

UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



ECOLE DOCTORALE: DES SCIENCES DE LA VIE, DE LA SANTE ET DE
L'ENVIRONNEMENT
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année: 2016

N° d'ordre: 203

THESE DE DOCTORAT

Spécialité : Ecologie et Agroforesterie

Titre :

Effet du travail du sol et de la gestion des plants sur la productivité de
différentes provenances de *Jatropha curcas*L. à Bargny (Sénégal).

Présentée par :
Lamine BARRO

Soutenue le 12 mars 2016 devant le jury composé de :

Président:	<u>Kandioura</u> Noba,	Professeur titulaire,	UCAD
Rapporteurs:	Malainy Diatta,	Maître de recherche	ISRA
	Karamoko Diarra	Professeur titulaire	UCAD
	Tahir Diop	Professeur titulaire	UCAD
Examineur:	Alioune Fall	Directeur de recherche,	ISRA
Directeur de thèse:	Samba Arona Ndiaye Samba	Maître de conférences	UT
Co - Directeur de thèse:	Elie Léonard Akpo	Professeur titulaire	UCAD

DEDICACES

Je dédie ce travail à mes parents, pour les efforts consentis envers leurs enfants. Longue vie.

A mes oncles Bourama Sané, Mallang Sané, Youssouphe Sané, à « Grand mère » Siré Diaïté ainsi qu'à toutes leurs familles pour m'avoir accueilli et hébergé pendant des années durant mon cursus scolaire. Merci à vous tous, je vous suis redevable à jamais.

A ma femme Seynabou Bodian,

A mon maître coranique « Grand père » Elhadji Karamba Dramé.

Que la terre vous soit légère, paix à votre âme.

A mes frères et à tous ceux qui m'ont aidé, que DIEU vous comble...

Pensées pieuses à mon père et, à « Grand père » Mounirou Diaïté,

Reposez en paix.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes physiques et morales qui m'ont aidé en contribuant directement ou indirectement à sa réalisation.

Je tiens à remercier très sincèrement :

- Je suis très sensibles à l'intérêt que Monsieur Kandoura Noba, Professeur titulaire, a apporté à notre travail et pour l'accueil qu'il m'a toujours réservé lors de nombreuses entrevues que j'ai eu avec lui, pour les problèmes qu'il m'a posés et les suggestions qu'il m'a faites. Je le remercie au fond du cœur d'avoir accepté de présider mon jury.
- Monsieur Léonard Elie Akpo, Professeur titulaire, co-directeur de ma thèse, pour avoir accepté mon inscription dans la formation doctorale Ecologie et Agroforesterie.
C'est aussi un grand honneur pour moi de lui exposer ce travail, car son statut de scientifique émérite en fait un arbitre incontesté. Il m'a fait profiter de ses connaissances, de sa grande expérience, de ces multiples corrections et suggestions et m'a prodigué ses conseils à l'occasion de discussions suscitées lors des divers entretiens que j'ai eus avec lui tout au long de mes travaux de Thèse. Monsieur Akpo a beaucoup façonné ma personne très positivement.
- Durant toutes ces années de dur labeur, il s'est évertué à vivre à mes côtés et à se comporter d'une manière digne d'un homme de science. Il a également cultivé en moi le goût de l'effort, auréolé d'une couverture de rigueur scientifique. Convaincu de tout cela, je me permets de témoigner à mon Directeur de thèse, Monsieur Samba Arona Ndiaye SAMBA ma très vive reconnaissance pour la confiance qu'il a portée sur ma personne en me donnant ce projet d'étude. Vous méritez ma profonde gratitude pour n'avoir ménagé aucun effort pour conduire mes premiers pas, depuis la préparation de mon Master, dans la voie de la recherche en m'enseignant les principes de base de la recherche scientifique, en veillant avec une entière disponibilité sur mon encadrement. Vos conseils éclairés et votre soutien tant moral que matériel m'ont été très profitables. Vous avez investi beaucoup de votre temps pour les multiples corrections et suggestions de ce présent document. Permettez-moi, enfin, de formuler cette prière:

«Que Dieu, Créateur du ciel et de la terre, Lui qui, au dernier jour, jugera les vivants et les morts, vous accorde, par le mystère du rachat, un accès dans son royaume, et qu'il vous donne dans ce siècle présent une longue vie et une carrière pleine de succès»

- Docteur Malainy Diatta, mon parrain de stage, m’a constamment soutenu, m’a facilité le travail par le passé pour mes travaux de Master. Monsieur Diatta a encore multiplié ces actions dans le cadre de ma thèse de Doctorat, le suivi quotidien de mes activités de recherche, d’avoir accepté d’être rapporteur de ma thèse, la rigueur, la ténacité et le goût du travail bien accompli resteront gravés à jamais dans ma mémoire.
- Je tiens à exprimer ma reconnaissance en vers Monsieur Karamoko Diarra, Professeur titulaire Faculté des Sciences et Techniques à l’UCAD qui m’a fait l’honneur d’accepter d’être rapporteur de ma thèse et de participer au jury de ma soutenance. Le professeur Diarra est un homme très disponible, un scientifique avéré, très ouvert et partage son savoir sans équivoque pour aider les étudiants. Le professeur Diarra m’a ouvert son bureau depuis le master, qu’il y trouve mes remerciements les plus sincères. Que Dieu lui protège !
- J’exprime ma vive gratitude à Monsieur Tahir Diop, Professeur titulaire d’avoir accepté d’évaluer les travaux de ma thèse comme rapporteur et de faire parti de mon Jury.
- Je suis très reconnaissant à Monsieur Alioune Fall, Directeur générale de l’Institut Sénégalaise de Recherche Agricole (ISRA) d’avoir accepté de se déplacer jusqu’à l’UCAD et de m’avoir consacré une partie de son précieux temps pour la lourde tâche d’examineur de notre thèse.
- Monsieur Ibrahima Ndiaye, Maître de conférences département de chimie UCAD, pour avoir mis à ma disposition le matériel d’extraction de l’huile de *Jatropha*.
- Monsieur Matar Seck, Professeur au département de pharmacie chimie organique (UCAD), pour m’avoir accepté dans son laboratoire durant deux mois. De même, les doctorants de son laboratoire notamment Elhadji Ousmane Sané, Mbaye Dioum, Insa Seck pour m’avoir aidé dans les manipulations.
- Monsieur Nicolas Cyrille Mensah Ayessou, Ecole Polytechnique de Dakar (UCAD), pour m’avoir aidé à déterminer certains paramètres physico-chimiques de l’huile de *Jatropha curcas* L.
- Docteur Mayécour Diouf (CNRF), Docteur Fatima Ndiaye, Docteur Mamadou Ly pour l’aide et les conseils qu’ils m’ont apportés pour la réalisation de ce travail.
- Messieurs Abdou Niane et Abdoulaye Diatta, techniciens agricoles de la plantation industrielle de la SOCOCIM de même que les journaliers pour avoir beaucoup contribué à la récolte de données sur le terrain.

- A travers Monsieur Mactar Diaw, Directeur de l'environnement, nous remercions le Directeur générale de la société commerciale du ciment (SOCOCIM Industrie) et tout son personnel pour les facilités d'accès à son titre foncier, son accompagnement financier et humain dans la réalisation de ce travail.

Cette thèse a reçu le soutien de la société commerciale du ciment (SOCOCIM), particulièrement le département de l'environnement sous la direction de Monsieur Mactar Diaw et le projet SEEV (Sahel Environnement Energie Végétale) dirigé par Docteur Malainy Diatta.

