cultures associées ainsi que les rendements sont affectés par la distance et/ou par l'âge. L'impact de la haie dépend surtout de la nature de la culture et des conditions pédologiques des sites.
- l'évaluation de la productivité de *Jatropha* montre que les rendements sont nuls à 1 an et augmentent avec l'âge. Les meilleurs rendements sont obtenus pour les pieds âgés de plus de 4 ans (360 kg/ha).

L'estimation de l'impact de *Jatropha* dans les associations culturales est nécessaire pour garantir une meilleure productivité dans les systèmes culturaux.

Mots clés : biocarburant, *Jatropha curcas* L., sols, cultures associées, rendements, Burkina Faso.

ABSTRACT

Agricultural production is the key factor to socioeconomic development for farming population in Burkina Faso. Since the years 2000, promoting biodiesel in the west area of Burkina Faso has been arousing the renewal interest for Physic nut crops (*Jatropha curcas* L.). However the large scale production of this plant raises questions about its consequences on associated crops and soil properties. In order to bring some clues about it, the actual study was initiated.

Our objective was to determine the impacts of Physic nut crop on soil characteristics and mixed cropping in the west area of Burkina Faso. Three sites were chosen for our experiments: Bama, Orodara and Mangodara. Sample survey on the farmers of these sites was led in order to have their opinions and to know their cropping systems. Experiments were established in pre-existent fields where cropping system was the crop association. Thus hurdle plantings of physic nut were mixed with cowpeas at Bama, sorghum at Orodara and groundnut at Mangodara. Fields were not fertilized. Assessments were done according to crop growth and development. We assessed the soil samples, the growth and yield parameters of the mixed cropping and the yields of physic nut.

Surveys conducted on farmers in these areas revealed that the planting of physic nut in association with another crop is an innovative but restricted cropping system. The most adopted plant spacing was 5 m × 2 m. The plantations of physic nut were not kept up with fertilizers or herbicides.

The results of *Jatropha curcas* L. planting effects on soils properties and crop association showed that:

- The chemical compound grades for NPK were lows and they were not very affected by physic nut hurdles. Their impacts depends on area;
- The mixed cropping growth and yield parameters were both influenced by age and distance. The impacts almost depend on soil and crop types;
- The yields of physic nut planting depend on its age: the older the hurdle, the best the yields. Thus the best ones (360 kg. ha⁻¹) have been obtained with the eldest plantings (4 years old) no matter the mixing cropping was.

The assessments of physic nut impacts in mixing cropping systems are necessary to insure crop better yields.

Key words: biodiesel, *Jatropha*, soil, mixed cropping, yields, Burkina Faso.

INTRODUCTION GENERALE

Le Burkina Faso est un pays sahélien aux ressources naturelles modestes. L'agriculture occupe 86 % de la population et constitue la base de l'économie (MANFONGOYA et *al*, 2006). Cette agriculture est peu performante car elle n'arrive à assurer ni l'autosuffisance alimentaire de la population, ni un minimum de revenus. Les cultures de rente (coton, niébé...) représentent les principales sources de revenus monétaires pour les agriculteurs. Depuis la crise pétrolière des années 2000, le *Jatropha* a été identifié comme une alternative. C'est le cas notamment au Burkina Faso, où le gouvernement et les producteurs se sont fortement mobilisés pour sa production (BLIN et *al*, 2008). Cette plante originaire de l'Amérique centrale et du Mexique (APONTE, 1978), aurait la faculté de se développer sous des conditions pédologiques difficiles. Sa graine broyée donne un carburant utilisable dans les moteurs Diésels (PARAMATHMA et *al*, 2007). Le *Jatropha* constitue de ce fait, une culture stratégique pour les producteurs du Sahel (SAHEL, 2008). Dans la zone Ouest du Burkina Faso, le *Jatropha* était autrefois utilisé comme haie pour canaliser les animaux et protéger les cultures. Sa production s'est développée ces dernières années grâce à plusieurs projets de développement (SOME, 2009). Dans l'Ouest du Burkina, près de 10.000 hectares ont été emblavées avec près de 200 groupements villageois (OUEDRAOGO, 2008) ; cette initiative est supportée principalement par les acteurs tels que : APROJER, GENESE SARL et AGRITECH FASO. Le gouvernement s'investit dans cette promotion en signant des accords avec des partenaires comme la société française Agro-Energie Développement prévoyant ainsi la réalisation de 200.000 hectares sur l'étendue du territoire en encadrant 500 producteurs (OUEDRAOGO, 2008). Quelles sont les conséquences de la mise en œuvre de tels programmes de plantation à grande échelle du *Jatropha* sur les propriétés du sol et les cultures associées ? Notre travail vise à satisfaire cette préoccupation et entre dans le cadre du projet R.I.P.I.E.C.S.A./IN.E.R.A.-I.R.D.

L'objectif global de cette étude est d'évaluer l'impact agricole, de la culture de *Jatropha* dans les exploitations agricoles de la zone Ouest du Burkina Faso.

De façon spécifique il s'agit de :

- caractériser le système de culture de *Jatropha* dans la zone Ouest ;
- évaluer l'effet de la haie de *Jatropha* sur les propriétés chimiques des sols ;
- évaluer l'influence de la haie sur la productivité des cultures associées.

Nous émettons l'hypothèse que *Jatropha* a un impact positif sur le sol qui affecte la culture qui y est associée.

Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres : le premier est relatif à la synthèse bibliographique ; le deuxième présente les matériels et méthodes ; le troisième est consacré aux résultats et discussions. Le mémoire se termine par la conclusion, les perspectives, et les références bibliographiques.

CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

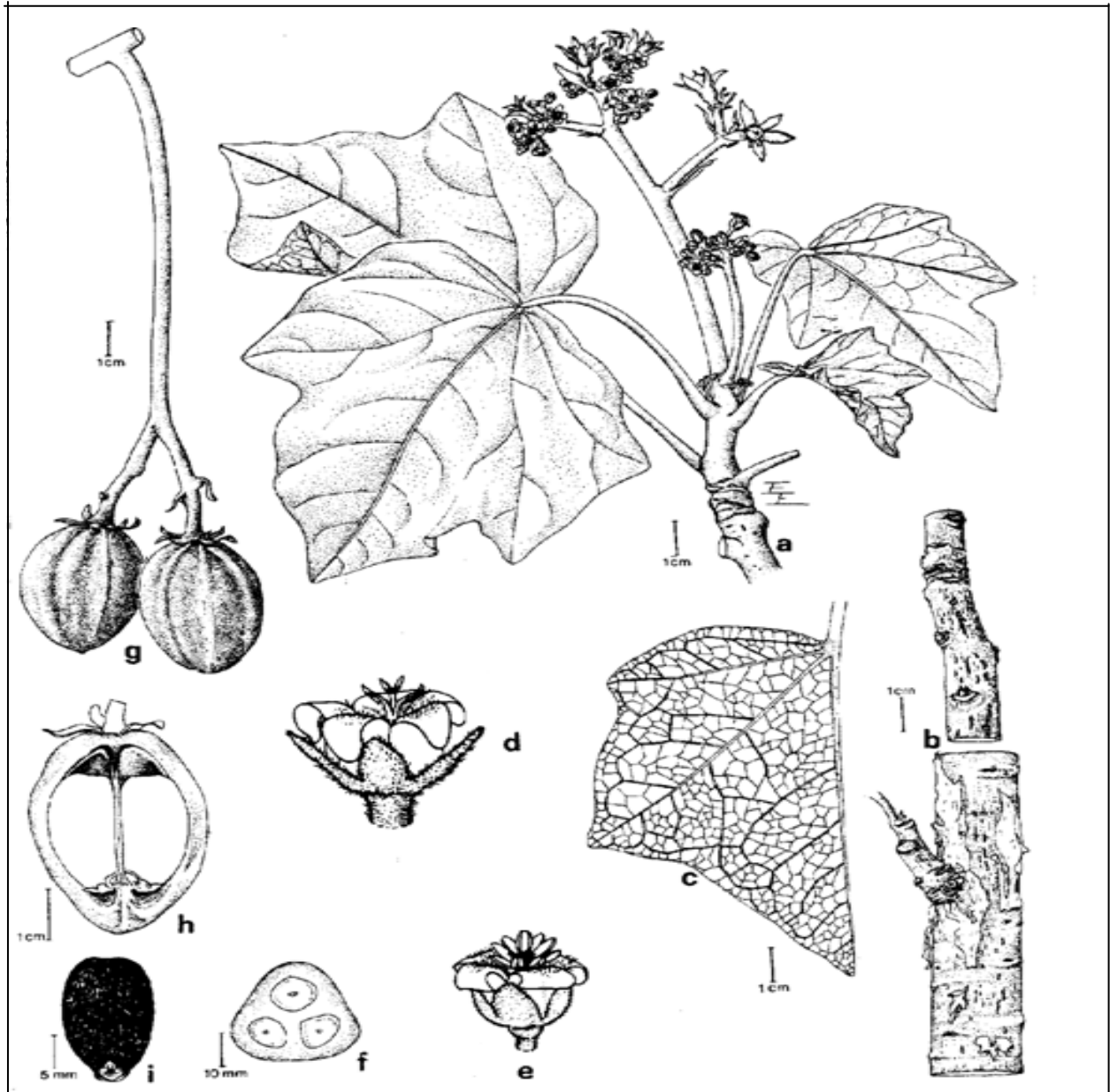
1.1. Origine et historique de *Jatropha*

Jatropha est originaire de l'Amérique centrale et du Mexique où il pousse naturellement dans les forêts des régions côtières (APONTE et al, 1978) ; mais ses centres de diversification sont nombreux (Amérique Latine, Asie, Afrique). Il a été introduit en Afrique au 15^{ème} siècle par des marins Portugais (OUDET, 2007).

1.2. Systématique et Physiologie de *Jatropha*

Jatropha est une plante non-comestible de la tribu *Joannesieae* des *Crotonoideae* appartenant à la famille des *Euphorbiaceae*. Le genre *Jatropha* comprend près de 170 espèces connues dont le Pourghère (appellation en Français). C'est une espèce diploïde à $2n = 22$ chromosomes, reconnue comme étant la forme la plus primitive. Parmi les espèces cultivées, nous pouvons citer : *Jatropha curcas*, *J.gossypifolia*, *J.integrerrima*, *J.multifida*, *J.podagrica*,... L'espèce la plus cultivée de nos jours à travers le monde est *J.curcas* (ALFONS, 2008). C'est un arbrisseau résistant à la sécheresse dont la taille peut atteindre 5 à 8 m de haut. Sa croissance est affectée par la pluviosité, la lumière et la température. Les branches contiennent du latex et portent en moyenne 5 à 7 feuilles de (10-15 cm), légèrement lobées. L'inflorescence complexe et terminale sur les branches est appelée cime ; la plante est monoïque et les fleurs unisexuées rarement hermaphrodites, de couleur violet et jaune (DEHGAN AND WEBSTER, 1979). La pollinisation est directe ou indirecte en fonction de l'environnement. Après la pollinisation un fruit triloculaire ellipsoïdal se forme. L'exocarpe demeure charnu jusqu'à la maturité où les fruits deviennent déhiscent. Les graines sont de couleur noire, d'environ 1-2 cm de long et 1 cm d'épaisseur. Elles contiennent une protéine toxique, la curcine et des esters phorbéliques, qui les rendent impropres à la consommation humaine et/ou animale (ALFONS, 2008). Le système racinaire comporte une racine centrale pivotante (souvent inexistante par propagation végétative) et des racines latérales (au nombre de 4).

Les parties importantes de la plante sont représentées sur la figure 1 ci-dessous :

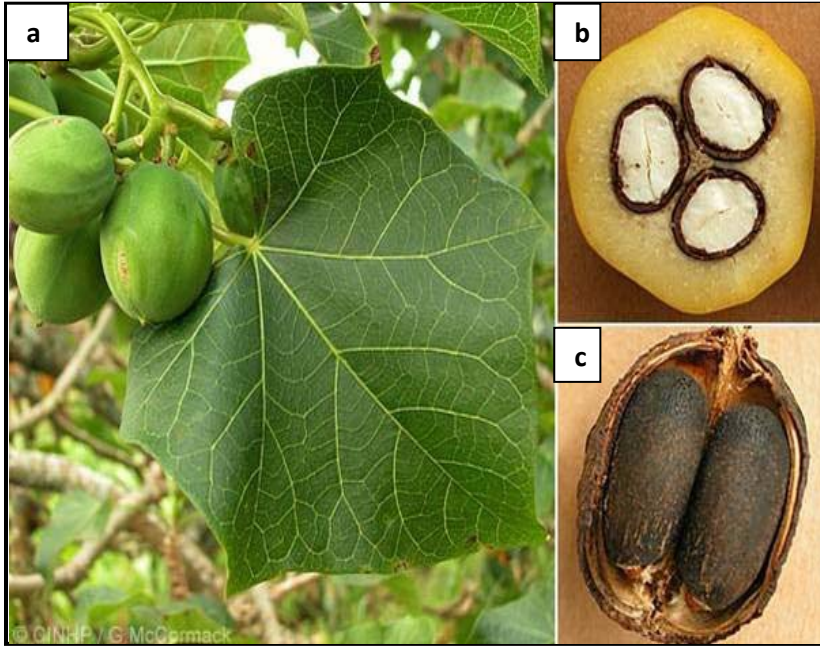


(Source : Heller, 1996).

Figure 1: Quelques parties du *Jatropha*.

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

La reproduction peut être végétative (par bouturage) ou sexuée (par les graines semées dans le sol à 2 - 3 cm de profondeur). Le mode de plantation de la pépinière à la transplantation réussirait mieux car plus facile à suivre et exigeant moins d'investissements. *Jatropha* peut être cultivé en association avec d'autres cultures sans distinction ; les écartements préconisés sont de 5 m entre les lignes et de 2 m entre les plants (SOME, 2009). La plante serait peu exigeante et pousserait sur les terres marginales. *Jatropha* germe entre 22°C-32°C (AFDI, 2009) et demanderait environ 600 mm de pluie par an pour se développer (Photo 1).



(Source : AFDI, 2009)

Photo 1 : Fruits et graines de *Jatropha curcas* L.

a : fruit ; **b :** coupe transversale du fruit ; **c :** graines

1.3. Rendement de *Jatropha*

Les rendements relatés dans les différentes études sur le *Jatropha* sont très variables (de 200 kg/ha jusqu'à 5 t/ha environ), de même que les conditions de cultures et les estimations (DOMERGUE et PIROT, 2008). *Jatropha* commence sa production au bout d'un an (REINHARD, 2002). On notera que les rendements répertoriés sont souvent issus d'essais sur des plantations juvéniles (1 à 3 ans), qui ne sont pas encore en pleine production ; le rendement du *Jatropha* se stabiliserait à partir de la 7^e année (GOKHALE, 2008). La durée de vie de la plante de *Jatropha* est de plus de 50 ans (LAROCHAS 1948; TAKEDA 1982).

1.4. Ecologie de *Jatropha*

Jatropha peut se développer dans les régions arides à pluviosité annuelle comprise entre 600 et 700 mm. Grâce à ses racines fortes, la plante peut supporter des périodes de sécheresse prolongée BONGO (1999). Selon BONGO (1999), *Jatropha* n'est pas très exigeant en matière de sol et s'adapte même aux sols marginaux traditionnellement impropres à l'agriculture comme les sols ferrallitiques, le long des collines... Elle préfère les sols à pH neutre d'environ 6 à 8 (ALFONS 2008).

1.5. Fertilisation de *Jatropha*

Jatropha n'est pas exigeant en fertilisation. Néanmoins, des fertilisations d'appoint sont nécessaires afin d'accroître les rendements. Bien que la plante ait une bonne croissance sur les sols arides, il semble que son rendement chute si l'apport en eau et la qualité du sol sont insuffisants. Pour un rendement optimal, il est nécessaire de planter le *Jatropha* sur un sol fertile et irriguer régulièrement à raison d'une fréquence de 6 à 10 jours.

1.6. Contraintes liées à la culture de *Jatropha*

Malgré les multiples atouts de la culture de *Jatropha*, sa production rencontre de nombreuses contraintes à sa promotion. La plante produit en situation de stress une toxine (la curcine). On retrouve des traces de cette toxine dans l'huile de *Jatropha* qui est impropre à la consommation humaine et animale (ALFONS, 2008). Les feux de brousse entraînent un ralentissement de la croissance des plants. En pépinière, les criquets s'attaquent aux bourgeons ce qui affecte négativement la croissance des plantules ; ces insectes disparaissent avec le début de la saison des pluies (TRAORE, 2009).

1.7. Importances de la culture de *Jatropha* :

- **Usage médicinal :** le nom du genre *Jatropha* dérive du grecque iatrós (signifiant docteur) et trophée (nourriture), indiquant son utilisation en médecine ; en effet l'huile est employée contre les dermatoses ou pour calmer le rhumatisme. Les feuilles en décoction peuvent être utilisées contre la toux ou même servir d'antiseptique après un accouchement. Les branches peuvent servir de cure-dents (ISAWUMI, 1978). La sève de *Jatropha*. contient des agents coagulants et possède un pouvoir cicatrisant (KONE et al. 1987 ; NATH et DUTTA, 1992). Ce latex possède également des propriétés anti-microbiennes contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pyogenes* et *Candida albicans* (THOMAS, 1989). *Jatropha curcas* L., ne peut servir de

nourriture/fourrage mais possède de multiples usages médicaux, plus particulièrement en médecine traditionnelle (IRVINE, 1961).

- **Propriétés phytosanitaires** : d'après les études de GRAINGE and AHMED (1988) et celles de GARCIA et LAWAS (1990), le *Jatropha* possède des propriétés phytosanitaires. Des extraits de toutes les parties de la plante indiquent ces propriétés (HELLER, 1996). L'huile et les esters phorbéliques qui en sont extraits, les extraits aqueux des feuilles sont ainsi des produits actifs dans la lutte contre certains ennemis et maladies en agriculture (*Helicoverpa armigera*, *Aphis gossypii*, *Lymnaea auricularia*).

- **Production de savon** : l'huile extraite des graines est du groupe des acides oléiques (REHM et ESPIG, 1991). L'huile de *Jatropha*, de même que les sédiments servent à fabriquer du savon. Le savon obtenu donne une très bonne mousse et possède des effets positifs antiseptiques, en raison de la présence de glycérine.

- **Production de biocarburant**: L'expression «biocarburant» signifie un carburant obtenu à partir de matériaux organiques renouvelables et non fossiles, notamment les plantes. L'huile après raffinage peut faire office de carburant et être utilisée pour alimenter des moteurs (FABREGAT, 2009). La teneur en huile de chaque graine représente 30 à 40 % de la graine. L'huile devient même comparable au carburant Diesel au delà de 110 degrés Celsius (CC1, 2007). Des essais menés dans plusieurs pays, ont montré que des moteurs Diesel ont été alimentés à 100 % par l'huile de *Jatropha* purifiée, et aucun problème de combustion n'a été constaté (ALFONS, 2008). L'utilisation de *Jatropha* dans les moteurs Diesels est rapportée dans la littérature (MENSIER et LOURY, 1950; TAKEDA, 1982; ISHII and TAKEUCHI, 1987). Cependant, le bois obtenu de la plante elle-même est un combustible de qualité médiocre (HELLER, 1996).

- **Intérêt écologique** : l'huile de *Jatropha* permet de lutter contre les gaz à effet de serre dégagés par les combustibles fossiles (PARAMATHMA et al, 2007). L'usage des tourteaux ou coques de fruits de *Jatropha* en tant que substitut du bois de chauffe peut contribuer à freiner le déboisement. La plante sert de haie vive, de haie de clôture des fermes, des champs et pour la délimitation des propriétés mitoyennes - indication de droits fonciers (ALFONS, 2008). Par son système racinaire profond, la plante permet de lutter contre l'érosion des sols durant les fortes averses. Selon SAHEL QUOTIDIEN (2008), *Jatropha* peut permettre de reverdir et restaurer les sols grâce à ses feuilles. *Jatropha* peut aussi être planté le long des berges des rivières afin de les stabiliser et de limiter les inondations (FABREGAT, 2009).

- **Usage des tourteaux comme engrais organiques** : le tourteau, un sous-produit du processus d'extraction de l'huile peut être récupéré et servir d'engrais organique

(compostage) grâce à sa teneur élevée en azote. Cette teneur en azote est de 3,2 à 3,8% en fonction de la provenance (JUILLET et *al*, 1955; VÖHRINGER, 1987). Ce sous-produit est donc d'une grande valeur pour l'agriculture des pays sahéliens puisque les sols sont pauvres en humus et les engrais minéraux coûtent très chers. Lors du pressage des graines, on obtient environ 1/3 d'huile pour 2/3 de tourteaux (REINHARD et TIANASOA, 2005).

1.8. Situation de *Jatropha* au Burkina Faso

1.8.1. Historique de l'introduction de *Jatropha* au Burkina Faso

Au Burkina Faso, le *Jatropha* semble avoir été introduit par les Français avant l'indépendance. C'est une plante qui fait partie actuellement de la flore du Burkina Faso (ZAN, 1985) ; mais les paysans s'en souvenaient surtout en raison de ses propriétés toxiques. Dans un pays comme le Burkina Faso, en proie à une forte pression démographique et dépourvu de ressources énergétiques, *Jatropha* a trouvé un écho favorable car sa graine peut servir à la fabrication d'une huile pouvant être utilisée comme biocarburant. L'engagement du Gouvernement s'est manifesté par une signature en fin novembre 2007 d'un accord cadre avec la société française Agro-Energie Développement pour la réalisation de 200000 hectares en encadrant 500 producteurs. A terme, la firme compte installer des unités de transformation de la graine de *Jatropha* (MASSE, 2008). Le développement de cette plante correspond à une orientation récente du ministère de l'Energie qui désire entreprendre des plantations à l'échelon national. Ainsi, l'énergie qui sera produite servira de combustible pour faire fonctionner une plate-forme multifonctionnelle offrant divers services énergétiques. Aussi, l'huile de *Jatropha* permettra de réduire la facture pétrolière du Burkina qui est de 450000 tonnes par an (SAHEL, 2008).

L'importance de la plante a conduit les producteurs à se regrouper au sein d'une union : l'U.NA.PRO.FI.JA. (Union Nationale pour la Promotion de la Filière *Jatropha*). Plusieurs projets et O.N.G. (Organisation Non Gouvernementale) interviennent également dans la promotion de *Jatropha* (OUEDRAOGO, 2008).

1.8.2. Les acteurs actuels dans la Zone Ouest

❖ GENESE SARL

Les activités du projet ont véritablement commencé en 2008 et couvrent actuellement les villages de Matourkou, Darsalamy, Farako-Bâ, Mè, Bama dans la province du Houet et Loumana dans les Cascades. L'objectif de GENESE est de produire assez d'amandes pour la production de biocarburant et de lutter contre le phénomène de déforestation grandissant auquel est confronté le Burkina Faso.

Le prix d'achat des graines serait fixé à 75 F CFA/kg. Les sols recommandés sont les sols dégradés afin de les revaloriser et d'éviter la compétition avec les cultures vivrières.

❖ **APROJER**

APROJER est un projet de la MANufacture BURkinabé de CIGarette (MABUCIG). Le projet a pour objectif la production de biocarburant et couvre initialement les localités suivantes : Orodara dans la région des Hauts Bassins, Mangodara dans les Cascades, la Boucle du Mouhoun et l'Est. APROJER possède à ce jour les plantations les plus évoluées de la zone Ouest, en termes d'âge et de productivité. Le mode de plantation est le mode Pépinière-transplantation.

Le choix des parcelles de plantation est celle des terres dégradées peu exploitées pour la production vivrière. Les graines sont utilisées comme semences et redistribuées à d'autres producteurs. Le prix d'achat du grain serait de 60 F CFA/kg.

❖ **AGRITECH FASO**

En collaboration avec le Ministère de l'Agriculture et celui de l'Environnement, le projet a pour objectif la création de plantation de *Jatropha* à grande échelle (200000 ha) pour la production de biocarburant et pour lutter contre la déforestation de la zone d'intervention et partant du Burkina Faso tout entier. Ce projet est dirigé en partenariat avec des australiens, des philippins, des américains et des chinois. Les activités sont pour le moment concentrées dans la commune rurale de Boni (province du Tuy) où se trouve le projet pilote. Ce projet est fortement soutenu par les autorités du pays qui voient en *Jatropha* une source de diversification des revenus des producteurs et une occasion de reboiser les zones dégradées. Le prix d'achat du grain serait de 70 F CFA/kg.

1.8.3. Convention IN.E.R.A.-PDRI/HKM

Cette convention a permis dans le cadre de la gestion intégrée de la fertilité des sols de mettre en place de haies de *Jatropha*. La plante a été utilisée dans les champs des producteurs en 1998 en vue de matérialiser les courbes de niveau. Les haies de *Jatropha* ont été installées tous les 25 m à des distances de 1 m entre les plants. Le travail a porté sur 10 bassins versants sur l'ensemble du terroir avec au total 50 producteurs. Avec la crise pétrolière de 2008 et l'expansion des biocarburants les producteurs de Gombélé Dougou ont été approchés par des partenaires pour non seulement collecter les semences des haies déjà en place mais aussi pour

étendre les surfaces plantées. Selon les producteurs, les graines de *Jatropha* étaient récoltées par les femmes pour la production de savon.

1.8.4. La motivation des exploitants à produire *Jatropha*

La motivation des producteurs réside surtout dans le fait que *Jatropha* ne demande pas d'investissement, n'entraîne pas une charge de travail élevée et peut procurer des bénéfices certains surtout sur le plan financier. Dans la zone Ouest, les producteurs cultivent *Jatropha* pour valoriser les espaces vides ou mieux rentabiliser les exploitations.

1.8.5. Les systèmes de cultures

Au Burkina Faso, *Jatropha* est cultivé surtout sur les terres marginales et n'occasionne pas de compétition avec les céréales et les autres cultures. Les systèmes de cultures sont les mêmes pour le projet GENESE SARL, APROJER et AGRITECH FASO. Le mode de plantation conseillé est la Pépinière-transplantation qui réussirait le mieux et serait plus facile à suivre. Les pépinières de pleine terre sont les plus recommandées car elles exigent moins d'investissements. Pour ce qui est du système de plantation, *Jatropha* est cultivé en association avec les autres cultures sans distinction. Cette association permet aux plants de *Jatropha* de profiter de l'entretien apporté aux cultures de subsistance. Les écartements préconisés sont de 5 m entre les lignes et de 2 m entre les plants. *Jatropha* est planté en haies.

1.8.6. Productivité et usage actuels au Burkina Faso

Dans le système de culture au Burkina Faso, *Jatropha* entre en production à partir de la deuxième année avec un faible rendement. Les haies constituent des barrières physiques permettant de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. L'huile de *Jatropha*, est utilisée dans la production du savon et de crème pour la peau (SOME, 2009).

- **Le site de Bama** – U.T.M. (Universal Transverse Mercator) 30 P (345042-1258545) : cette localité est située à environ 30 km de Bobo-Dioulasso, au Nord-ouest sur l’axe Bobo – Faramana (Frontière du Mali). Ce site est surtout caractérisé par une introduction récente du *Jatropha* (l’âge des haies est situé entre 1 et 2 ans). Les sols sont à texture argilo sableuse et régulièrement soumis à l’inondation. La pluviosité annuelle est de 900 mm. Les figures 3 et 4 représentent respectivement la pluviosité moyenne des dix dernières années de la station de Bama et celle relevée au cours de la campagne 2009-2010.

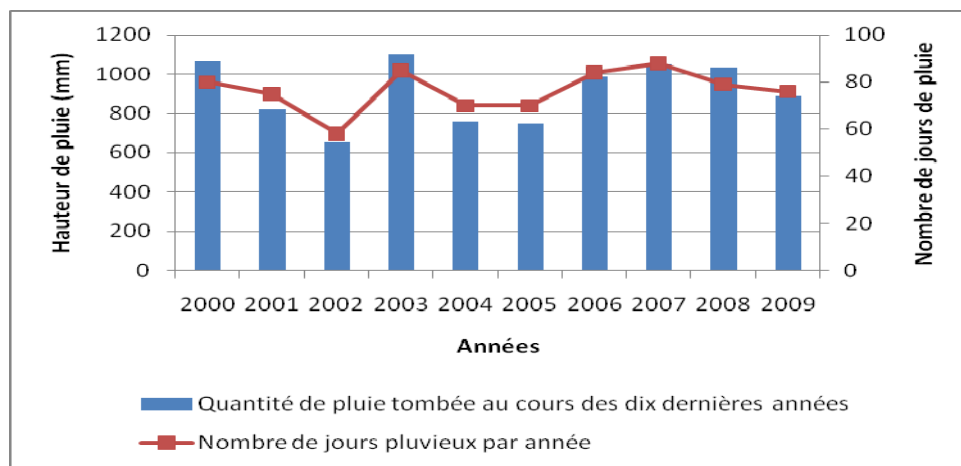


Figure 3 : Pluviosité de la station de Bama au cours des dix dernières années

Source : GENESE, 2010.