ABSTRACT

Jatropha curcas L. belongs to the *Euphorbiaceae* and is one potential crop to supply the essential raw material for the production of biofuel. This research aimed to study the effects of sub soiling and tree management on the performances of different JCL provenances but also the effect of fruits maturity stage on the oil content and oil quality of their seeds. Four factors (sub soiling, tree management intensity, fruit maturity stage and seeds origins or provenances) were studied. The study area belongs to the Sudano-Sahelian climate. It is located at an average altitude of 20 m with a deep water table from 12 to 36 m. Results showed a significant effect of the factors ($p < 0.05$) on growth and branching of plants and on the quantity and quality of JCL seed oil. Growth variables (collar diameter of the main stem, crown diameter) have not varied significantly under the influence of tillage 3 years after planting except for plant height that significantly varied as a result of the interaction of factors. Similarly, branching and functional features have not varied significantly as a result of factors (provenance and subsoiling). Furthermore, subsoiling had a significant effect on flowering with a higher rate in the worked plot (average 69.38) than in the control (average 43.17). Fruiting branches recorded under the effect of tillage ($p = 0.0205$) were higher in the control (5.2 ± 5.6) than in the prepared plot (0.1 ± 5.6). Tree management favored the production of several branches resulting in better fruit production. Seeds harvested on yellow fruits (after 7 days of drying) gave a higher oil content (30,21g) and viscosity (35.37 ± 0.10 cSt) than those obtained from black (23,45g respectively; 35.285 ± 0.10 cSt) or green fruits (17,771g; 35.08 ± 0.10 cSt). These results mean that the stimulation of branching by managing JCL plants can increase fruit production in one hand and that the yellow fruit stage is the optimal one for a higher oil content. This study revealed other avenues of research, in particular the effect of subsoiling, provenance, tree management intensity on the development but also the productivity of *Jatropha curcas* plants in Bargny (Senegal).

Key words: *Jatropha curcas* L., Development, Productivity, Provenance, Tillage, tree management, growth, branching, oil content, oil quality.

TABLES DES MATIERES

DEDICACES.....	<i>i</i>
REMERCIEMENTS.....	<i>ii</i>
ABSTRACT.....	<i>v</i>
INTRODUCTION GENERALE.....	<i>1</i>
 <i>Chapitre 1: Etat des connaissances de <i>Jatropha curcas</i> L.</i> Erreur ! Signet non défini.	
Introduction.....	<i>5</i>
I. Aire de distribution et description botanique.....	<i>5</i>
1. Aire de distribution dans le monde.....	<i>5</i>
2. Répartition de la plante au Sénégal.....	<i>7</i>
3. Botanique.....	<i>9</i>
3.1. La floraison.....	<i>9</i>
3.2. Fruits et graines.....	<i>12</i>
3.3. Germination.....	<i>12</i>
II. Ecologie, plantation et méthodes de culture.....	<i>14</i>
1. Ecologie de <i>Jatropha curcas</i> L.....	<i>14</i>
1.1. Climat.....	<i>14</i>
1.2. Le sol.....	<i>15</i>
2. Plantation et méthodes de cultures.....	<i>16</i>
2.1. Le bouturage.....	<i>16</i>
2.2. Plantation de plants élevés en gaine.....	<i>17</i>

2.2.1. Le semis direct.....	17
2.2.2. Culture in vitro de <i>Jatropha curcas</i> L.	17
2.2.3. Conduite des plantations	18
III. Dispositifs de mise en place et leurs effets sur les plantations.....	19
IV. Qualité agronomique de <i>Jatropha curcas</i> L. et protection de l'environnement et des cultures	20
1. Qualité agronomique de <i>Jatropha curcas</i> L.	20
2. Protection de l'environnement et des cultures	21
V. Rendement et caractéristiques physicochimiques de l'huile de <i>Jatropha curcas</i> L.	22
1. Teneur en huile de Jatropha	22
2. Caractéristiques physicochimiques de l'huile de <i>Jatropha curcas</i>	22
2.1. Viscosité.....	22
2.2. Densité.....	23
2.3. Point éclair	23
2.4. Indice de cétane.....	23
2.5. Acidité.....	24
2.6. Teneur en eau	24
2.7. Point d'écoulement.....	24
3. Historique de l'utilisation de l'huile de Jatropha comme carburant.....	24
<i>Chapitre 2 : Milieu d'étude</i>	1
I. Introduction	27
II. Cadre physique.....	27
1. Situation de la ville de bargny	27
2. Relief et géologie	29

3. Le climat	29
4. La végétation.....	30
III. Evolution démographique.....	30
IV. Activités économiques.....	31
1. Infrastructures industrielles.....	31
2. Agriculture	31
3. Pêche	31
4. Le commerce.....	32
5. Tourisme	32

*Chapitre 3 : Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal **Erreur ! Signet non défini.***

I- Introduction	35
II- Matériel et méthodes	36
1. Matériel végétal	36
2. Matériels	37
3. Méthodes.....	37
3.1. Plan expérimental	37
3.2. Traits mesurés.....	40
3.3. Caractéristiques chimiques du sol.....	42
Analyses statistiques	44
III. Résultats.....	45
1. Effet du travail du sol (sous solage) et de la provenance sur la croissance et le taux de survie des plants de <i>Jatropha curcas</i> L.	45

2. Effet du travail du sol et de la provenance sur la ramification des plants de <i>Jatropha curcas</i> L.....	48
3. Productivité des plants de <i>Jatrophas curcas</i> L. sous l'effet de la préparation du sol et de la provenance.	49
4. Effet du travail du sol et de la provenance sur quelques traits fonctionnels de <i>Jatropha curcas</i> L.	52
5. Etude comparée des paramètres physicochimiques du sol sous et hors des houppiers de <i>Jatropha curcas</i> L.	52
IV. Discussions.....	55
V. Conclusion.....	57
Chapitre 4: Effet des tailles de gestion et de la maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de <i>Jatropha curcas</i> L.....	58
Introduction.....	61
I. Matériel et méthodes	62
1. La croissance des fruits	62
2. La vigueur des graines	62
3. Le nombre de ramifications secondaires avant et après la taille de gestion	63
4. Le taux de ramification après la taille de gestion	63
5. Le diamètre au collet de la tige principale	63
6. Les diamètres du houppier	63
7. Les caractéristiques morpho - métriques des graines	63
8. la qualité et la quantité de l'huile.....	63
8.1. Quantité de l'huile.....	63
8.2. Qualité de l'huile.....	65
8.2.1. Le pouvoir rotatoire.....	65
8.2.2. Viscosité cinématique.....	66
8.2.3. Point d'écoulement.....	67

8.2.4. Point éclair (flash point)	68
II. Résultats.....	70
1. Effet de la taille de gestion et de la provenance sur la croissance et l'architecture des plants de <i>Jatropha curcas</i> L.	70
2. Effet de la provenance et du travail du sol sur la croissance des fruits de <i>Jatropha curcas</i> L.	72
3. Effet de la provenance sur les caractéristiques morpho métriques des graines de <i>Jatropha curcas</i> L.	73
4. Vigueur des graines en fonction de la maturité des fruits de <i>Jatropha curcas</i> L.	73
5. Effet de la provenance et de l'état de maturité des fruits sur la teneur en huile des graines de <i>Jatropha curcas</i> L.	74
6. Effet de la provenance et de l'état de maturité des fruits sur la qualité de l'huile des graines de <i>Jatropha curcas</i>	76
III. Discussion	77
IV. Conclusion.....	78
Conclusion générale.....	I
Annexe 1: <i>article publié</i>	xv
Annexe 2. Article soumis pour publication dans la revue suivante : International Journal of Biological and Chemical Sciences	xxi
Annexe 3. Extrait de la première récolte « Casamance avec sous-solage ».....	xl
Annexe 4. Extrait de la première récolte « Casamance témoin ».....	xl
Annexe 5. Extrait du rapport du nombre de fruits de l'année (2008/2009) un an après plantation	xl
ABSTRACT	vi