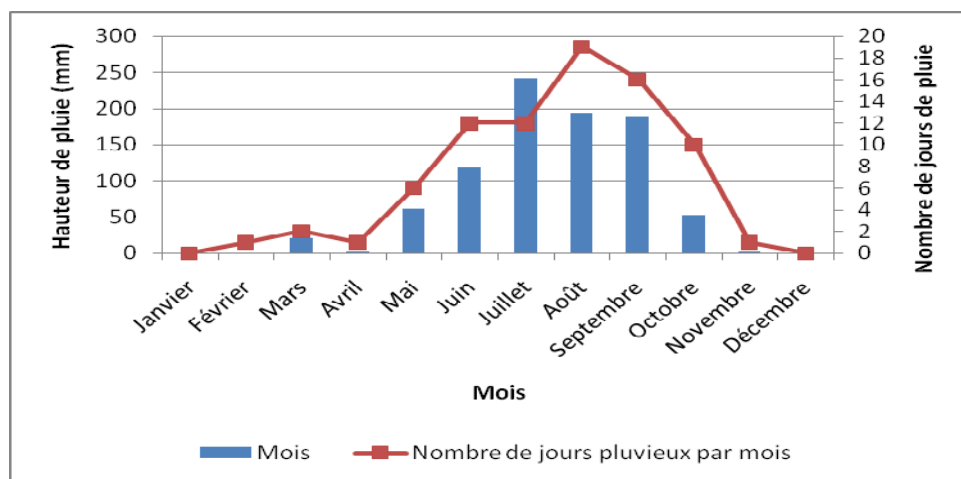


Figure 4 : Pluviosité de la station de Bama durant l’année 2009

Source : GENESE, 2010.

- **Le site de Orodara** – U.T.M. 30 P (290834-1214535) : Orodara est le Chef-lieu de la province du Kéné Dougou et est située à 74 km à l’Ouest de Bobo-Dioulasso sur l’axe Bobo – Koloko (Frontière du Mali). Les champs de *Jatropha* sont disséminés sur l’ensemble du terroir et sont particulièrement anciens (souvent plus de 4 ans). Ils sont implantés dans des zones de collines qui sont en général très dégradées avec des sols peu évolués. On note toutefois quelques champs de *Jatropha* autour des concessions. Orodara est une ancienne zone du projet de développement de *Jatropha* (APROJER). La pluviosité de cette localité, environ 1000 mm est légèrement plus importante que celle du site de Bama. Les figures 5 et 6 représentent respectivement la pluviosité moyenne des dix dernières années de la station de Orodara et celle recueillie au cours de la campagne 2009-2010.

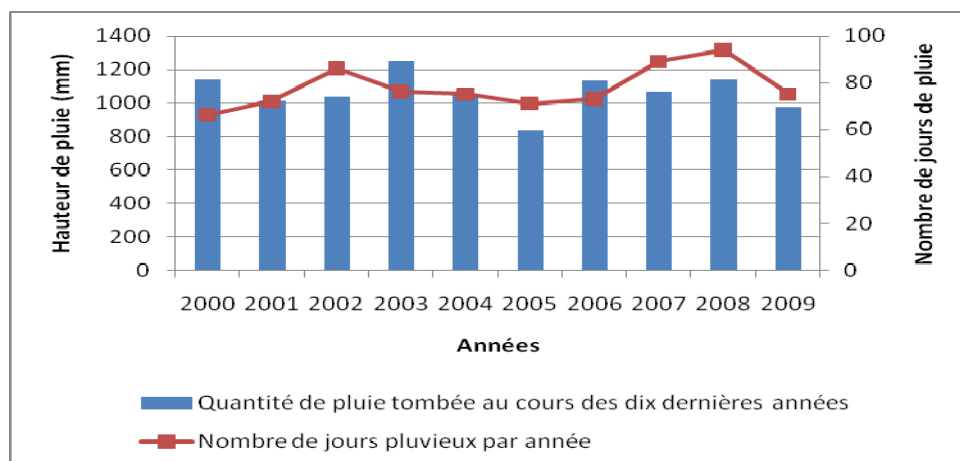


Figure 5 : Pluviosité de la station de Orodara au cours des dix dernières années

Source : APROJER, 2010. Site de Orodara

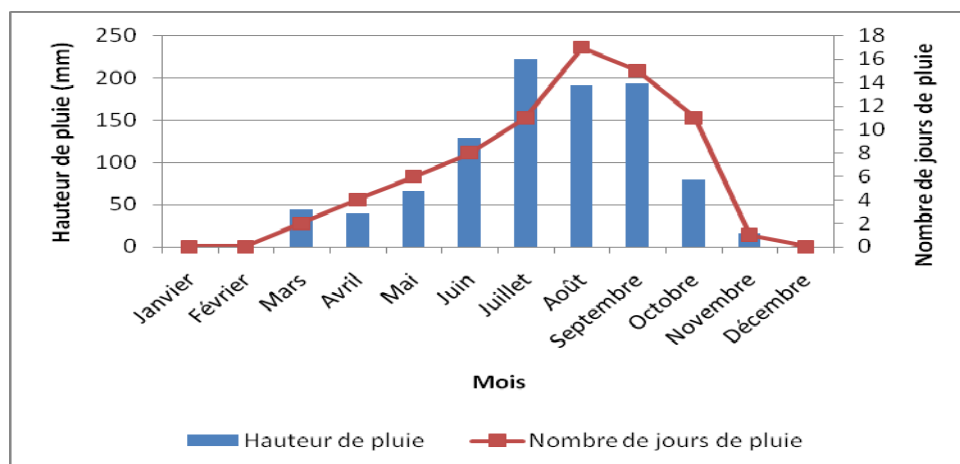


Figure 6 : Pluviosité de la station de Orodara durant l’année 2009

Source : APROJER, 2010. Site de Orodara

- **Le site de Mangodara** – U.T.M. 30 P (351536-1095193) est situé à 190 km au Sud de Bobo-Dioulasso dans la province de la Comoé. La zone de Mangodara est caractérisée par la relative richesse de ses terres, des sols ferralitiques (IEEA, 2008), et les champs de *Jatropha* sont d'âge moyen entre 2 et 4 ans. La principale caractéristique des deux derniers sites est que les producteurs ont une tradition de gestion de l'arbre (manguiers et agrumes) dans les exploitations agricoles. Le *Jatropha* constitue une source de diversification des produits de cueillette. La pluviométrie de cette localité est comparable à celle de Orodara (environ 1000 à 1100 mm). Les figures 7 et 8 représentent respectivement la pluviométrie moyenne des dix dernières années de la station de Mangodara et celle relevée au cours de la campagne 2009-2010.

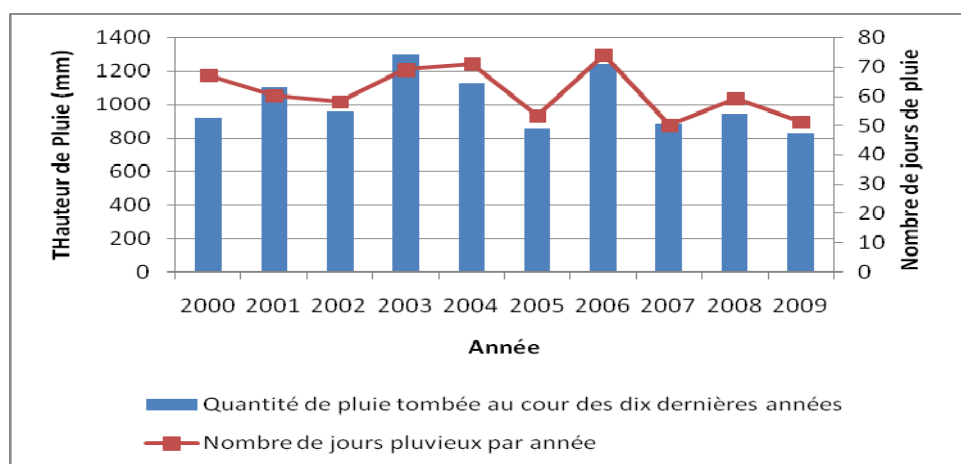


Figure 7 : Pluviométrie de la station de Mangodara au cours des dix dernières années

Source : APROJER, 2010. Site de la Comoé

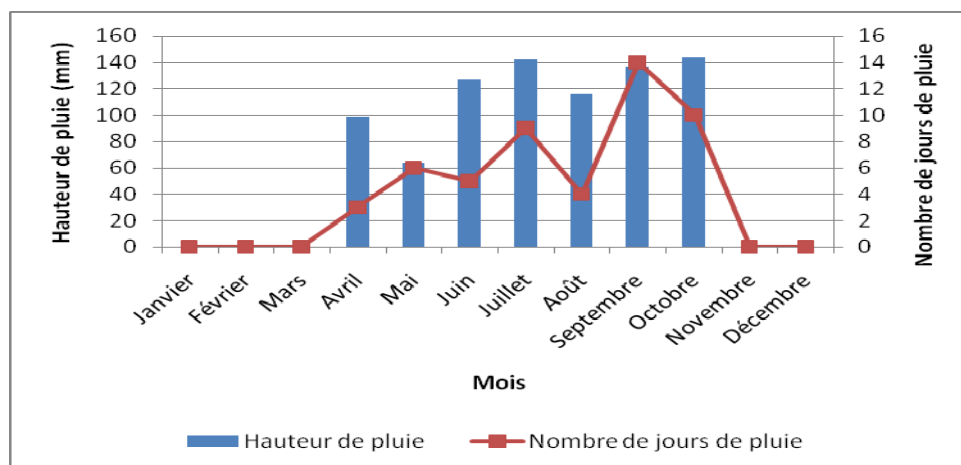


Figure 8 : Pluviométrie de la station de Mangodara durant l'année 2009

Source : APROJER, 2010. Site de la Comoé

2.2. Systèmes de culture

Les essais en champ ont été implantés dans des parcelles préexistantes sur les sites d'étude. Le système de production est l'association culturale. Dans cette association les pieds de *Jatropha* sont plantés en haies ; les cultures associées entre les haies sont variables suivant les sites. Les systèmes de culture utilisés sont :

- Bama : niébé**Jatropha* ;
- Orodara : sorgho**Jatropha* ;
- Mangodara : arachide**Jatropha*.

2.3. Méthodes

2.3.1. Evaluation de la perception des producteurs

Une enquête semi-structurée basée sur un questionnaire a été élaboré en vue de recueillir les avis des producteurs de la zone Ouest du Burkina Faso sur la culture de *Jatropha* (annexe 1). Des renseignements sur les exploitations, le niveau d'adoption de *jatropha* et sur les pratiques culturales ont ainsi été recueillis. La base de l'échantillonnage a porté sur les producteurs possédant un champ de *Jatropha*. Des personnes ressources ont appuyé les enquêtes d'opinions ayant porté sur 18 producteurs (de sexe masculin et de 38 ans d'âge moyen). Le nombre des producteurs enquêtés par village est consigné dans le tableau 1.

Tableau 1 : Nombre de producteurs par village

| Villages | Nombre de producteurs |
|---------------|-----------------------|
| Matourkou | 2 |
| Mê | 2 |
| Farako-Ba | 2 |
| Darsalamy | 2 |
| Orodara | 5 |
| GombéléDougou | 2 |
| Bama | 3 |
| TOTAL | 18 |

2.3.2. Choix des producteurs expérimentateurs

Sur chaque site, trois champs ont été sélectionnés. Le choix a été fait par les producteurs eux même à travers leur Groupement de production de *Jatropha*. Ce choix a tenu compte du mode de plantation, de l'âge de la plantation et de la nature de la culture associée au *Jatropha*. Le tableau 2 donne les caractéristiques des producteurs expérimentateurs.

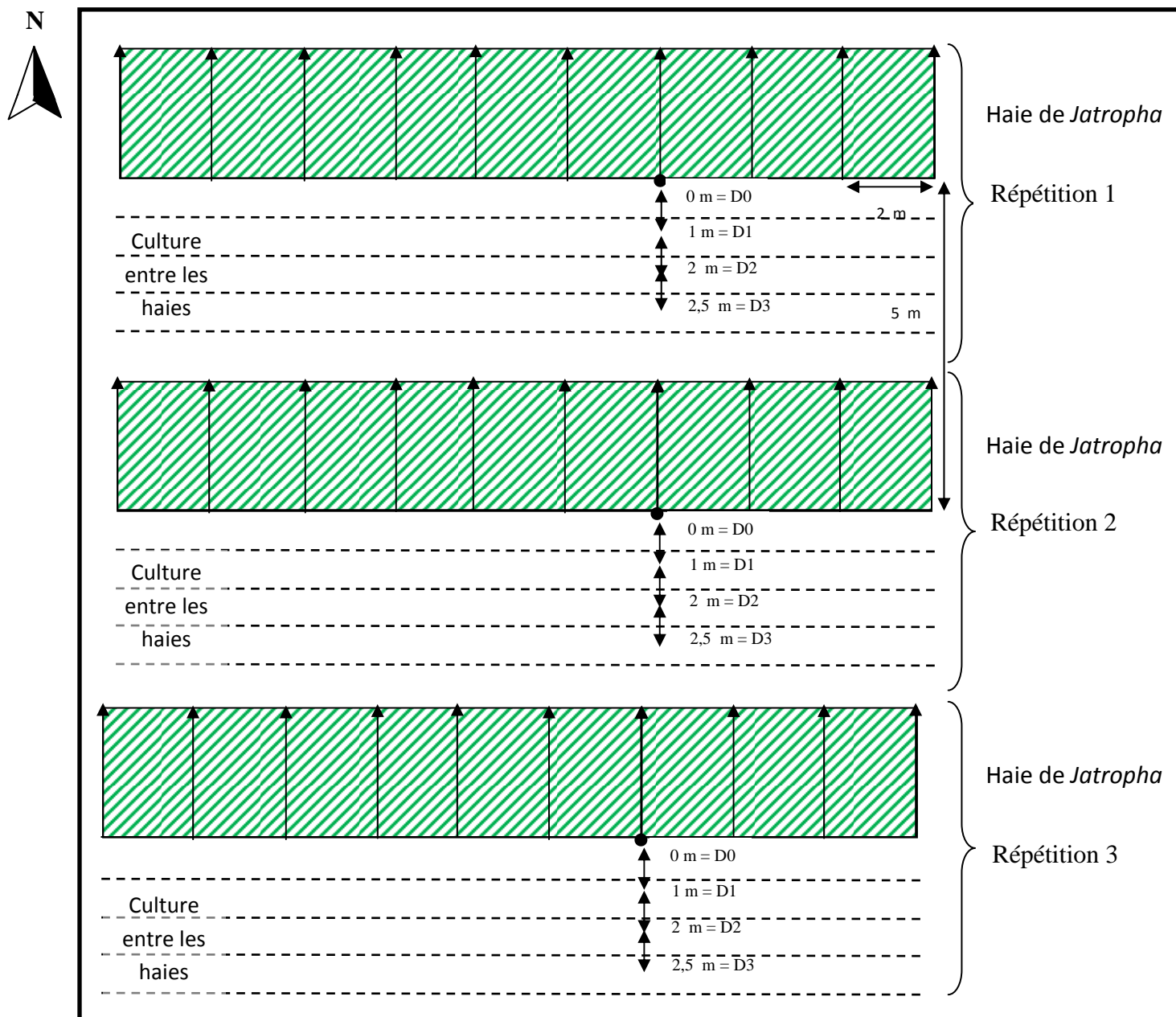
Tableau 2 : Synthèse des caractéristiques des producteurs dans les villages

| Village | producteur | Culture | Age plantation | Ecartement plantation (entre les lignes x entre les pieds) | Superficie totale parcelle | Nombre de lignes de semis entre les haies | Projet partenaire des producteurs dans la zone |
|-----------|------------|----------|----------------|--|----------------------------|---|--|
| Mangodara | N°1 | arachide | 4 ans | 5m x 2m | 2 ha | 8 lignes | APROJER |
| | N°2 | arachide | 2 ans | 5m x 2m | 1 ha | 8 lignes | APROJER |
| | N°3 | arachide | 2 ans | 5m x 2m | 6 ha | 8 lignes | APROJER |
| Orodara | N°1 | sorgho | 3 ans | 5m x 2m | 2 ha | 5 lignes | APROJER |
| | N°2 | sorgho | 3 ans | 5m x 2m | 0,5 ha | 5 lignes | APROJER |
| | N°3 | sorgho | 2 ans | 5m x 2m | 0,5 ha | 5 lignes | APROJER |
| Bama | N°1 | niébé | 1 an | 5m x 2m | 1,5 ha | 5 lignes | GENESE |
| | N°2 | niébé | 2 ans | 5m x 2m | 0,5 ha | 5 lignes | GENESE |
| | N°3 | niébé | 2 ans | 5m x 2m | 0,5 ha | 5 lignes | GENESE |

Le système de plantation de 5 m (entre les haies) sur 2 m (entre les pieds) recommandé par tous les projets à été retenu comme écartement de travail.

Un dispositif de suivi a été implanté dans chaque champ (Figure 9) en vue de suivre de façon participative l'impact des plantations sur les cultures associées et les propriétés des sols.

Trois champs ont été choisis par village soit neuf champs au total pour les trois villages.



Distance entre les lignes : 5 m

Pied de la haie : D0

Distance entre pieds de la haie et cultures : D1 ; D2 ; D3

Distance entre deux pieds : 2 m

Figure 9 : Dispositif expérimental par champ dans les sites

- Dans chaque champ sélectionné, le dispositif comportant trois haies est matérialisé à l'aide de piquets ; le dispositif est répété trois fois dans chaque village.
- Trois distances d'échantillonnage de la haie ont été choisies pour le suivi : à 1 m, à 2 m et à 2,5 m. Toutes les observations d'évaluation des effets de la haie sont faites dans cet espace à ces distances.

Les opérations culturales ont été laissées à l'initiative des producteurs. Il en est de même pour la fertilisation. En général, les parcelles sont restées propres et bien suivies.

2.4. Collecte des données

2.4.1. Prélèvement d'échantillons de sol

Dans chaque parcelle, des échantillons de sols ont été prélevés à la tarière dans l'horizon 0-20 cm et ce à 0 m au pied de la haie, et à 1 m, à 2 m et à 2,5 m de chaque haie. Ces échantillons ont été séchés au soleil quatre jours durant, puis broyés et tamisés (mailles 2 mm) en vue des analyses en laboratoire.

2.4.2. Mesure de la hauteur des plants et comptage du nombre de feuilles et évaluation de la biomasse

La hauteur des plants et le nombre de feuilles des cultures associées ont été évalués pendant la phase végétative et à la maturité physiologique. Ces mesures ont été effectuées suivant les trois (03) distances (1 m, 2 m et à 2,5 m de chaque haie). Les mesures ont été effectuées sur les mêmes plantes durant tout le cycle.

Les rendements tiges et grains ont été évalués sur 1 m linéaire suivant les différentes distances de la haie.

2.4.3. Evaluation de la production de *Jatropha*

Au niveau de chaque haie dans le dispositif, la production des graines de *Jatropha* a été évaluée sur vingt mètres (20 m) délimités. Les graines de *Jatropha* ont été récoltés par les producteurs et stockés dans des sacs étiquetés. Cette opération a duré le temps d'un cycle de production.

2.5. Analyses de laboratoire

Les travaux de laboratoire ont été réalisés au laboratoire Sol-Eau-Plante (S.E.P.) de l'IN.E.R.A. de Farako-Bâ au département de Gestions des Ressources Naturelles / Systèmes de Productions (G.R.N. / S.P.).

Les analyses ont concerné les éléments suivants : pH (eau et KCl), Phosphore total (P) et le assimilable, Carbone organique (C), Azote total (N), et Potassium total (K).

- Le pH_{eau} a été mesuré à partir de solution du sol obtenue suivant un rapport de masse sur volume (1 g / 2,5 ml). La lecture s'est faite avec un pH mètre (Microprocessor pH Meter, pH539). Quant au pH_{KCL} , il a été mesuré à partir d'une solution de chlorure de potassium et évalué suivant le même rapport que le pH_{eau} .

- Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode de BRAY 1 cité par MICHAELSON *et al.* (1987). Cette détermination est réalisée à partir d'une solution mixte de fluorure d'ammonium (0,03 M) et d'acide chlorhydrique (0,025 M). Cette solution permet l'extraction du phosphore acido-soluble, une grande fraction du phosphore lié au calcium, une partie liée à l'aluminium et au fer. Le fluorure d'ammonium dissout les phosphates de fer et d'aluminium en formant des complexes avec ces métaux en milieu acide. Cette méthode a été largement utilisée pour les sols acides.

- L'azote total a été dosé par la méthode de KJELDAHL, mise au point en 1883 par le scientifique Danois du même nom et cité sur la base des normes européennes et françaises (NORME NF, 1994). Le dosage se fait par attaque de la matière organique avec de l'acide sulfurique concentré en présence de sélénium comme catalyseur. L'azote organique se minéralise et passe à l'état ammoniacal sous forme de sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Les nitrates et les nitriques ne sont pas convertis. L'azote ammoniacal ainsi obtenu est dosé par colorimétrie.

- Le carbone organique a été déterminé selon la méthode de WALKLEY-BLACK (2003) modifiée. Le carbone organique est oxydé en milieu sulfurique concentré par le dichromate de potassium en excès ; cette oxydation étant incomplète (en moyenne 75 %), les résultats sont corrigés en multipliant par le rapport 100/75. Le taux de matière organique est alors obtenu par la formule suivante : Taux de Matière Organique (M.O.) = Taux de carbone * 1,724.

2.6. Analyses des données

Les données collectées ont été saisies dans le logiciel Excel. L'analyse de variance et la séparation des moyennes ont été réalisées par le test de Fisher au seuil de signification de 5 % à l'aide des logiciels XLSTAT 2007 et GENSTAT RELEASE 7.22 DE.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Système de production de *Jatropha*

3.1.1. Pratique de la Production de *Jatropha*

Les résultats des enquêtes montrent que l'expérience des producteurs dans le domaine du *Jatropha* varie de 1 à 14 ans. La majorité des producteurs interrogés indique être nouveaux dans le domaine de la production de *Jatropha* ; seulement 12 % ont plus de 5 ans d'expérience (tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentage des producteurs de *Jatropha* en fonction des années d'expérience

| Années d'expérience | Pourcentage |
|-----------------------------|-------------|
| Moins de 2 ans d'expérience | 25 % |
| 2 à 5 ans d'expérience | 63 % |
| Plus de 5 ans d'expérience | 12 % |

La plupart des producteurs (72 %) ont des plantations jeunes, non productives. Seulement 27 % affirment avoir des plantations en production. Un producteur a affirmé avoir récolté les premières graines sept (07) mois après transplantation.

La superficie des plantations varie entre 0,25 à 4 ha. La petite taille des exploitations serait due, selon les producteurs, à une méfiance liée à la non-maîtrise de la culture. Les résultats sur les facteurs de motivation (tableau 4) nous montrent que les populations sont entrées dans la production de *Jatropha* grâce à plusieurs facteurs : soit par l'intermédiaire d'un projet à travers son activité de sensibilisation et de formation sur le *Jatropha* (78 % environ), soit par le biais d'un ami, d'un membre de leur famille.

Tableau 4 : Facteurs ayant poussés les producteurs dans le domaine du *Jatropha*

| | Total | Pourcentage |
|---------|-------|-------------|
| Ami | 02 | 11,11% |
| Projet | 14 | 77,77% |
| Famille | 02 | 11,11% |

3.1.2. Systèmes de plantation

Sur le terrain, plus de 80 % des producteurs ignorent la variété de *Jatropha* cultivée. Selon les promoteurs, notamment APROGER et GENESE, la variété vulgarisée actuellement au Burkina Faso dans la zone Ouest serait *Jatropha curcas*.L dont les semences proviendraient du Brésil.

Il existe trois (03) méthodes de plantation de *Jatropha* selon les producteurs : la méthode de semis direct, la méthode de pépinière-transplantation et la méthode des boutures. Le semis direct comme son nom l'indique consiste à semer directement les graines sur le site définitif de plantation. La méthode des boutures consiste à prélever un fragment du végétal (branches) et à le mettre en terre. Quant à la méthode de pépinière-transplantation, il s'agit de faire germer d'abord les graines dans une pépinière, en pots ou en pleine terre avant de transplanter les pieds sur le site définitif.

Les enquêtes montrent que la méthode de pépinière-transplantation est la plus pratiquée sur le terrain (par 78 % des producteurs). La pépinière de pleine terre est la plus vulgarisée car elle nécessite moins d'investissement de la part des producteurs (Tableau 5).

Tableau 5 : Modes de plantation de *Jatropha* adoptés par les producteurs sur le terrain

| Système de culture | Pourcentage de producteurs enquêtés |
|----------------------------------|--|
| Pépinière-transplantation | 78 % |
| Semis direct | 22 % |
| bouture | 0 % |

Les photos 2 et 3 montrent des pépinières avant la transplantation.



Photo 3 : Pépinière en pots



Photo 2 : Pépinière en pleine terre

(Photos BAZONGO, 2009)

La densité de plantation varie d'un producteur à l'autre et cela en fonction du système de plantation mis en place (association, culture pure, haie-vives, écartements). Le tableau 6 indique les systèmes de plantation adoptés par les producteurs.

Tableau 6 : Systèmes de plantation adoptés par les producteurs

| Système de culture | Pourcentage de producteurs enquêtés |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Cultures associées | 72 % |
| Culture pure (champ forêt) | 6 % |
| Haie-vives | 22 % |

On observe que le *Jatropha* est cultivé en association avec les autres cultures par la majorité (72%) des exploitants (Photos 4 et 5). Pour ce faire, les écartements les plus courants sont de 5 m entre les lignes et de 2 m entre les pieds de *Jatropha* soit environ 1002 pieds par hectare. Cette technique est avantageuse parce qu'elle permet aux producteurs d'exploiter leurs terres aussi bien pour les cultures vivrières que pour la plantation de *Jatropha*. Les plantes de *Jatropha* bénéficient aussi de l'entretien apporté aux cultures vivrières. Seulement 6% des exploitants font de la monoculture de *Jatropha*.

La nature de la culture associée dépend de l'exploitant et varie d'un site à l'autre. Ainsi, pendant que certains déconseillent les cultures basses (arachides, pois de terre,...), d'autres s'opposent au contraire à l'association de *Jatropha* avec les cultures hautes (sorgho, mil...). Les producteurs évitent les cultures exigeantes comme le maïs et le coton dans les plantations de *Jatropha*, à cause de la faible qualité des sols sur lesquels le *Jatropha* est cultivé. Les cultures associées tiennent donc compte de la pauvreté de ces sols ; il s'agit surtout des légumineuses et du sorgho qui supportent de mauvaises conditions pédologiques.



Photo 5: *Jatropha* associé au sorgho



Photo 4 : *Jatropha* associé au niébé

Photos BAZONGO, 2009

3.1.3. Fertilisations et traitements phytosanitaires

Les résultats relatifs à la fertilisation et aux traitements phytosanitaires sont présentés dans le Tableau 7. Il apparaît qu'un peu moins de la moitié des producteurs (44 %) apportent des fertilisants au *Jatropha*. En réalité, les applications sont faites sur les cultures associées, mais les plants de *Jatropha* peuvent alors en profiter. Seule la fumure organique est appliquée par quelques producteurs aux pieds de leurs plantes de *Jatropha*. Ces derniers trouvent les engrais chimiques trop chers. De plus, le non recours aux engrais chimiques s'explique par le fait que les producteurs ont été informés par les promoteurs que le *Jatropha* n'aurait pas besoin de fertilisants pour son développement. Il ressort également que très peu de producteurs (seulement 6 %) pratiquent des traitements phytosanitaires dans leur plantation. Les traitements ont surtout pour but de lutter contre les insectes en pépinière.

Tableau 7: Pourcentage des producteurs appliquant ou pas la fertilisation et phytosanitaire

| Apports | Application (%) | Non application (%) |
|------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Fertilisations | 44 | 56 |
| Traitements phytosanitaires | 6 | 94 |

De façon générale, il ressort que *Jatropha* ne bénéficierait pas d'une attention particulière de la part des producteurs. Les opérations d'entretien (labour, sarclo-binage...) sont apportées aux cultures vivrières associées, ce qui profiterait aux plantes de *Jatropha*. Cependant quelques producteurs pratiquent la taille des haies lorsque celles-ci deviennent trop envahissantes.

Conclusion partielle

De ces enquêtes, nous pouvons retenir que l'introduction de *Jatropha* est récente dans la zone Ouest du Burkina. Le développement de *Jatropha* est surtout l'œuvre des projets tels que GENESE SARL, APROJER et AGRITECH FASO qui en font la promotion.

Le système de plantation de *Jatropha* le plus adopté est un espacement de 5 m x 2 m. Bien que la plantation de *Jatropha* se fasse sur les sols marginaux, des cultures lui sont souvent associées ; ces cultures associées sont variables et dépendent des objectifs des producteurs.