ABREVIATIONS

C : Constante du tube

Casa : Casamance

CCTP : circonférence au collet de la tige principale

DCTP : diamètre au collet de la tige principale

DH : diamètre du houppier

DHM : diamètre moyen du houppier

Diob : Diobass

Epmf : épaisseur des feuilles

Etir 1 : étirement des feuilles d'un mois

Etir 2 : étirement des feuilles de deux mois

H : hauteur totale

JCL : *Jatropha curcas* L

KV : Viscosité cinématique

LDMC : teneur en matière sèche de la feuille

NB1fr : nombre de branches primaires fructifères

NB2fr : nombre de branches secondaires fructifères

NBfrt : nombre de branches fructifères total

NF1 : nombre de branches primaires en feuillaison

NF2 : nombre de branches secondaires en feuillaison

NFT : nombre de fruits total

NR1 : nombre total de ramifications primaires

NR1b : Nombre de ramifications primaires basses (<15 cm du sol)

NR1FL : nombre de ramifications primaires en floraison

NR1h : nombre de ramifications primaires hautes (>15 cm du sol)

NR2 : nombre total de ramifications secondaires

NR2APT : nombre de ramifications secondaires après taille de gestion

NR2AV : nombre de ramifications secondaires avant taille

NR2FL : nombre de ramifications secondaires en floraison

NR2T : nombre de ramifications secondaires taillées

NV : nombre de fruits verts

Pff : poids frais des feuilles

pH : potentiel hydrique

Psf : poids sec des feuilles

SLA : Surface Spécifique de Feuille

SOCOCIM : société commerciale de ciment

SS : Sous solage

Surf F : surface des feuilles

T : Temps d'écoulement en secondes

Tem : Témoin

TX /Ram : taux d'augmentation de la ramification

tx : taux de survie

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1. Résultats du traitement de 1000 kg de graines de <i>Jatropha</i> par le C.E.C.,.....	25
Tableau 2. Estimation de la population de la Commune de Bargny de 1999 à 2014.,.....	31
Tableau 3. Effet du travail du sol (sous solage) et de la provenance sur la croissance et le taux de survie (tx) des plants de <i>Jatropha curcas</i> , trois ans après la plantation.,.....	46
Tableau 4. Mensuration du nombre de ramification primaire et secondaire sous l'effet du sous solage et de la provenance.....	49
Tableau 5. Estimation de la floraison en fonction des branches et de la fructification (nombre de fruits et branches en fructification) sous l'effet du sous solage et de la provenance.....	50
Tableau 6. Effet du travail du sol et de la provenance sur les traits fonctionnels.....	52
Tableau 7. Effet du houppier sur les paramètres physico chimiques du sol.....	53
Tableau 8. Effet de la taille de gestion et de la provenance sur la croissance et la ramification des plants de <i>Jatropha curcas</i> L.....	68
Tableau 9. Effet de la provenance sur les caractéristiques morpho métriques (longueur, largeur et épaisseur) des graines de <i>Jatropha curcas</i> L.....	70
Tableau 10. Effet de la provenance et de l'état de maturité des fruits sur la teneur en huile des graines de <i>Jatropha curcas</i> L.....	72
Tableau 11. Qualité de l'huile des graines de <i>Jatropha curcas</i> L. sous l'influence de la provenance et de l'état de maturité des fruits.....	78

FIGURES

Figure 1. Distribution de <i>Jatropha curcas</i> L. dans le monde (Heller, 1996).....	6
Figure 2. Carte des plantations de <i>Jatropha</i> superposé à ces potentialités.....	8
Figure 3. Inflorescence des fleurs de <i>Jatropha curcas</i> L.....	10
Figure 4. Les différentes parties d'un plant de <i>Jatropha curcas</i> L. (Heller, 1996).....	11
Figure 5. Fruits de <i>Jatropha curcas</i> L. à différents stades de maturité à Bargny (Barro <i>et al.</i> , 2013).....	13
Figure 6. Carte de la localité de Bargny.....	28
Figure 7. Plantation de <i>Jatropha curcas</i> L. à Bargny.....	35
Figure 8. Dispositif des plants de <i>Jatropha curcas</i> L. à Bargny (4 m x 4 m).....	38
Figure 9. Obtention du filtrat à étudier.....	42
Figure 10. Effet de la provenance sur la hauteur totale des plants de <i>Jatropha curcas</i> L.....	45
Figure 11. Effet du travail du sol sur la ramification.....	47
Figure 12. Extraction de l'huile de <i>Jatropha curcas</i> L. au soxhlet.....	61
Figure 13. Polartronic E avec une cuve de longueur 5 cm.....	62
Figure 14. Bain thermostatiques de viscosité cinématique.....	64
Figure 15. Appareil de mesure de point d'écoulement.....	64
Figure 16. Appareil automatique de Cleveland.....	66
Figure 17. Effet de la provenance [Casamance (Casa), Diobass (Diob)] et du travail du sol [sous - solage (SS), témoin(Tem)] sur la croissance des fruits (J = Juillet, A = Aout).....	69
Figure 18. Vigueur des graines de <i>Jatropha curcas</i> L. en fonction de leur état de maturité...	71
Figure 19. Gamme de la quantité de l'huile des graines de <i>Jatropha curcas</i> L dans cet ordre Casamance (C) fruits Jaune (J), Diobass (D) fruit Jaune (J), D fruit noir (N), C N, C fruit vert (V), D V.....	72

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans la recherche d'alternatives à l'énergie fossile, les plantes oléagineuses comme *Jatropha curcas L.* (JCL) constituent des solutions potentielles pour la production de biocarburant. *Jatropha curcas L.* est un arbuste, de la famille des euphorbiacées, qui mesure 3 à 10 m de haut (Pellet et Pellet, 2010). JCL est originaire de l'Amérique Centrale. Il a été introduit par des marins portugais, via les Îles du Cap - Vert, dans différents pays d'Afrique et d'Asie (Henning et Ramorafeno, 2005).

Espèce très médiatisée dans plusieurs pays comme l'Inde, JCL présente beaucoup de vertus dans divers domaines. Dans son utilisation traditionnelle, Domergue et Pirot (2008) rapportent que son huile a des propriétés purgatives à petite dose et sert à traiter certaines maladies de la peau ou à soulager les rhumatismes. Elle trouve d'autres utilisations, comme la fabrication de savon artisanal ou l'éclairage avec des lampes rudimentaires.

Son latex, utilisé sur les blessures, aurait des propriétés antiseptiques et coagulantes (Domergue et Pirot, 2008). Ndiaye (2010) trouve que les seins trempés dans une infusion de feuilles de cette plante verront augmenter leur lactation. Il affirme que le cataplasme des feuilles de JCL traiterait les furoncles, les rhumatismes, la lèpre. Dans toute l'Afrique tropicale, différentes parties de JCL sont utilisées pour toutes sortes d'usages médicaux.

Les graines, riches en huile avec des teneurs pouvant atteindre 35-40% d'huile non comestible (Reinhard et Henning, 2009), sont utilisées pour leurs vertus purgatives et pour expulser les parasites intestinaux, malgré la puissante irritation des voies gastro-intestinales, que provoque souvent leur emploi (Ndiaye, 2010).

A Madagascar, la décoction de feuilles et de racines sert à traiter le paludisme. *Jatropha curcas L.* est également utilisé dans la préparation de poison de flèche. Aux Philippines, c'est l'écorce qui est utilisée pour fabriquer un poison pour la pêche (Ndiaye, 2010). Les graines provoquent souvent des empoisonnements accidentels, chez les animaux comme chez les humains.