Les producteurs restent méfiants quant à associer des cultures exigeantes comme le maïs ou le coton ; les superficies sont restées également stationnaires depuis les cinq dernières années.

Afin d'évaluer l'impact de *Jatropha* sur les caractéristiques pédologiques des sites, les analyses de sols ont été effectuées.

3.2. Effet de la culture de *Jatropha* sur les propriétés chimiques des sols

3.2.1. Site de Bama

Le tableau 8 donne les caractéristiques des parcelles au niveau du site de Bama. Le pH_{eau} du sol varie de 5,24 à 6,42 et le pH_{Kcl} varie de 4,29 à 5,12 : les sols de ce site sont légèrement acides. Ils sont pauvres en carbone (C), en matière organique (M.O), en azote (N), en phosphore total et assimilable (P total et P assimilable) et en potassium total (K total). Il n'y a aucune différence significative entre les teneurs de ces variables en fonction de la distance de prélèvement de la haie ; la chimie du sol n'en est donc pas affectée. Par contre il y a des variations pour le rapport C/N : la valeur du rapport C/N est moindre lorsqu'on est très proche de la haie de *Jatropha* dans le rayon de 0-1 m. La minéralisation est donc accrue aux pieds des plantations jeunes à Bama. La valeur moyenne élevée de C/N qui est de 12,24 témoigne de l'intense activité biologique des sols.

Tableau 8 : Caractéristiques du sol sur le site d'expérimentation de Bama.

| Champ/Producteur et distance de la haie | Age (an) | pH _{eau} | pH _{Kcl} | Carbone (%) | M.O (%) | N (%) | C/N | P total (mg/kg de sol) | P assimilable (mg/kg de sol) | K total (mg/kg de sol) |
|---|----------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|
| N° 1 | 1 | 5,24 <i>a</i> | 4,29 <i>a</i> | 0,39 <i>a</i> | 0,74 <i>a</i> | 0,04 <i>a</i> | 10,19 <i>b</i> | 40 <i>a</i> | 1,63 <i>a</i> | 914,46 <i>a</i> |
| N° 2 | 2 | 6,04 <i>a</i> | 4,96 <i>a</i> | 1,65 <i>a</i> | 2,85 <i>a</i> | 0,13 <i>a</i> | 12,73 <i>a</i> | 154,83 <i>a</i> | 4,02 <i>a</i> | 913,73 <i>a</i> |
| N° 3 | 2 | 6,42 <i>a</i> | 5,12 <i>a</i> | 1,18 <i>a</i> | 2,03 <i>a</i> | 0,09 <i>a</i> | 12,84 <i>a</i> | 255,33 <i>a</i> | 3,31 <i>a</i> | 1516,16 <i>a</i> |
| 0 m | | 6,09 <i>a</i> | 4,97 <i>a</i> | 1,09 <i>a</i> | 1,88 <i>a</i> | 0,1 <i>a</i> | 11,62 <i>b</i> | 160,67 <i>a</i> | 3,39 <i>a</i> | 1149,31 <i>a</i> |
| 1 m | | 6,06 <i>a</i> | 4,94 <i>a</i> | 1,16 <i>a</i> | 2,04 <i>a</i> | 0,1 <i>a</i> | 11,62 <i>b</i> | 172,75 <i>a</i> | 3,5 <i>a</i> | 1164,85 <i>a</i> |
| 2 m | | 6,05 <i>a</i> | 4,87 <i>a</i> | 1,09 <i>a</i> | 1,88 <i>a</i> | 0,08 <i>a</i> | 13,2 <i>a</i> | 152,44 <i>a</i> | 2,73 <i>a</i> | 1149,89 <i>a</i> |
| 2,5 m | | 6,07 <i>a</i> | 4,92 <i>a</i> | 1,09 <i>a</i> | 1,91 <i>a</i> | 0,08 <i>a</i> | 12,52 <i>ab</i> | 133,56 <i>a</i> | 2,72 <i>a</i> | 1124,5 <i>a</i> |
| Moyennes | | 6,07 | 4,93 | 1,11 | 1,93 | 0,09 | 12,24 | 154,86 | 3,09 | 1147,14 |
| Probabilité | | 0,912 | 0,916 | 0,999 | 0,997 | 0,541 | 0,031 | 0,741 | 0,523 | 0,964 |
| Signification | | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>S</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> |

NS : Non Significatif ; *S* : Significatif au seuil de signification de 5 %.

3.2.2. Site de Orodara

Sur le site de Orodara les sols sont également acides. L'acidité varie de 6,12 à 6,58 pour le pH_{eau} et de 5,04 à 5,62 pour le pH_{kcl} (tableau 9). Les variables sont comparables quelque soit la distance. Le taux de matière organique est élevé sur le site (2,71 % en moyenne). Par contre le taux de potassium est très faible (796,77 mg/kg de sol en moyenne).

Tableau 9 : Caractéristiques du sol sur le site d'expérimentation de Orodara.

| Champ/Producteur et distance de la haie | Age (an) | pH_{eau} | pH_{kcl} | Carbone (%) | M.O (%) | N (%) | C/N | P total (mg/kg de sol) | P assimilable (mg/kg de sol) | K total (mg/kg de sol) |
|--|-------------|------------|------------|----------------|------------|----------|-------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| N° 1 | 3 | 6,19 | 5,06 | 1,52 | 2,62 | 0,12 | 12,39 | 172,83 | 7,31a | 657,44a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| N° 2 | 3 | 6,58 | 5,62 | 1,59 | 2,74 | 0,13 | 12,12 | 223,67 | 4,16 a | 781,98 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| N° 3 | 2 | 6,12 | 5,04 | 1,61 | 2,77 | 0,13 | 12,21 | 206,5 | 6,28 a | 950,88 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| 0 m | | 6,37 | 5,36 | 1,56 | 2,68 | 0,13 | 12,16 | 206,88 | 5,84 a | 787,69 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| 1 m | | 6,19 | 5,19 | 1,54 | 2,66 | 0,12 | 12,29 | 203,33 | 5,81 a | 827,84 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| 2 m | | 6,38 | 5,24 | 1,62 | 2,79 | 0,13 | 12,67 | 198,67 | 5,88 a | 799,15 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| 2,5 m | | 6,24 | 5,16 | 1,57 | 2,71 | 0,13 | 11,84 | 195,11 | 6,14 a | 772,38 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| Moyennes | | 6,29 | 5,24 | 1,57 | 2,71 | 0,13 | 12,24 | 200,997 | 5,92 | 796,77 |
| Probabilité | | 0,692 | 0,740 | 0,989 | 0,989 | 0,983 | 0,403 | 0,963 | 0,989 | 0,745 |
| Signification | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

NS : Non Significatif au seuil de signification de 5 %.

3.2.3. Site de Mangodara

Le site de Mangodara est également caractérisé par l'acidité du sol (tableau 10). L'acidité varie de 6,12 à 6,67 pour le pH_{eau} et de 4,96 à 5,58 pour le pH_{kcl}. Ces sols sont particulièrement pauvres en azote et en phosphore assimilable. L'analyse de la teneur en azote a montré des différences significatives suivant la distance de la haie de *Jatropha* ; ainsi le taux d'azote est de plus en plus élevé au fur et à mesure que l'on se rapproche de la haie de *Jatropha*.

Tableau 10 : Caractéristiques du sol sur le site d'expérimentation de Mangodara.

| Champ/Producteur et distance de la haie | Age (an) | pH _{eau} | pH _{kcl} | Carbone (%) | M.O (%) | N (%) | C/N | P total (mg/kg de sol) | P assimilable (mg/kg de sol) | K total (mg/kg de sol) |
|--|-------------|-------------------|-------------------|----------------|------------|----------|-------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| N° 1 | 4 | 6,57 | 5,55 | 0,98 | 1,7 | 0,08 | 12,12 | 152,17 | 4,1 a | 1217,84 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| N° 2 | 2 | 6,67 | 5,58 | 0,69 | 1,19 | 0,05 | 12,90 | 68,83 | 3,33 a | 664,53 a |
| | | a | a | a | a | b | a | a | | |
| N° 3 | 2 | 6,12 | 4,96 | 0,88 | 1,51 | 0,07 | 11,69 | 117,17 | 2,98 a | 733,34 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| 0 m | | 6,58 | 5,57 | 1,04 | 1,8 | 0,09 | 11,99 | 124,44 | 4,32 a | 847,96 a |
| | | a | a | a | a | a | a | a | | |
| 1 m | | 6,37 | 5,25 | 0,83 | 1,43 | 0,07 | 12,23 | 116,89 | 2,78 a | 907,18 a |
| | | a | a | a | a | ab | a | a | | |
| 2 m | | 6,42 | 5,29 | 0,74 | 1,27 | 0,06 | 11,86 | 105,11 | 2,6 a | 877,43 a |
| | | a | a | a | a | b | a | a | | |
| 2,5 m | | 6,45 | 5,35 | 0,79 | 1,36 | 0,06 | 12,87 | 104,44 | 4,16 a | 855,04 a |
| | | a | a | a | a | b | a | a | | |
| Moyennes | | 6,46 | 5,37 | 0,85 | 1,47 | 0,07 | 12,24 | 112,72 | 3,47 | 871,9 |
| Probabilité | | 0,621 | 0,475 | 0,082 | 0,082 | 0,028 | 0,342 | 0,365 | 0,104 | 0,859 |
| Signification | | NS | NS | NS | NS | S | NS | NS | NS | NS |

NS : Non Significatif ; S : Significatif au seuil de signification de 5 %.

Conclusion partielle

De manière générale, les sols des sites et cela pour tous les producteurs sont très pauvres en azote (N), en potassium (K) et déficients en phosphore (P) assimilable. Le site de Orodara est potentiellement plus riche par rapport aux autres. Mangodara et Bama sont comparables.

3.3. Impacts de la haie sur les cultures associées et les rendements de *Jatropha*.

3.3.1. Effets de la haie de *Jatropha* sur la hauteur, le nombre de feuilles et les rendements des cultures associées.

- **Site de Bama** : au niveau de ce site, c'est le niébé qui a été choisi en association avec le *Jatropha*. Les résultats montrent que la hauteur des plants de niébé n'est influencée ni par l'âge de la haie, ni par la distance (Tableau 11). Les hauteurs sont similaires pendant les 1^{ère} et 2^{ème} mesures (30 J.A.S et 60 J.A.S.) et ceci pour les haies de 1 et 2 ans.

Tableau 11 : Hauteurs des plants de niébé (cm) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Distance de la haie | Hauteurs des plants de niébé (cm) entre les haies âgées de : | | | | Probabilité | Signification |
|--------------------------------|--|--------|--------|--------|-------------|---------------|
| | 1 an | | 2 ans | | | |
| | 30 JAS | 60 JAS | 30 JAS | 60 JAS | | |
| 1 m | 32,67 | 34,17 | 26,17 | 27,17 | 0,686 | NS |
| 2 m | 29,67 | 30,33 | 29,83 | 31,17 | 0,686 | NS |
| 2,5 m | 29,67 | 30,67 | 30,33 | 31 | 0,686 | NS |
| Ecart-type des moyennes | 1,396 | | | | | |
| Probabilité | 0,274 | 0,274 | 0,274 | 0,274 | | |
| Signification | NS | NS | NS | NS | | |

NS : Non Significatif au seuil de signification de 5 %.

Le développement foliaire n'est pas affecté par la distance à la haie. Par contre l'âge de la haie influence cette variable (Tableau 12). Le nombre de feuilles niébé est plus élevé pour les plantations les plus âgées. Les résultats pourraient s'expliquer par une différence entre les types de sols ; les sols de la plantation de 2 ans sont plus riches que ceux de la plantation de 1 an.

Tableau 12 : Nombre de feuilles de niébé en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Distance de la haie | Nombre de feuilles des plants de niébé entre les haies âgées de : | | | | Probabilité | Signification |
|--------------------------------|---|--------|--------|--------|-------------|---------------|
| | 1 an | | 2 ans | | | |
| | 30 JAS | 60 JAS | 30 JAS | 60 JAS | | |
| 1 m | 47 | 43 | 49 | 47 | 0,011 | S |
| 2 m | 31 | 30 | 53 | 51 | 0,011 | S |
| 2,5 m | 20 | 18 | 52 | 51 | 0,011 | S |
| Ecart-type des moyennes | 1,217 | | | | | |
| Probabilité | 0,711 | 0,711 | 0,711 | 0,711 | | |
| Signification | NS | NS | NS | NS | | |

NS : Non Significatif ; S : Significatif au seuil de signification de 5 %.

Les résultats montrent également que la quantité de biomasse du niébé n'est pas liée à la distance de la haie mais plutôt à l'âge. Dans la plantation la plus âgée la biomasse est plus élevée que dans la jeune plantation en rapport avec le nombre de feuilles (Tableau 13).

Tableau 13 : Poids-fane de niébé (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Poids-fane de niébé (kg/ha) aux distances de : | | | | | |
|---|------------|------------|--------------|--------------------|----------------------|
| Age de la haie | 1 m | 2 m | 2,5 m | Probabilité | Signification |
| 1 an | 29,56 | 51,78 | 44,44 | 0,316 | <i>NS</i> |
| 2 ans | 77,78 | 77,78 | 59,22 | 0,316 | <i>NS</i> |
| Ecart-type des moyennes | 1,66 | | | | |
| Probabilité | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | | |
| Signification | <i>HS</i> | <i>HS</i> | <i>HS</i> | | |
| Interactions âge-distance | | | | 0,286 | <i>NS</i> |

NS: Non Significatif ; *HS* : Hautement Significatif au seuil de signification de 5 %.

Contrairement à la biomasse, le rendement niébé-graines est affecté à la fois par la distance de la haie et l'âge de la plantation (Tableau 14).

Tableau 14 : Poids-graines de niébé (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Poids-graines de niébé (kg/ha) aux distances de : | | | | | |
|--|------------|------------|--------------|--------------------|----------------------|
| Age de la haie | 1 m | 2 m | 2,5 m | Probabilité | Signification |
| 1 an | 59,33 | 74 | 44,44 | < 0,001 | <i>HS</i> |
| 2 ans | 63 | 66,67 | 55,56 | < 0,001 | <i>HS</i> |
| Ecart-type des moyennes | 0,938 | | | | |
| Probabilité | 0,024 | 0,024 | 0,024 | | |
| Signification | <i>S</i> | <i>S</i> | <i>S</i> | | |
| Interactions âge-distance | | | | 0,498 | <i>NS</i> |

NS: Non Significatif; *S* : Significatif; *HS* : Hautement Significatif au seuil de signification de 5 %.

- **Site de Orodara :** le sorgho est associé au *Jatropha* sur ce site. Les résultats montrent que les plants de sorgho ont une croissance qui n'est pas influencée par la distance de la haie ; à l'opposé, l'âge de la haie a affecté cette variable (Tableau 15). Les plants associés sont plus hauts pour la plantation de 2 ans par rapport à ceux de la plantation de 3 ans. Les plants pour la plantation de 2 ans sont plus courts ; les différences pourraient être liées aux conditions pédologiques sur ce site.

Tableau 15 : Hauteurs des plants de sorgho (m) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Distance de la haie | Hauteurs des plants de sorgho (m) entre les haies âgées de : | | | | Probabilité | Signification |
|--------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| | 2 ans | | 3 ans | | | |
| | 60 JAS | 90 JAS | 60 JAS | 90 JAS | | |
| 1 m | 3,03 | 3,36 | 1,91 | 2,11 | 0,019 | <i>S</i> |
| 2 m | 3,25 | 3,36 | 2,31 | 2,54 | 0,019 | <i>S</i> |
| 2,5 m | 2,4 | 2,75 | 2,18 | 2,44 | 0,61 | <i>S</i> |
| Ecart-type des moyennes | | | 0,854 | | | |
| Probabilité | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | | |
| Signification | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | | |

NS: Non Significatif; *S* : Significatif au seuil de signification de 5 %.

Le développement foliaire du sorgho est comparable quelque soit l'âge et la distance de la haie (Tableau 16). Par ailleurs pour la plantation de 2 ans, le nombre de feuilles baisse avec la distance.

Tableau 16 : Nombre de feuilles des plants de sorgho en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Distance de la haie | Nombre de feuilles des plants de sorgho entre les haies âgées de : | | | | Probabilité | Signification |
|--------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| | 2 ans | | 3 ans | | | |
| | 60 JAS | 90 JAS | 60 JAS | 90 JAS | | |
| 1 m | 9 | 9 | 8 | 8 | 0,263 | <i>NS</i> |
| 2 m | 8 | 8 | 9 | 8 | 0,263 | <i>NS</i> |
| 2,5 m | 6 | 6 | 8 | 8 | 0,263 | <i>NS</i> |
| Ecart-type des moyennes | | | 1,077 | | | |
| Probabilité | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | | |
| Signification | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | | |

NS : Non Significatif au seuil de signification de 5 %.

Les résultats sur la biomasse de sorgho montrent que celle-ci augmente avec la distance de la haie et l'âge (Tableau 17), en opposition avec le nombre de feuilles.

Tableau 17 : Poids-paille de sorgho (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Poids-paille de sorgho (kg/ha) aux distances de : | | | | | |
|--|------------|------------|--------------|--------------------|----------------------|
| Age de la haie | 1 m | 2 m | 2,5 m | Probabilité | Signification |
| 2 ans | 237,11 | 81,56 | 177,78 | < 0,001 | <i>HS</i> |
| 3 ans | 207,33 | 200 | 629,55 | < 0,001 | <i>HS</i> |
| Ecart-type des moyennes | | 4,945 | | | |
| Probabilité | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | | |
| Signification | <i>HS</i> | <i>HS</i> | <i>HS</i> | | |
| Interactions âge-distance | | | | < 0,001 | <i>HS</i> |

HS : Hautement Significatif au seuil de signification de 5 %.

Les rendements graines du sorgho associé au *Jatropha* sont influencés par la distance ou l'âge de plantation (Tableau 18). Les meilleurs rendements en sorgho-graines sont obtenus pour les distances de 1 m et 2,5 m de la haie, quelque soit l'âge de la plantation.

Tableau 18 : Poids de sorgho-graines (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Poids de sorgho-graines (kg/ha) aux distances de : | | | | | |
|---|------------|------------|--------------|--------------------|----------------------|
| Age de la haie | 1 m | 2 m | 2,5 m | Probabilité | Signification |
| 2 ans | 103,78 | 44,44 | 88,89 | 0,015 | <i>S</i> |
| 3 ans | 140,67 | 81,56 | 274 | 0,015 | <i>S</i> |
| Ecart-type des moyennes | | 1,628 | | | |
| Probabilité | 0,025 | 0,025 | 0,025 | | |
| Signification | <i>S</i> | <i>S</i> | <i>S</i> | | |
| Interactions âge-distance | | | | 0,111 | <i>NS</i> |

NS : Non Significatif ; *S* : Significatif au seuil de signification de 5 %.

- **Site de Mangodara** : sur ce site, les travaux ont porté sur l'arachide. Les hauteurs sont semblables quelque soit l'âge et la distance de la haie (Tableau 19).

Tableau 19 : Hauteurs des plants d'arachide (cm) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Hauteurs des plants d'arachide (cm) entre les haies âgées de : | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|----------------------|
| Distance de la haie | 2 ans | | 4 ans | | Probabilité | Signification |
| | 30 JAS | 60 JAS | 30 JAS | 60 JAS | | |
| 1 m | 0,357 | 0,408 | 0,327 | 0,403 | 0,387 | <i>NS</i> |
| 2 m | 0,412 | 0,457 | 0,337 | 0,393 | 0,387 | <i>NS</i> |
| 2,5 m | 0,368 | 0,408 | 0,32 | 0,377 | 0,387 | <i>NS</i> |
| Ecart-type des moyennes | 0,592 | | | | | |
| Probabilité | 0,103 | 0,103 | 0,103 | 0,103 | | |
| Signification | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | | |

NS : Non Significatif au seuil de signification de 5 %.

Le nombre de feuilles des plants d'arachide n'est affecté ni par l'âge, ni par la distance de la haie (Tableau 20). Une tendance se dégage pour la plantation de 2 ans où le nombre de feuilles augmente à 2 m de distance de la haie.

Tableau 20 : Nombre de feuilles des plants d'arachide en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Nombre de feuilles des plants d'arachide entre les haies âgées de : | | | | | | |
|--|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|----------------------|
| Distance de la haie | 2 ans | | 4 ans | | Probabilité | Signification |
| | 30JAS | 60 JAS | 30 JAS | 60 JAS | | |
| 1 m | 87 | 115 | 112 | 165 | 0,343 | <i>NS</i> |
| 2 m | 140 | 178 | 114 | 182 | 0,343 | <i>NS</i> |
| 2,5 m | 100 | 119 | 124 | 171 | 0,343 | <i>NS</i> |
| Ecart-type des moyennes | 0,632 | | | | | |
| Probabilité | 0,419 | 0,419 | 0,419 | 0,419 | | |
| Signification | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | <i>NS</i> | | |

NS : Non Significatif au seuil de signification de 5 %.

La productivité de la biomasse est fonction de l'âge (Tableau 21). Les rendements sont plus élevés pour la plantation jeune par rapport à la plantation âgée.

Tableau 21 : Poids-fane d'arachide (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Age de la haie | Poids-fane d'arachide (kg/ha) aux distances de : | | | Probabilité | Signification |
|---------------------------|--|---------|---------|-------------|---------------|
| | 1 m | 2 m | 2,5 m | | |
| 2 ans | 96,44 | 85,33 | 74 | 0,914 | NS |
| 4 ans | 51,78 | 66,67 | 81,56 | 0,914 | NS |
| Ecart-type des moyennes | | 3,425 | | | |
| Probabilité | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | - | - |
| Signification | HS | HS | HS | - | - |
| Interactions âge-distance | - | - | - | 0,352 | NS |

NS : Non Significatif ; HS : Hautement Significatif au seuil de signification de 5 %.

La production de l'arachide graines n'est pas affectée par la distance de la haie mais plutôt par l'âge de la plantation (Tableau 22). Les rendements sont meilleurs pour les jeunes plantations de 2 ans, surtout à 1 m et 2,5 m de la haie ; ce qui montre bien l'impact de la haie pour cette culture.

Tableau 22 : Poids d'arachide-graines (kg/ha) en fonction de l'âge de la plantation et de la distance de la haie de *Jatropha* sur 1 m linéaire.

| Age de la haie | Poids d'arachide-graines (kg/ha) aux distances de : | | | Probabilité | Signification |
|---------------------------|---|---------|---------|-------------|---------------|
| | 1 m | 2 m | 2,5 m | | |
| 2 ans | 70,44 | 48,22 | 63,11 | 0,255 | NS |
| 4 ans | 22,22 | 29,56 | 44,44 | 0,255 | NS |
| Ecart-type des moyennes | | 3,259 | | | |
| Probabilité | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | - | - |
| Signification | S | S | S | - | - |
| Interactions âge-distance | - | - | - | 0,482 | NS |

NS : Non Significatif ; S : Significatif au seuil de signification de 5 %.

3.3.2. Rendements graines des plantations de *Jatropha*.

A Bama les plantations de *Jatropha* sont jeunes de 1 à 2 ans. La production est nulle pour les plantations de 1 an ; elle est de 116 kg/ha en moyenne pour les plantations de 2 ans (tableau 23). Ces rendements sont bien en deçà des 300 kg/ha indiquées par la littérature.

Tableau 23 : Rendements de *Jatropha* à Bama (en kg/ha)

| Producteurs par champ | Age (an) de plantation | Rendements (kg/ha) |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| N° 1 | 1 | 0 |
| N° 1 | 1 | 0 |
| N° 1 | 1 | 0 |
| N° 2 | 2 | 107 |
| N° 2 | 2 | 121 |
| N° 2 | 2 | 123 |
| N° 3 | 2 | 120,1 |
| N° 3 | 2 | 112,2 |
| N° 3 | 2 | 112,7 |
| Moyenne OUATTARA Seydou | - | 58,5 |
| Moyenne SAWADOGO Abdoulaye | - | 115 |
| Moyenne 1 an | - | 0 |
| Moyenne 2 ans | - | 116 |

A Orodara les rendements graines varient de 115 kg/ha à 301 kg/ha en moyenne, respectivement pour les plantations de 2 ans et de 3 ans (tableau 24). Les rendements graines de la plantation de 2 ans sur le site de Orodara est comparable à celui obtenu sur le site de Bama, pour les plantations du même âge. Les meilleures productions sont obtenues dans les parcelles de TRAORE Bakary et de SANOGO Lassina où les plantations sont les plus âgées de 3 ans.

Tableau 24 : Rendements à Orodara (en kg/ha)

| Producteurs par champ | Age (an) de plantation | Rendements (kg/ha) |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| N° 1 | 3 | 287,5 |
| N° 1 | 3 | 275,9 |
| N° 1 | 3 | 312,5 |
| N° 2 | 3 | 291,4 |
| N° 2 | 3 | 302,1 |
| N° 2 | 3 | 336,5 |
| N° 3 | 2 | 113,4 |
| N° 3 | 2 | 111,9 |
| N° 3 | 2 | 119,7 |
| Moyenne TRAORE Bakary | - | 292 |
| Moyenne SANOGO Lassina | - | 310 |
| Moyenne TRAORE Mamadou | - | 115 |
| Moyenne 2 ans | - | 115 |
| Moyenne 3 ans | - | 301 |

A Mangodara, le meilleur rendement graines est de 388,5 kg/ha pour OUEDRAOGO Boukari dont la plantation de *Jatropha* est la plus âgée de 4 ans (tableau 25).

Les rendements de la plantation de 2 ans sont de moitié inférieurs par rapport à ceux de la plantation de 4 ans. Les rendements pour ces plantations de 2 ans sont comparables à ceux obtenus sur les sites précédents pour les plantations du même âge.

Tableau 25 : Rendements à Mangodara (en kg/ha)

| Producteurs par champ | Age | Rendements (kg/ha) |
|----------------------------------|------------|---------------------------|
| N° 1 | 4 | 351,7 |
| N° 1 | 4 | 339,8 |
| N° 1 | 4 | 388,5 |
| N° 2 | 2 | 112,7 |
| N° 2 | 2 | 119,1 |
| N° 2 | 2 | 168,2 |
| | 2 | |
| N° 3 | | 120,3 |
| | 2 | |
| N° 3 | | 121,9 |
| | 2 | |
| N° 3 | | 117,8 |
| Moyenne OUEDRAOGO Boukari | - | 360 |
| Moyenne ZALLE Issouf | - | 133,33 |
| Moyenne NYAMPA Abdoulaye | - | 120 |
| Moyenne 2 ans | - | 127 |
| Moyenne 4 ans | - | 360 |

Conclusion partielle

L'impact de la haie varie avec la nature de la culture, la distance de la haie et surtout l'âge de la plantation. Ainsi le développement foliaire du niébé est influencé par l'âge ; il en est de même pour la croissance en hauteur du sorgho. Par contre l'âge et la distance de la haie sont sans effet sur la croissance de l'arachide.

Concernant les rendements biomasse et graine du niébé et du sorgho, ils sont affectés à la fois par l'âge et la distance de la haie. Quant à l'arachide, ses rendements ne sont influencés que par l'âge.

La production des plantations de *Jatropha* varie avec l'âge :

- à 1 an les rendements sont presque nuls ;
- à 4 ans les rendements semblent au maximum et se stabilisent autour de 360 kg/ha.
- les rendements graines de *Jatropha* pour les plantations de même âge sont comparables quelque soit le site.

Sur l'ensemble des sites, les conditions de sol semblent jouer un rôle important. Des études dans les mêmes conditions pédologiques donneraient des résultats plus précis.

3.4. Discussions générales

❖ **Enquêtes sur la production de *Jatropha*** : les enquêtes auprès des producteurs ont montré que leur motivation pour la production de *Jatropha curcas* L. dépend de plusieurs facteurs. D'abord l'intérêt suscité par l'éveil d'attention à travers la sensibilisation des projets. La promotion de *Jatropha curcas* L. comme haie vive a été faite auprès des producteurs par les organisations de développement (ZONGO, 2007) ; les programmes d'information et les échanges entre les partenaires et les producteurs permettent à ces derniers d'appréhender les facteurs de production et de lever les réticences liées à l'introduction de la culture de *Jatropha curcas* L. Ensuite la production de *Jatropha curcas* L. assurent aux producteurs des sources de revenus auxiliaires dans leurs exploitations. Enfin la plante s'accommode des sols marginaux et ne concurrence pas les surfaces déjà emblavées par les autres cultures. La production en graines de cette plante oléagineuse, rustique et bien que non alimentaire serait idéalement adoptée pour servir de biocarburant ; suivant l'indication de la FONDATION MALI BIOCARBURANT (2010), il ne s'agit pas de substituer les cultures vivrières au profit d'une production énergétique.