La plante est aussi utilisée au Sénégal pour installer des haies vives défensives autour des champs. Cette pratique apporte beaucoup au monde rural dans le sens qu'elle empêche les animaux divagants d'accéder aux champs mais elle aide surtout à délimiter les propriétés foncières. De plus, elle permet de lutter contre l'érosion éolienne et hydrique.

La présence de JCL dans les champs a souvent un effet positif sur certaines cultures vivrières. Domergue et Pirot (2008), recommandent que pour la mise en place d'une culture intercalaire entre des haies de *Jatropha*, il est préférable que les plants de *Jatropha* soient issus de graines et non de boutures, car ces dernières développent des racines latérales peu profondes qui risquent d'exploiter les mêmes horizons pédologiques que la culture associée.

Drummond *et al.* (1984) ont noté un bon comportement des cultures intercalaires de haricot, d'arachide et de sorgho. De même, Saturnino *et al.* (2005), ont testé avec succès deux cultures intercalaires de maïs (destiné à l'alimentation des vaches) et de concombre (destiné à l'industrie). Les rendements étaient meilleurs durant les deux premières années. A partir de la troisième année, il s'est avéré nécessaire de diminuer la densité des plantations de JCL.

Depuis l'avènement de la recherche de l'énergie verte, *Jatropha curcas L.* étant une espèce non alimentaire est une cible potentielle pour la production de biocarburant dans beaucoup de programmes de développement (exemple : l'Association d'Entraide pour le Développement Rural (AEDR), une association à but non lucratif basée au Mali ; le programme spécial de *Jatropha curcas L.* lancé en 2007 au Sénégal etc.). Par ailleurs, le développement des biocarburants crée de nouvelles filières agricoles qui pourraient offrir des créneaux porteurs pour les agriculteurs des pays non producteurs de pétrole (PNPP). Dans cette même lancée, la société commerciale du ciment du Sénégal (SOCOCIM Industrie) a planté *Jatropha curcas L.* depuis 2008 à côté des carrières d'extraction de calcaire sur plusieurs hectares dans le but de produire du biocarburant. Les rendements étant très faibles dans le site, cette dernière utilise les fruits à d'autres fins. Quelle réponse faudrait-il apporter pour que la SOCOCIM atteigne son premier objectif, la production de biocarburant. Toutefois, force est de reconnaître que peu d'information existe sur l'augmentation du rendement et l'amélioration de la croissance des plants de *Jatropha curcas L.* dans ces sols non fertile.

L'objectif général est de comprendre l'apport du travail du sol et de la gestion des plants sur le développement et la productivité de *Jatropha curcas L.* Afin d'apporter une contribution à l'amélioration de la production des plants de JCL, ce travail vise de façon spécifique à :

1. étudier les caractéristiques du développement et de la productivité des plants de JCL en fonction du travail du sol et de la provenance ;

2. déterminer les effets de la taille de gestion et de la provenance sur (i) le rendement et les performances (croissance des fruits), (ii) la vigueur des graines, la teneur et la qualité de l'huile des graines de JCL en fonction de l'état de maturité des fruits.

C'est pourquoi les deux hypothèses suivantes sont vérifiées dans la présente étude:

- la provenance et la préparation du sol (sous solage) ont un effet sur la croissance et sur certains traits fonctionnels foliaires de *Jatropha curcas L.* ;
- les tailles de gestion ont une influence sur le rendement des fruits et que le stade de maturité des fruits ait un effet sur la teneur et la qualité de l'huile des graines de *Jatropha curcas L* de deux provenances.

Ce document est structuré en 4 chapitres :

- **Le premier chapitre** du manuscrit porte sur l'état des connaissances de *Jatropha curcas L.* ;
- **Le deuxième chapitre** de ce travail est consacré à l'étude du milieu ;
- **Le troisième chapitre** est destiné à la caractérisation du développement et de la productivité de la plantation de *Jatropha curcas* en fonction du travail du sol et de la provenance à Bargny ;
- **Le dernier chapitre** est consacré à l'étude de l'effet des tailles de gestion et de la maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas L.*

A decorative horizontal scroll with a black outline and a 3D effect, featuring a small circular detail at the top right corner.

Chapitre 1 : Etat des connaissances de
Jatropha curcas L.

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

Ce chapitre comprend cinq parties qui sont :

- aire de distribution et description botanique ;
- écologie, plantation et méthodes de cultures ;
- dispositifs de mise en place et leurs effets sur les plantations ;
- qualité agronomique de *Jatropha curcas* L. et protection de l'environnement et des cultures;
- rendement et caractéristiques physicochimiques de l'huile de *Jatropha curcas* L.

La première partie montre l'aire de distribution de l'espèce dans le monde et au Sénégal. La seconde partie décrit les facteurs écologiques de l'espèce, les méthodes de cultures et plantation. La troisième partie présente quelques dispositifs de mise en place et leurs effets sur les plantations. La quatrième partie décrit comment la plante peut contribuer à la restructuration et à la régénération des sols mais aussi à la protection de l'environnement et des cultures. Enfin la cinquième partie montre la teneur et les caractéristiques physicochimiques de l'huile des graines de *Jatropha curcas* L.

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

Introduction

Dans un monde où l'énergie est devenue une préoccupation essentielle pour les acteurs économiques, les biocarburants connaissent un développement sans précédent. Une évolution, encouragée par certains ou dénoncée par d'autres, qui vise à la fois à diminuer la dépendance énergétique vis-à-vis des ressources d'origine fossile et à limiter les émissions de gaz à effet serre dont l'influence sur le réchauffement climatique est une question sérieuse d'actualité.

L'énergie verte se présente comme un cycle fermé contrairement à l'énergie fossile dont le cycle est ouvert, elle est aujourd'hui une des alternatives potentielles. Ainsi, dans le souci de la protection des cultures vivrières et compte tenu de sa grande plasticité, *Jatropha curcas* L. suscite de plus en plus un intérêt pour la production des biocarburants.

Ce premier chapitre présente les connaissances générales sur *Jatropha curcas* L.

I. Aire de distribution et description botanique

1. Aire de distribution dans le monde

Jatropha curcas L. est probablement originaire du Mexique ou des régions voisines d'Amérique centrale, qui sont les seuls endroits où il a été souvent collecté dans des milieux non perturbés. Des navigateurs portugais l'ont introduit au Cap-Vert où il est devenu une culture d'exploitation. Il s'est répandu dans le monde entier et il est aujourd'hui naturalisé dans toutes les régions tropicales et subtropicales (Formad, 2013).

Henning et Ramorafeno (2005) confirment aussi que *Jatropha curcas* L. est originaire de l'Amérique Centrale et a été introduit via les îles du Cap Vert dans différents pays d'Afrique et d'Asie. Aujourd'hui, cette plante est largement cultivée dans la plupart des régions tropicales et subtropicales sèches (Henning et Ramorafeno, 2005).



Figure 1. Distribution de *Jatropha curcas* L. dans le monde (Heller, 1996)

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

2. Répartition de la plante au Sénégal

Jatropha pousse naturellement au Sénégal ou il est planté comme haie vive autour des champs ou des maisons. Avec l'avènement des biocarburants, les plantations industrielles ont vu le jour, notamment celles de la société commerciale du ciment (SOCOCIM) à Bargny, Pout et Touba. Il semble actuellement que *Jatropha curcas* L. soit présent dans toutes les régions du Sénégal. De même, des projets d'exploitation de la filière *Jatropha* se sont implantés dans plusieurs localités du Sénégal.

Barbier *et al.* (2012) rapportent que *Jatropha* (ou Tabanani en langue locale wolof), est surtout planté en haies vives pour la délimitation de parcelles cultivées ou de concessions. Cette espèce (*Jatropha curcas* L.) est présente depuis plusieurs décennies au Sénégal (Barbier *et al.*, 2012). Dans les Communautés rurales de Fongomlimbi et de Diomboly (Département de Kédougou), Barbier *et al.* (2012) notent que la majorité des maisons sont clôturées par des haies de *Jatropha*, présentes, selon les témoignages, depuis plus de 60 ans.