Le système de plantation préconisée pour le *Jatropha* en cultures associées qui va de la pépinière à la transplantation aux écartements de 5 m × 2 m, semble adopté. Toutefois les écartements peuvent varier suivant les objectifs mais ils sont restreints à certaines marges en fonction de l'âge de la plantation. Selon OUEDRAOGO (2000), les espacements réduits entre les plants de *Jatropha* (3 m x 3 m) ne permettent plus les cultures au-delà de la troisième année de croissance de l'arbre, à moins d'effectuer une taille des branches et des racines.

Les entretiens phytosanitaires dans la production de *Jatropha* sont rares chez les producteurs interrogés. Ce choix tient compte de la nature des cultures associées ; dans le cas de notre étude où légumineuses et céréales sont associés au *Jatropha*, la plupart des cultures associées sont des cultures rustiques. Pour assurer une meilleure rentabilité de l'exploitation, la plantation de *Jatropha* est le plus souvent implantée en association avec des cultures vivrières. Dans cette association il y a des interactions entre les plants de *Jatropha* et les cultures associées.

❖ **Impacts de la haie sur les cultures associées** : notre étude a montré que l'âge de la plantation et la distance à la haie de *Jatropha* peuvent affecter la croissance et les rendements des cultures associées. L'âge de la plantation a influencé la croissance du niébé et du sorgho ; ce paramètre d'âge, de même que celui de la distance, sont sans effet sur la croissance de l'arachide. Les variations sont surtout fonction de la nature de la culture et du type de sol. Au Cameroun dans des conditions climatiques similaires à celles de la zone Ouest du Burkina,

des résultats comparables ont été obtenus par TCHOBSALA et *al.* (2009) ; leurs travaux sur *Jatropha curcas* L. associé au niébé ont montré des variations en fonction des types de sols.

Il ressort également de nos constats que la distance à la haie n'affecte pas la variable biomasse pour les légumineuses. Par contre en fonction de l'âge de la plantation de *Jatropha curcas* L., il y a des effets positifs ; ainsi les meilleurs rendements biomasse pour le niébé sont obtenus dans les plantations âgées contrairement à l'arachide où plus de matière végétale est accumulé dans les plantations jeunes. Quant au sorgho, les meilleurs rendements biomasse sont obtenus à 1 m dans les plantations jeunes et à 2,5 m dans les plantations âgées.

Concernant les rendements grains des cultures associées, la distance et l'âge de la haie influence le niébé et le sorgho ; ainsi les meilleurs rendements grains sont obtenus à 2 m dans les plantations jeunes pour le niébé et à 2,5 m dans les plantations âgées pour le sorgho. Seul l'âge a un effet sur les rendements grains de l'arachide qui sont meilleures dans les plantations jeunes. Des études sur l'association avec d'autres cultures vivrières (maïs, cultures maraîchères - oignons, piments, tomates...) conduites au Mali en 2010 ont montré que l'on doit tenir compte de certains critères variétaux (résistance à la sécheresse, rendements potentiels élevés...) dans l'association pour une meilleure productivité sur les sols pauvres (FONDATION MALI BIOCARBURANT, 2010).

❖ **Rendements graines de *Jatropha* :** les rendements de *Jatropha* des sites d'études variant de 116 à 360 kg/ha, sont comparativement très inférieurs à ceux de la littérature :

- au Burkina Faso, d'après OUEDRAOGO (2000) cité dans le rapport de CIRAD-2IE (2008), la production moyenne par pied pour la zone sahélo-soudanienne est de 1,5 kg. Extrapolé aux écartements de 5 m × 2 m, le potentiel de rendement serait estimé à environ 1500 kg/ha.

- au Nicaragua les rendements obtenus par FOIDL et *al.* (1996) cité par DOMERGUE et PIROT (2008) variaient de 1,6 t/ha à 2,4 t/ha sous des conditions climatiques similaires (900-1200 mm) à celles des sites de la zone Ouest du Burkina et aux écartements de 3 m * 3 m. Ces résultats ont été obtenus respectivement pour les plantations de 2 ans et de 4 ans.

- à l'inverse, en Inde dans la région de Nashik (pluviosité de 610 mm/an), les rendements n'étaient que d'environ 250 kg/ha sur les arbres en pleine production après 7 ans de culture (GOKHALE, 2008). Des rendements comparables avaient été obtenus au Mali avec des plantations âgées d'environ 6 ans. Quoique les conditions diffèrent, ces résultats sont comparables aux nôtres avec des rendements nettement en dessous du potentiel. Le potentiel de rendement a été estimé lors de la conférence de Wageningen (2007) par des chercheurs travaillant sur *Jatropha* en provenance du monde entier qui se sont accordés sur une échelle de 3 à 5 t/ha/an (OGUNWOLE et *al.*, 2007) pour des écartements de 2 à 3 m × 2 à 3 m.

En conclusion la productivité de *Jatropha* serait dépendante des conditions pédoclimatiques d'une zone donnée. Selon SOME (2009), *Jatropha* entre en pleine production entre la 3ème et la 4ème année selon la nature du sol et le climat. Dans la même optique JANIN et OUEDRAOGO (2011) ont mentionné que les perspectives de rendements agronomiques du *Jatropha* en milieu sahélo-soudanien ne sont pas encore parfaitement étalonnées en raison de la grande variabilité des modes de cultures et des potentialités des sols.

❖ **Impacts pédologiques** : l'étude des propriétés chimiques des sols montre que les teneurs sont faibles pour les différentes variables et dans des proportions comparables pour les champs d'un site donné.

En fonction de la distance de la haie, la plupart des teneurs des paramètres chimiques des sols à l'exception de l'azote et du rapport C/N sont comparables sur un site donné. SANOU (2010) à l'issue des études à Bagré (Centre-est du Burkina) sur l'impact de *Jatropha* a également mentionné des fluctuations pour le rapport C/N et pour l'azote. Les variations constatées du taux d'azote suivant la distance à la haie vont dans le même sens que celui de LEGENDRE (2008) qui justifiait le taux élevé au pied de la haie par la présence de bactéries symbiotiques fixant l'azote au niveau de l'appareil racinaire. L'azote joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. Cependant la teneur en azote plus élevée à 0 m et 1 m de la haie, semble n'avoir pas affecté les rendements de l'arachide car seul l'âge a affecté sa productivité.

Par ailleurs, les racines les plus profondes ramèneraient également en surface des éléments minéraux très facilement lessivables (BULDGEN et DIENG, 1997 in SOME et al., 2004). L'amélioration des propriétés du sol sous couvert de *Jatropha* a été notée par de nombreux auteurs sur l'impact de la culture :

- OGUNWOLE et al. (2007) ont observé un sol dégradé (peu évolué et sableux) sous culture de *Jatropha* (âgée de 2 ans) dans des conditions semi-arides de l'Ouest indien. Ils ont noté une amélioration de la structure du sol sur l'horizon 0-10 cm ;
- en Afrique du Sud des travaux ont été réalisés par HOLL et al. (2007) cité par DOMERGUE et PIROT (2008). Ils ont évalué les besoins en eau de la culture par un suivi régulier de la consommation de plants de *Jatropha* de 4 et 12 ans. Il s'avère que dans la plupart des cas, la consommation de la culture (entre 200 et 1200 mm) est largement inférieure à celle de la végétation en place sur un pas de temps annuel. L'étude en déduit que *Jatropha* n'aura pas d'impact négatif sur les ressources en eau du sol ;
- les observations réalisées par MÜNCH et KIEFER (1986) sur l'île de Fogo (Cap-Vert), mentionnent une mobilisation élevée de l'élément phosphore par la plante qui possède un

système d'absorption particulièrement performant ; cette mobilisation peut provoquer l'appauvrissement en phosphore à moyen ou long terme ;

- ACHTEN et *al.*, (2007) souligne les aptitudes du système racinaire de *Jatropha* qui serait intéressant pour lutter contre l'érosion.

On considère dans la littérature que *Jatropha* améliore la structure du sol et freine l'érosion mais les conditions de culture peuvent affecter les résultats.

Des investigations plus poussées seront indispensables pour étudier tous les facteurs ci-dessus indiqués.

❖ **Comparaison des propriétés chimiques des trois sites d'expérimentation :** les sols du site de Orodara montrent les meilleurs taux pour les différentes variables à l'opposé de ceux du site de Mangodara :

- les valeurs obtenues du pH (pH_{Heau}, pH_{KCl}) montrent que les sols des parcelles d'expérimentation sont acides ; l'acidité réelle est plus prononcée à Bama par rapport aux autres sites ;

- les taux de matière organique sur les différents sites d'étude sont faibles ; les résultats de ce paramètre sont comparables sur les sites de Bama et Mangodara. Toutefois ils semblent contradictoires car à Mangodara, les feuilles tombées des plantations plus âgées sont supposées avoir plus enrichi le sol en matière organique que les plantations jeunes à Bama ;

- la teneur en azote varie en fonction des zones ; l'analyse des résultats suivant les distances de la haie sont comparables sur les sites de Bama et de Orodara ;

- le rapport C/N est en moyenne comparable dans les trois localités et d'environ 12 ; la valeur faible de ce rapport témoigne d'une bonne minéralisation de la matière organique sur les sites d'expérimentation. En fonction des distances les valeurs de ce rapport sont similaires à Mangodara et Orodara c'est-à-dire que la dynamique de ce processus est comparable dans ces localités où se trouvent les plantations les plus âgées ;

- la teneur en phosphore total et assimilable varie d'une zone à l'autre ; dans la zone de Orodara, les concentrations en phosphore total et assimilable sont les plus élevées. A Bama, la concentration en phosphore total est supérieure comparativement à Mangodara. En fonction des distances de la haie, les résultats pour P total et P assimilable sont comparables pour l'ensemble des sites ;

- les quantités moyennes de potassium sont faibles et diminuent dans l'ordre Bama, Mangodara et Orodara.

Les impacts de la haie sont surtout fonction du sol du site et de la nature de la culture associée. Cependant la considération de l'amélioration de la structure du sol par la plantation de *Jatropha* doit être nuancée car la nature du sol, les conditions de culture et celles climatiques sont autant de facteurs qui influenceront fortement les résultats.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'énergie renouvelable occupe une place importante dans le développement socio-économique de tout pays. Ceci pose la question de la durabilité à travers la protection et la conservation des ressources naturelles. Ainsi le secteur forestier a été mis à contribution au Burkina Faso à travers une politique forestière nouvelle pour la promotion de plantes utiles telles que *Jatropha curcas* L. Malgré l'intérêt suscité, la production est freinée par les méconnaissances sur les conséquences. Notre travail a porté sur l'impact de *Jatropha* sur le sol et les cultures associées.

L'hypothèse suivant laquelle *Jatropha* aurait des répercussions négatives sur le sol ou les cultures associées n'a pas été avérée dans le cas de notre étude. Au contraire la chimie du sol serait positivement affectée aux pieds de *Jatropha* à travers l'augmentation de la teneur en azote, profitable du même coup aux plantes. La résultante des effets de la haie serait surtout fonction du type de sol et de la nature de la culture associée.

De nos résultats on peut retenir que la production de *Jatropha curcas* L. aux écartements de 5 m × 2 m en association avec diverses cultures est une adoption. Elle se pratique sur des sols peu fertiles et ne nécessite pas d'entretiens. La production de *Jatropha* est nulle pour les plantations de 1 an et pour les plantations de 4 ans, 360 kg/ha. Le rendement graine des plantations de 2 ans est comparable sur chaque site. Cette similarité est liée à l'accommodation de *Jatropha* à une gamme variée de sols. Par ailleurs les cultures avec lesquelles sont implantées les haies ne demeurent pas indifférentes à cette association.

En perspectives, il conviendrait :

- de reconduire les travaux sur d'autres sites pour confirmer ou infirmer nos résultats ;
- d'analyser le flux des éléments chimiques et les interactions entre le sol, la plante de *Jatropha curcas* L. et les micro-organismes ;
- d'étendre l'étude à des zones climatiques différentes de l'Ouest du Burkina en vue de comparaisons de la productivité de *Jatropha curcas* L. sous l'évolution du climat.

Les résultats expérimentaux des structures de recherches en collaboration avec les producteurs conforteront les connaissances théoriques et permettront de mieux appréhender la gestion de la production de *Jatropha curcas* L. pour la promotion des biocarburants.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHTEN W.M.J., VERCHOT L., FRANKEN Y.J., MATHIJS E., SINGH V.P., AERTS R. and MUYS B. 2008.** *Jatropha* bio-diesel production and use: review, Biomass and Energy. 32 (12): p 1063-1084.
- AFDI. 2009.** Agrocarburants : quels enjeux pour les pays en développement ? Formation 4 Mars 2009. Agriculteurs Français et Développement International (AFDI), France 4 p.
- ALFONS Ü. 2008.** *Jatropha* à Madagascar-Rapport sur l'état actuel du secteur – Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) Madagascar, 32 p.
- APONTE C. H. 1978.** Estudio de *Jatropha curcas* L. como recurso biotico. Diploma thesis. Xalapa-Enríquez. University Veracruz, Mexico.
- BERGER M., BELEM P.C., DAKOUO D. et HIEN V. 1987.** Le maintien de la fertilité dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Burkina Faso - Coton Et Fibres Tropicaux, vol. XIII, fascicule 3.
- BLIN J., DABAT M-H., FAUGERE G., HANFF E. et WEISMAN N. 2008.** Opportunités de développement des biocarburants au Burkina Faso. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Burkina Faso 157 pages.
- BONGO B. 1999.** Diagnostic et développement de la technologie des haies vives défensives dans la partie Ouest de la province du Boulgou-Burkina Faso. Mémoire de fin d'études. Burkina Faso, U.P.B. - I.D.R. 80 p.
- CABRAL A., LEMOS D. 1964.** Utilização do oleo de Purgueira como combustível (Nota preliminar). Missao de Estudos Agronómicos do Ultramar (Junta de Investigaçao do Ultramar). Mexique, Comunicaçao n°. 46.
- CCL AGRO- INDUSTRIE, 2007.** Fiche technique Agro Industrie : Le *Jatropha*. Champagne-Ardenne CRIF Liège France. Fiche n°21. 5 p.
- CIRAD-2IE 2008.** Opportunités de développement des biocarburants au Burkina Faso. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Rapport Décembre 2008, 176 p.
- DEHGAN B. and WEBSTER G.L. 1979.** Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (*Euphorbiaceae*). In Publications in Botany, Vol.74. USA – Editor University of California.
- DOMERGUE M. et PIROT R. 2008.** *Jatropha curcas* L. - Rapport de synthèse bibliographique CIRAD, UPR Agro-Generation - Biomasse Energie - Systèmes de Culture Annuels. Montpellier, Paris. France. 118 p.