Dans plusieurs villages de la Casamance, on retrouve également cette plante en tant que haie autour des maisons comme c'est le cas dans le village d'Affiniame. Dans la zone de Dialacoto, il existait de nombreuses haies de *Jatropha* mais, il y a environ 20 ans, beaucoup ont été arrachées, car une croyance locale stipule que « la présence de *Jatropha* autour des maisons fait voyager les hommes de la famille... » (Barbier *et al.*, 2012).

Afin de réduire leurs dépenses vis-à-vis des énergies fossiles, plusieurs pays africains dont le Sénégal, se sont aujourd'hui lancés dans la culture du *Jatropha*. Le Sénégal a démarré en 2007 un programme national sur les biocarburants à base de *Jatropha*. Il projetait de planter 1000 hectares dans chaque communauté rurale du pays et envisageait la production de 1 190 000 000 de litres de *Jatropha curcas* L. par an à partir de 2012 (Barbier *et al.* 2012).

A Bargny (région de Dakar), Legendre (2012), rapporte que le projet de la SOCOCIM cible la plantation de 11.000 ha de *Jatropha*, sur des terres « marginales », dans un rayon de 150 km autour de la cimenterie. Le coût d'établissement de ces plantations (20 millions d'Euros, soit 1,2 milliard F CFA par ha) représente environ 65% de l'investissement total ; il inclut la production de plants en pépinière, le travail du sol et la plantation des arbres.

La SOCOCIM envisageait une production de fruits comprise entre 6 et 10 tonnes par ha, ce qui correspond à un rendement en graines de 5t/ha en moyenne, donc parmi les plus élevés au monde, qui sera obtenu sans irrigation hormis les 6 premiers mois et sans aucun apport d'intrant chimique.

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

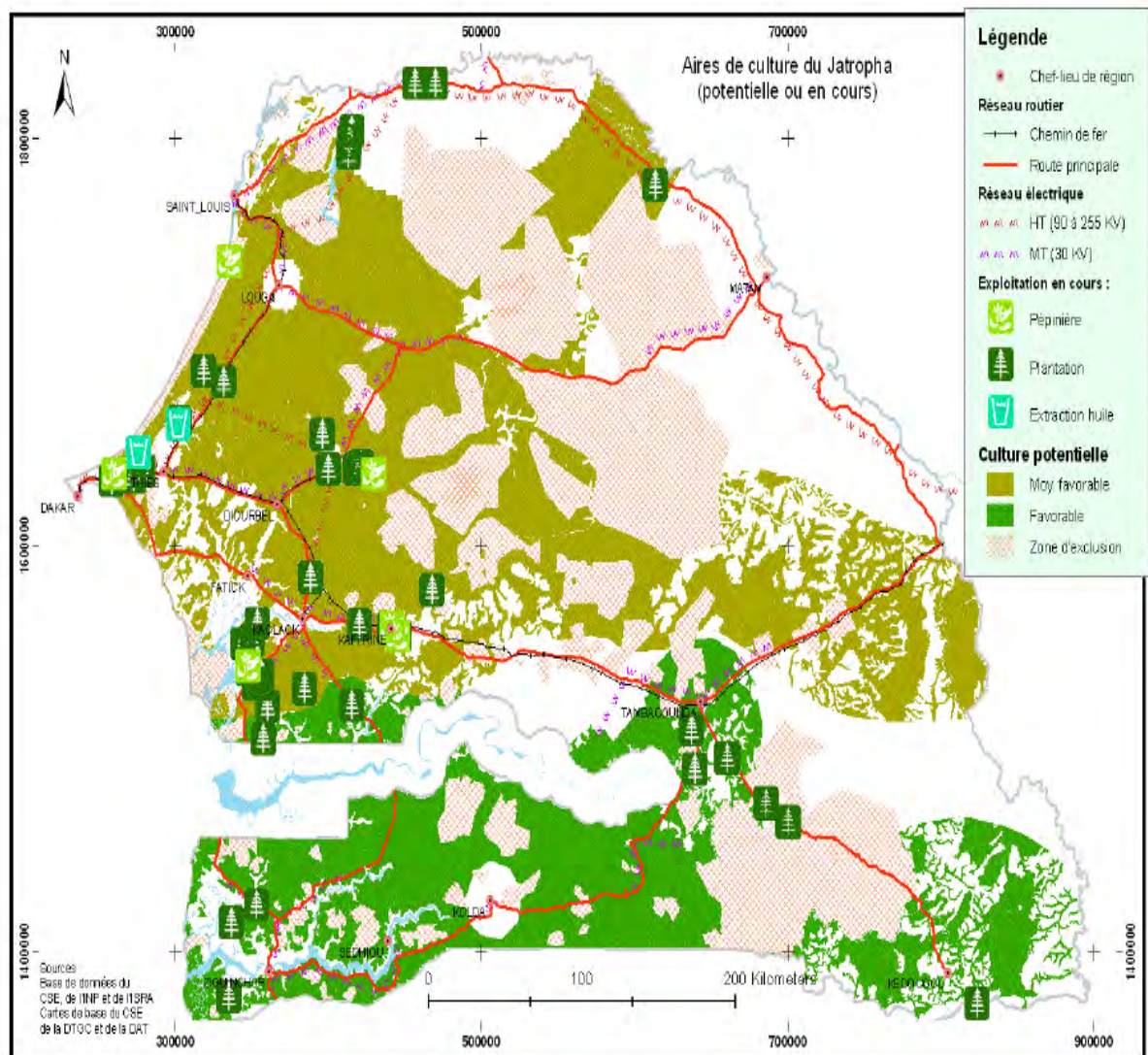


Figure 2. Carte des plantations de *Jatropha* superposées à ces potentialités au Sénégal.

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

3. Botanique

Le genre *Jatropha* appartient à la tribu *Jatropheae* de la sous-famille des *Crotonoideae*. Il comprend environ 170 espèces, dont la plupart se trouvent dans des régions tempérées chaudes et subtropicales ainsi que dans les tropiques à saison sèche. *J. curcas* est un petit arbre ou un grand arbuste qui peut atteindre 5 m de haut. Sa durée de vie est supérieure à 50 ans. *J. curcas* est une espèce résistante à la sécheresse; il est largement cultivé sous les tropiques comme haie vive car il n'est pas brouté par les animaux (Henning *et al.*, 2005).

Les graines sont toxiques pour les humains et pour beaucoup d'animaux. À cause de ces propriétés, les plants de *Jatropha* sont plantés sous forme de haies défensives dans la plupart des pays (Henning *et al.*, 2005).

Les espèces de *Jatropha* possèdent toutes des chromosomes de très petite taille (longueur moyenne entre 1 et 3,7 μm). Une cellule diploïde de *Jatropha* possède un nombre chromosomique égal à $2n = 2x = 22$ (Soontornchainaksaeng *et al.*, 2003). Cet arbre possède un tronc droit avec une écorce grise ou rougeâtre masquée par de grandes taches blanches. Les feuilles sont vertes avec une longueur et une largeur qui varie entre 6 et 15 cm (Gupta, 1985).

3.1. La floraison

Jatropha curcas L. se caractérise par une inflorescence en grappe formée par des fleurs unisexuées, composées à la fois de fleurs mâles et de fleurs femelles qui possèdent cinq sépales et cinq pétales. En général, les fleurs mâles se caractérisent par 10 étamines réparties sur deux verticilles alors que les fleurs femelles possèdent trois carpelles et deux stigmates fendus. Les premières fleurs peuvent apparaître dès la première année quand les conditions sont favorables (Pirot et Hamel 2012). Généralement c'est plutôt les années suivantes.

L'inflorescence est le plus souvent proche de l'extrémité des pousses de l'année. Le bouquet floral est appelé cime composée. *Jatropha* est une plante monoïque à fleurs diclines: les fleurs sont de sexes séparés mais se trouvent sur la même plante. La corolle, de teinte verte, est composée de 5 pétales alternant avec 5 sépales plus courts. Les fleurs mâles sont plus nombreuses, elles occupent la périphérie de l'inflorescence. Les fleurs femelles, un peu plus grandes, occupent le centre de l'inflorescence et possèdent un pédoncule plus court que les fleurs mâles.



Figure 3. Inflorescence des fleurs de *Jatropha curcas* L.

Dans les régions où s'alternent les saisons sèches et humides, la floraison semble induite par le début de la saison des pluies (Piro et Hamel, 2012). D'après Legendre (2008), la floraison (et donc la production de graines) est continue dans les régions équatoriales humides. La floraison de *Jatropha* est sensible au stress hydrique (la floraison est déclenchée par la reprise de l'approvisionnement en eau après une période de sécheresse). Ainsi, l'irrigation permet de réaliser 3 récoltes en 2 ans (Legendre, 2008). Selon Legendre (2008), le nombre de pics de floraison dépend non seulement de l'humidité, mais également de la disponibilité en éléments nutritifs. Dans certains endroits il a été observé jusqu'à 5 pics de floraison durant la saison.

Les fleurs mâles s'ouvrent pendant 8-10 jours, alors que les fleurs femelles s'ouvrent seulement pour 2-4 jours au début de la floraison des fleurs mâles (Piro et Hamel, 2012). Ce décalage facilite les fécondations croisées. La pollinisation est faite par les insectes, abeilles, mouches et fourmis.

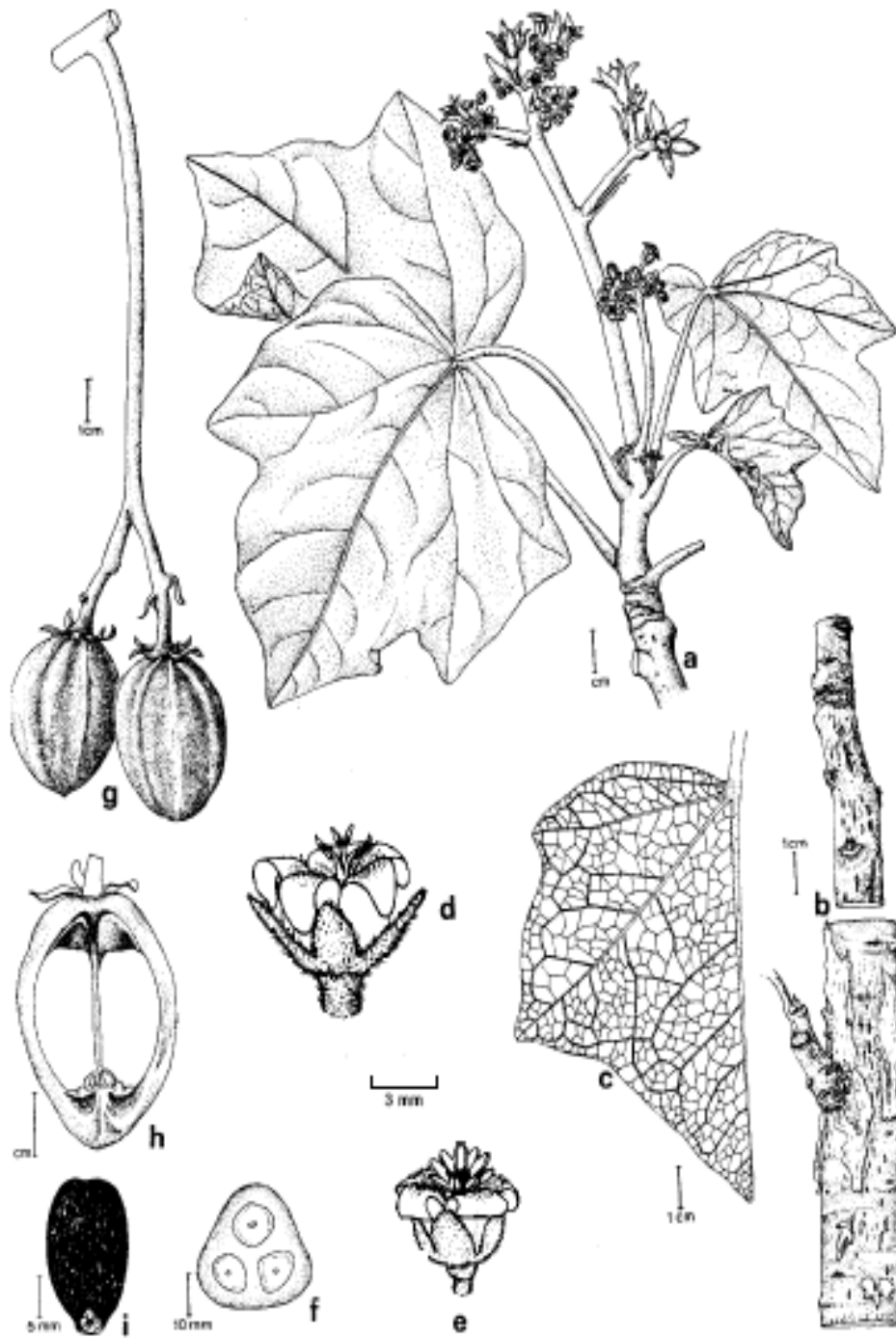


Figure 4. Les différentes parties d'un plant de *Jatropha curcas* L. (Heller, 1996).
a- inflorescence terminale, b- écorce, c- feuille, d- fleur pistillée, e- fleur staminée, f- coupe transversale d'un fruit immature, g- fruit, h- coupe longitudinale du fruit et i- graine.

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

3.2. *Fruits et graines*

La production de graines mûres a lieu 90 jours après la floraison (Legendre, 2008). Dans ce même ordre d'idées, Pirot et Hamel (2012) ont montré que la maturité du fruit est atteinte 3 à 4 mois après la fécondation. Le fruit jaune est une capsule presque sphérique, de 3 - 4 cm de long et 2,5 - 3 cm d'épaisseur, à généralement trois loges séparées (ou carpelles) contenant chacune une graine.

Le fruit est vert lorsqu'il se forme, puis il jaunit avec le temps et devient rouge-noir ridé et rugueux. Le fruit qui a atteint sa maturité physiologique contient des graines de couleur noire avec albumens oléagineux, blancs et charnus. Trente (30) kg de fruits donnent environ 18 kg de graines (Legendre, 2008). Le poids de 1000 graines pèse environ 730 g et un fruit mûr pèse entre 1,5 et 3 g (Pirot et Hamel, 2012).

Les graines mûres, 1 à 3 par fruit, sont de couleur brun foncé tirant vers le noir. De forme ovale allongée, elles sont enveloppées d'un tégument extérieur très dur à cassure nette, souvent appelé coque. Sous ce tégument, une pellicule blanche (tégument intérieur) recouvre l'amande. Cette dernière est formée d'un albumen huileux blanchâtre contenant l'embryon pourvu de deux larges cotylédons aplatis. Les graines représentent 53 à 62% du poids du fruit sec (Pirot et Hamel, 2012). Le poids des graines varie entre 0,5 et 0,8 g et leurs dimensions tournent autour de 16 -18 mm de long, 10 -11 mm de large et 8 - 9 mm d'épaisseur (Pirot et Hamel, 2012).