- FOIDL N., HERRERA Z., ALEGRIA B. & LANUZA R. 1996.** Tempate (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae) - Espèces para reforestacion en Nicaragua, Editorial, Hispamer. Managua. p. 109 - 113.
- FONDATION MALI BIOCARBURANT. 2010.** Agriculture, Population, Énergie renouvelable. Ministère de l'agriculture -Mali, Mali Biocarburant, 17 p.
- GARCIA R.P. and LAWAS P. 1990.** Potential plant extracts for the control of *Azolla* fungal pathogens. Philippines - Agric. 73(3/4): 343-348.
- GOKHALE D. 2008.** *Jatropha*: Experience of Agro-Forestry & Wasteland Development Foundation, Nashik, India. In International Consultation on Pro-poor *Jatropha* Development. Rome: Syngenta International.
- GRAINGE M. and AHMED S. 1988.** Handbook of Plants with Pest-control Properties. John Wiley & Sons, USA - New York P 21.
- HELLER J. 1996.** Physic nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. In Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research (IPR), Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy. 1996. p. 88 pages.
- HOLL M., GUSH M.B., HALLOWES J. and VERSFELD D.B.** *Jatropha curcas* in South Africa: An Assessment of its Water Use and Bio-Physical Potential. 2007, Report to the Water Research Commission on the project "Investigation into the Impacts of Large-Scale Planting of *Jatropha curcas* on Water Resources, through Process-Based Research and Modelling".
- INSTITUT D'ENTRAÎNEMENT A L'EFFICACITE ET A L'ASSISTANCE (IEEA). 2008.** Rapport de Diagnostic du Plan de Développement Communal de Mangodara. IEEA Burkina Faso 98 p.
- IRVINE F.R. 1961.** Woody Plants of Ghana with Special Reference to their Uses. England London, Oxford University Press, handbook 868 p.
- ISAWUMI M.A. 1978.** Nigerian chewing sticks. The Nigerian Field 43(3):111-121.
- ISHII Y. and TAKEUCHI R. 1987.** Transesterified *curcas* oil blends for farm Diesel engines. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 30(3):605-609.
- JANIN P. et OUEDRAOGO F.C. 2011.** Enjeux des agro carburants au Burkina Faso : le cas du *Jatropha curcas* L. UMR « Développement et sociétés », IEDES – IRD, Université de Ouagadougou. Hal-00580055, version 1.
- JUILLET A., SUSPLUGAS J. and COURP J. 1955.** Les oléagineux et leurs tourteaux. Botanique - caractères – préparations - emplois. Editions Paul Lechevalier, Paris. 640 p.

- KONE-BAMBA D., PELISSIER D. Y., OZOUKOU Z.F. and OUAO D. 1987.** Etude de l'activité hémostatique de quinze plantes médicinales de la "Pharmacopée Traditionnelle Ivoirienne". Côte d'Ivoire, Plant. Méd. Phytothér. 21(2):122-130.
- LAROCHAS L. 1948.** Les huiles siccatives de l'industrie française - Le Pourghère. France. Oléagineux vol. : n 6-7 : 321-328.
- LEGENDRE B. 2008.** *Jatropha curcas* (Tabanani). Note agronomique - Culture du *Jatropha curcas*, Technologies for Human Development. Dakar - Sénégal. 8 p.
- LEON J. 1987.** Botanica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, Costa Rica, San José, 15 p.
- MAFONGOYA P.L., BATIONO A., KIHARA J. & WASWA B.S. 2006.** Appropriate technologies to replenish soil fertility in southern Africa. South Africa - Nutrient Cycling in Agroecosystems - 76, 137-151.
- MANANDHAR N.P. 1995.** An inventory of some herbal drugs of Myadi district. Nepal. Econ. Bot. 49(4): 371-379.
- MASSE R. 2008.** Burkina Faso : projet d'implantation d'une usine de biocarburants. Article Le Pays 14 Déc 2008 - Déclaration de presse, Ouagadougou, Burkina Faso.
- MENSIER P.H. and LOURY M. 1950.** Les utilisations de l'huile de pourghère. Oléagineux 5(3):167-170.
- MICHAELSON G. J., PING. C. L. and MITCHELL G.A. 1987.** Correlation of Mehlich III, Bray-1 and ammonium acetate extractable P, K, Ca and Mg for Alaska agricultural soils. Communication in Soil Science and Plant Analysis, Volume 18, N°. 9, USA. p. 1003-1015.
- MUNCH E. et KIEFER J. 1986.** Le Pourghère (*Jatropha curcas* L., Botanique, écologie, culture (1^{ère} partie), produits de récolte, filières de valorisations, réflexions économique (2^{ème} partie), Université de Stuttgart – Hohenheim, Allemagne. 276 pages.
- NATH L. K. and DUTTA S. K. 1992.** Wound healing response of the proteolytic enzyme curcain. Indian J. Pharmacol. 24 (2) : 114-115.
- NORME NF. EN 25663, ISO 5663. 1994.** Mode opératoire pour le dosage de l'azote Kjeldahl. Europe-France. Indice de classement – T 90 – 110.
- OGUNWOLE J.O., PATOLIA J.S., CHAUDAHARY D.R., GOSH A. and CHIKARA J. 2007.** Improvement of the quality of a degraded Entisol with *Jatropha curcas* L. under an Indian Semi Arid Conditions. In Expert seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics, 26-28 march 2007. Wageningen, The Netherlands: Fact Foundation.
- OUDET M. 2007.** ABC Burkina-Agro carburants : Chance ou menace pour les paysans burkinabés ? Burkina Faso 2 p.

- OUEDRAOGO A.D. 2008.** Culture du *Jatropha* - Une réalité à Bantogdo. Burkina Faso.
- OUEDRAOGO B. 2008.** Le biocarburant issu du *jatropha* gagne du terrain. Article, Inter Press Service (IPS), Afrique, Burkina Faso. 1p.
- OUEDRAOGO M. 2000.** Etude biologique et physiologique du pourghère, *Jatropha curcas* L. Université de Ouagadougou, Burkina Faso. Thèse d'état 290 p.
- OUEDRAOGO M., AYERS P.D. and LINDEN J.C. 1991.** Diesel engine performance tests using oil from *Jatropha curcas* L. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America 22(4):25-32.
- PARAMATHMA M., VENKATACHALAM P. AND SAMPATHRAJAN A. 2007.** *Jatropha* Improvement, Management and Production of Biodiesel. Centre of Excellence in Biofuels Agricultural Engineering. Book on the application of practical knowledge in energy crops - College & Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore 641003; 262 P.
- REHM S. and ESPIG G. 1991.** The cultivated plants of the Tropics and Subtropics. Verlag Josef Margraf, Weikersheim.
- REINHARD K. H. 2002.** Utilisation des savoirs locaux sur le *Jatropha* ; Mali, 4 p.
- REINHARD K. H. et TIANASOA R. 2005.** Le manuel *Jatropha* : un guide pour l'exploitation intégrée de la plante *Jatropha* à Madagascar. Allemagne, Green Island Association, 20 p.
- SAHEL QUOTIDIEN. 2008:** Biocarburant: L'expérience du "*Jatropha*" gagne du terrain au Burkina Faso. Sahel Dimanche, Niger, p 3.
- SANOUE F. 2010.** Productivité de *Jatropha curcas* L. et impact de la plante sur les propriétés chimiques du sol : cas de Bagré (Centre-est du Burkina Faso). Mémoire de fin de cycle, U.P.B., I.D.R. 72 p + annexes.
- SOME H. K. 2009.** L'introduction du *Jatropha* dans les exploitations agricoles de la zone Ouest du Burkina Faso : état des lieux et caractérisation des systèmes de production. Mémoire BTS en Agronomie. CAP Matourkou. 63 p + annexes.
- SOME N. A., TRAORE K., TRAORE O. et TASSEMBEDO M. (2007).** Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon spp* dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2007 11 (3), 245–252p.
- TAKEDA Y. 1982.** Development study on *Jatropha curcas* (sabu dum) oil as a substitute for Diesel engine oil in Thailand. J. Agric. Assoc. China 120:1-8.

- TCHOBSALA D., TIENCHEU A., SOUARE K., SADOU I., PRUDENT P., BACHIROU M., GASSISSOU G., MANA P., PALOU O. et DAMOULAI G. 2009.** Introduction de la culture de *Jatropha curcas* en association au niébé sur les sols marginaux de la zone soudano-sahélienne du Cameroun. Université de Yaoundé, IRAD, CDEC. 4 p
- THOMAS O.O. 1989.** Re-examination of the antimicrobial activities of *Xylopiya aethiopica*, *Carica papaya*, *Ocimum gratissimum* and *Jatropha curcas*. *Fitoterapia* 60(2):147-155.
- TRAORE K., 2009.** Synthèse Bibliographique sur le *Jatropha curcas* à l'Ouest du Burkina. 8 p. INERA. GRN/SP. Rapport d'activités. Burkina Faso.
- VÖHRINGER. 1987.** Untersuchungszeugnis für Futtermittel. Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Bonn, Germany.
- WALKLEY A. et BLACK C.A. 2003.** Détermination de la matière organique par dosage du carbone organique dans les sols agricoles : méthode Walkley-Black modifiée. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. MA. 1010 – WB 1.0, Ministère de l'environnement du Québec, CANADA, 10 p.
- ZAN T. 1985.** *Jatropha curcas* et *Jatropha gossypifolia* sous différentes conditions climatiques du Burkina Faso : Cultures et exploitations. Thèse Doctorat. Institut Supérieur Polytechnique, Université de Ouagadougou - Burkina Faso.
- ZONGO J.D. 2007.** Etude de la reprise des boutures en fonction de la profondeur de plantation de la longueur chez *Jatropha curcas*. Mémoire de fin d'études. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 34 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Questionnaire de terrain de l'enquête - Caractérisation du système de culture à base de *Jatropha*

La famille

Question n° 1 : nom du chef d'exploitation

Question n° 2 : province du producteur

Question n° 3 : village du producteur

Question n° 4 : âge du chef d'exploitation

Unités: années

Question n° 5 : Niveau d'instruction du chef d'exploitation

(Cochez vos réponses)

Néant [] 1

Primaire [] 2

Secondaire [] 3

Supérieur [] 4

Autres [] 5

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

Unités: actifs

Question n° 7 : nombre actifs homme

Unités: actifs

Question n° 8 : nombre actifs femmes

Unités: actifs

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

Agriculture []

Élevage []

Commerce []

Autres à préciser []

Les équipements

Question n° 9 : matériel aratoire

(Cochez vos réponses)

- | | |
|----------------|-------|
| Charrue bovine | [] 1 |
| Charrue asine | [] 2 |
| Sarcler | [] 3 |
| Butteur | [] 4 |
| Tracteur | [] 5 |
| Autres | [] 6 |
-

Question n° 10 : traction animale

(Cochez vos réponses)

- | | |
|----------------|-------|
| Bœufs de trait | [] 1 |
| Ânes | [] 2 |
| Cheval | [] 3 |
-

L'élevage

Question n° 11 : type d'élevage pratiqué

(Cochez vos réponses)

- | | |
|----------|-------|
| Bovins | [] 1 |
| Caprins | [] 2 |
| Ovins | [] 3 |
| Volaille | [] 4 |
-

La production du *Jatropha*

Question n° 12 : superficie totale en *Jatropha*

Unités: ha

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

Unités: champs

Question n° 14 : superficie par champ

(Cochez vos réponses)

- | | |
|---------|-------|
| champ 1 | [] 1 |
| champ 2 | [] 2 |
| champ 3 | [] 3 |
| champ 4 | [] 4 |
| champ 5 | [] 5 |
| champ 6 | [] 6 |
-

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

Unités : ans

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

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

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

.....
.....

Le système de culture de *Jatropha*

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

.....
.....

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

.....
.....

Question n° 20 : densité de plantation

.....
.....

Question n° 21 : méthode de plantation

.....
.....

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

.....
.....

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

.....
.....

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

.....
.....

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

.....

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

.....

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

.....
.....

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

.....
.....

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

.....
.....

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

.....
.....

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

(Cochez votre réponse)

Oui [] 1

Non [] 2

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

.....
.....

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

.....
.....

Utilisation de la production

Question n° 34 : destination de la production

.....
.....

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

.....
.....

ANNEXES 2 : Résultats du dépouillement

- Proportion des actifs dans les exploitations

| | Total | Pourcentage |
|--------|--------------|--------------------|
| Hommes | 50 | 54,95% |
| Femmes | 41 | 45,05% |

- Impact de la plantation du *Jatropha* sur le rendement des cultures associées

| | Total | Pourcentage |
|-------------------------------|--------------|--------------------|
| Aucun impact | 02 | 11,11% |
| Fait augmenter les rendements | 13 | 72,22% |
| Fait baisser les rendements | 02 | 11,11% |
| Neutre (aucune idée) | 01 | 5,55% |

- Appréciation des producteurs sur l'impact du *Jatropha* sur les sols

| | Total | Pourcentage |
|------------------|--------------|--------------------|
| Aucun impact | 05 | 27,78% |
| Enrichit le sol | 10 | 55,56% |
| Appauvrit le sol | 01 | 5,55% |
| Aucune idée | 02 | 11,11% |

- Raisons ayant motivées les producteurs à planter le *Jatropha*.

| But lucratif | Lutte antiérosive | transformation |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| 65,21% | 38,85% | 04,34% |

**Annexe 3 : Matrice de corrélations entre les caractéristiques du sol et les rendements
graines de *Jatropha***

❖ **Bama**

| | pHeau | pHkcl | Carbone | M.O (%) | N (%) | C/N | P total | P ass | K total | Rendements (kg/ha) |
|---------------------------|-------|-------|---------|---------|-------|-----|---------|-------|---------|--------------------|
| pHeau | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| pHkcl | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Carbone | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| M.O (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C/N | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| P total | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| P ass | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| K total | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rendements (kg/ha) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

❖ **Orodara**

| | pHeau | pHkcl | Carbone | M.O (%) | N (%) | C/N | P total | P ass | K total | Rendements (kg/ha) |
|---------------------------|-------|-------|---------|---------|-------|-----|---------|-------|---------|--------------------|
| pHeau | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| pHkcl | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| Carbone | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| M.O (%) | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| N (%) | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| C/N | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| P total | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| P ass | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| K total | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| Rendements (kg/ha) | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 |

❖ Mangodara

| | M.O | | | | | | | | | Rendements |
|---------------------------|--------------|--------------|----------------|------------|--------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| | pHeau | pHkcl | Carbone | (%) | N (%) | C/N | P total | P ass | K total | (kg/ha) |
| pHeau | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| pHkcl | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Carbone | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| M.O (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C/N | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| P total | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| P ass | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| K total | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rendements (kg/ha) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 |