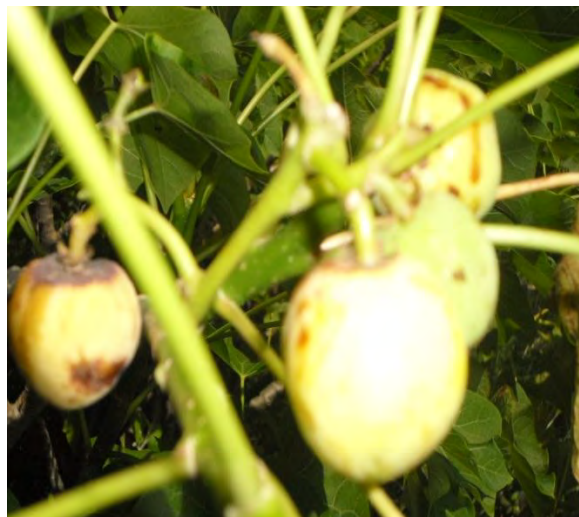
3.3. *Germination*

D'après Münch (1986), la germination est induite par le changement d'humidité dans l'air, à la suite d'une période de sécheresse. Heller (1996) compte 1 à 4 semaines pour la germination et affirme que le tégument externe éclate pour laisser passer la racine principale pivotante qui se courbe pour s'enfoncer dans le sol. D'après Tchobsala *et al.* (2009), *Jatropha curcas* L. est une Euphorbiacées qui peut facilement germer et se développer sur les sols marginaux. Son taux de germination varie en fonction des types d'implantation. Tchobsala *et al.* (2009), révèlent que le semis direct est très sensible à la microfaune et à la microflore. Dans le même sillage, Samba *et al.*, (2007) ont obtenu un taux de germination des graines de 86% après 15 jours de semis sur les planches.

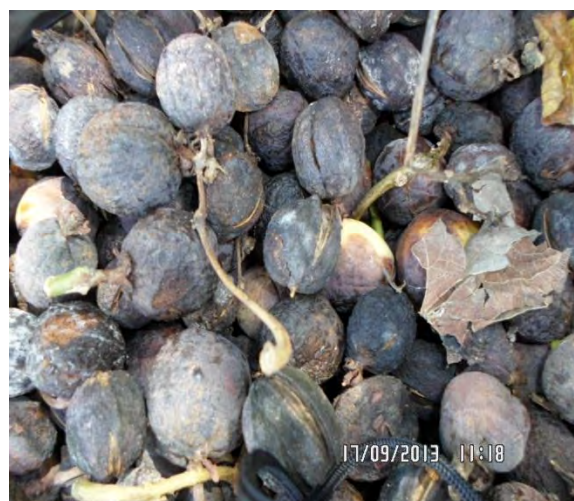
Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.



a-Stade fruit vert



b-Stade fruit jaune



c-Stade fruit marron/noir

Figure 5. Fruits de *Jatropha curcas* L. à différents stades de maturité à Bargny (Barro *et al.*, 2013)

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

II. Ecologie, plantation et méthodes de culture

1. *Ecologie de Jatropha curcas* L.

1.1. *Climat*

▪ *Température*

Jatropha curcas est présent dans les climats tropicaux semi-arides et subtropicaux chauds. Il s'adapte à des températures moyennes variant de 20 à 32 °C (Barbier *et al.*, 2012). *Jatropha* aime ainsi la chaleur: sa température optimale se situe entre 25 et 30 °C, même s'il arrive à pousser dans des zones plus fraîches (Piro et Hamel, 2012). C'est une plante héliophile que l'on peut retrouver à des altitudes variant de 0 à 1500 m au-dessus du niveau de la mer. Il ne supporte pas le gel bien que Piro et Hamel (2012) aient noté que certains écotypes, cultivés en altitude, peuvent supporter un gel léger.

▪ *Pluviométrie*

JCL est adapté à des pluviométries allant de 600 à 1200 mm (Legendre, 2008) ou plus. La pluviométrie peut même être plus faible (250 mm dans les îles du Cap Vert) si l'hygrométrie est élevée. Il est très résistant à la sécheresse et peut supporter deux ans sans eau (Legendre, 2008). JCL peut ainsi traverser de longues périodes de sécheresse sans mourir, il perd simplement une partie de ses feuilles. Les mécanismes de cette adaptation sont expliqués par la particularité de JCL d'être une plante succulente: ses racines et son tronc pouvant stocker et accumuler beaucoup d'eau en peu de temps.

Selon Barbier *et al.* (2012), JCL se rencontre naturellement dans les milieux tropicaux et subtropicaux, en zones arides et semi-arides (300 - 1500 mm / an), mais aussi dans les zones humides (1500 - 3000 mm / an). Dans les climats tropicaux semi-arides et subtropicaux chauds, JCL est présent dans les isohyètes 300 - 600 mm (Formad, 2013).

Piro et Hamel (2012) pensent aussi que JCL est une plante très résistante à la sécheresse. Mais même si elle peut se maintenir dans des zones de 300 mm de pluies/an, son potentiel de production s'exprime mieux dans les isohyètes 1000 - 1300 mm. Trabucco *et al.* 2010 ont également observé que JCL peut pousser dans des zones à faible pluviométrie, mais qu'il se développe mieux dans des régions où il pleut entre 1200 et 1500 mm / an.

Le minimum nécessaire pour obtenir une bonne récolte est estimé à 600 mm/an par Piro et Hamel (2012), alors que Formad (2013) a noté qu'une production d'huile de JCL rentable

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

exige au moins 750 mm de précipitations/an ou, à défaut, un apport complémentaire d'eau par irrigation.

Lorsqu'un approvisionnement en eau suffisant est assuré, la densité de plantation peut atteindre 2500 pieds/ha (écartement de 2 x 2 m). Legendre (2008) souligne que diverses techniques agricoles faciliteront l'implantation de la plantation en améliorant l'approvisionnement en eau des jeunes plants: un apport de matière organique (fumier) à l'emplacement des poquets améliorera la capacité de rétention en eau du sol, et un mulching (paillage en surface) une fois les plants développés (par exemple à l'occasion du premier désherbage) réduira l'évaporation.

1.2. *Le sol*

Jatropha s'accommode bien à la plupart des conditions édaphiques. JCL peut pousser sur des sols dégradés, sablonneux ou caillouteux et même sur des sols salins à faible teneur en nutriments, mais il ne peut survivre dans des terrains engorgés (Formad, 2013). Les sols argileux conviennent ainsi mal à *Jatropha* (Legendre, 2008 ; Pirot et Hamel 2012), sa croissance racinaire est en effet réduite dans les sols lourds et compacts et la plante est sensible à l'engorgement qui peut se produire dans ce type de sol. D'une manière générale, *Jatropha* ne doit pas être implanté dans un sol présentant un risque d'engorgement, même éphémère.

Jatropha est adapté aux sols marginaux, c'est-à-dire peu fertiles et impropres à la culture, avec une faible teneur en éléments nutritifs (Pirot et Hamel 2012). Il est également capable de croître entre les rochers sous lesquels il y a un peu de terre. Son système racinaire développé lui permet en effet de mobiliser les éléments des couches profondes du sol. Ce système racinaire, grâce à sa croissance rapide et sa forte ramification, semble également intéressant pour lutter contre l'érosion. Les expériences menées dans ce type de sol montrent que le *Jatropha* peut donner une production raisonnable, à condition de lui apporter l'entretien nécessaire en phase de croissance, de maintenir la production en ajoutant certains intrants (azote et phosphore).

Pirot et Hamel (2012) précisent toutefois que la plante préfère les sols profonds, de texture sableuse, à structure grumeleuse, où son système racinaire peut se développer de manière optimale. JCL exige ainsi des sols peu lourds, notamment dans les zones à forte pluviométrie. Une production d'huile de JCL rentable nécessite des sols bien drainés, de qualité acceptable aux plans physique et chimique. Sur des sols pauvres et/ou lourds, son développement et sa production sont limités (Barbier *et al.*, 2012).

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

2. Plantation et méthodes de cultures

On peut reproduire le *Jatropha* de différentes façons: par bouturage, par repiquage de plants élevés en pépinière ou par semis direct suivant divers dispositifs.

2.1. *Le bouturage*

Le bouturage est l'une des meilleures solutions pour implanter une haie de JCL (Legendre, 2008). Il est effectué en fin de saison sèche, en utilisant des rameaux de 4 nœuds (environ 30 cm de long) prélevés de préférence sur des plants adultes. Dès les premières pluies la plante se développe rapidement et le taux de reprise est en général très élevé. L'entrée en production est également plus rapide que celle des plants issus de semis (Legendre, 2008).

Par contre, les boutures résistent moins bien aux aléas pluviométriques et ne sont pas recommandées pour l'établissement d'une plantation dont l'objectif principal est la production d'huile (Legendre, 2008). De même, c'est une méthode de propagation qui est surtout pratiquée traditionnellement. Elle n'est pas adaptée à la mise en place de nombreux plants. Elle est cependant couramment utilisée pour effectuer les regarnis des pieds manquants ou dans le cas d'expérimentation variétale où l'on a besoin de plants absolument identiques (Pirot et Hamel, 2012).

En effet, les boutures ne développent pas de racine pivot leur permettant de rechercher les ressources en eau en profondeur (Legendre, 2008). Parfois une des racines latérales s'incurve pour se développer sous forme d'une pseudo-racine pivot, mais elle n'atteint jamais plus de la moitié ou les 2/3 d'une racine pivot normale d'un plant de JCL poussant dans les mêmes conditions (Legendre, 2008).

Pour avoir le maximum de chances de survie, Pirot et Hamel (2012) rapportent que les boutures doivent être choisies de la manière suivante:

- ✓ provenir de la partie la plus proche possible du tronc;
- ✓ ne pas être trop grosses (1 à 2 cm de diamètre);
- ✓ avoir de courtes distances d'entre-nœuds;
- ✓ être les plus droites possible;
- ✓ avoir une écorce lisse, grise et brillante (il ne faut jamais utiliser les branches tachetées ou aux écorces soulevées car elles sont malades).

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

2.2. *Plantation de plants élevés en gaine*

Le repiquage de plants élevés en pépinière dans des sachets en polyéthylène et âgés de 3 mois a l'avantage d'assurer l'établissement rapide d'une plantation (le taux de survie peut avoisiner 100%) et de permettre une entrée en production précoce (dès la 2^{ème} année) (Legendre, 2008). Il permet d'assurer une bonne implantation et d'avoir des plants plus vigoureux (Pirot et Hamel, 2012). Les plants sont plus résistants, du fait de leur pivot central qui se développe profondément, contrairement aux plants issus de boutures qui ne produisent que des racines superficielles.

C'est certes une technique plus coûteuse, mais elle donne les meilleurs résultats de plantation. Cette méthode est la plus adaptée pour les zones semi-arides. Cependant la création et la gestion de pépinières, le transfert des plants sur les sites, la préparation du sol avant plantation (trouaison) imposent une logistique, une mobilisation de main d'œuvre et des investissements qui rendent difficiles son application à grande échelle par des organisations paysannes.

2.2.1. *Le semis direct*

Le semis direct de graines (pré - germées ou non) est un moyen de multiplication des plants de *Jatropha curcas*. Il se fait par poquets de 3 graines, à 3 - 4 cm de profondeur, dès la première pluie utile (10 mm) (Legendre, 2008). D'une manière générale, les conditions de préparation et de stockage des graines vont directement influencer leur qualité. Pirot et Hamel (2012) estiment qu'un lot de graines de *Jatropha* perd entre 30 et 50% de son pouvoir germinatif en un an quelque soit les conditions. Lorsque ces conditions sont mauvaises, on risque une perte importante du pouvoir germinatif. Il faut stocker les graines dans un endroit frais afin de garantir un taux de germination élevé (Pirot et Hamel, 2012).

Les fruits dont les graines sont destinées au semis doivent être récoltés immédiatement après maturation afin d'éviter les risques de contamination par des champignons. Il est préférable d'utiliser uniquement des graines issues de la dernière récolte, car le pouvoir germinatif diminue rapidement. Certaines sources recommandent de laisser tremper les graines pendant 12 heures dans de l'eau froide avant le semis. Au bout d'un mois environ, un démariage permet de ne conserver à chaque emplacement (poquet) que le plant le plus vigoureux.

2.2.2. *Culture in vitro de Jatropha curcas* L.

Parmi les différentes techniques élaborées pour la multiplication *in vitro* de *Jatropha curcas*, Samson *et al.* (2011) distinguent la micro propagation par bourgeonnement axillaire ou adventif et l'embryogenèse somatique. Le principe de la culture *in vitro* des végétaux est de

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

cultiver des explants en conditions axéniques sur des milieux nutritifs qui sont également favorables au développement de micro-organismes. Il s'agit ensuite de définir les milieux ainsi que les conditions de culture à appliquer aux techniques de multiplication *in vitro* choisies pour obtenir des taux de multiplication assez élevés pour rendre l'opération rentable (Samson *et al.*, 2011).

2.2.3. Conduite des plantations

Les arbres sont taillés deux ou trois fois au cours des deux premières années, la première fois à 25 cm (Legendre, 2008). Une bonne ramification, précoce, constitue un facteur important de rendement de la plantation; les inflorescences ne se développant qu'en bout de branches. Plus l'arbre porte de branches, plus il est productif (Legendre, 2008).

Ainsi, pour qu'un arbre de trois ans produise 1 kg de graines, il doit compter au moins 24 à 30 branches secondaires ou tertiaires (à chaque rabattage, quatre nouvelles branches se forment au niveau du nœud ciblé) (Legendre, 2008). Par la suite une taille d'entretien maintiendra les arbres à une hauteur maximale de 2 m afin de faciliter la récolte.

Pirot et Hamel (2012) affirme qu'il existe deux formes de taille: la taille de formation, destinée à donner une forme à l'arbre afin de faciliter les opérations culturales, notamment la récolte, et la taille de fructification, pour augmenter et régulariser la floraison, donc le rendement. Si la nécessité de la taille ne fait plus aucun doute, au moins pour faciliter l'opération de récolte, les expérimentations ne nous ont pas permis de fixer le moment de la réaliser.

En fait pour la taille de fin de saison sèche, il ne faut pas attendre trop longtemps pour la pratiquer. En effet, dans certaines régions où l'air s'humidifie fortement en fin de saison sèche, *Jatropha* commence à produire de nouvelles feuilles. Il faut donc impérativement faire la taille juste au début de leur apparition. Si l'on attend que les feuilles soient bien développées pour effectuer cette taille de fin de saison sèche, on risque de "fatiguer" le plant qui doit émettre de nouvelles feuilles après la taille. Cet "effort" peut retarder la floraison du plant et risque de limiter la production de fruits.

Des protocoles ont été proposés pour augmenter la ramification des plants de *Jatropha curcas* L. dont quelques-uns sont décrits dans les lignes suivantes.

Henning (2007) : Pour obtenir une ramification précoce telle qu'il l'a observée chez un producteur brésilien dont la plantation présente un rendement intéressant, Reinhard Henning conseille de tailler les nouvelles pousses durant les 3 premières années. Lorsqu'elles atteignent une longueur de 60 cm, il préconise de couper 50 cm et de laisser 10 cm de ma-

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

nière à ce que de nouvelles branches puissent se développer. L'avantage de cette taille est de permettre de garder un port assez bas qui facilite la récolte des fruits, facteur important à prendre en compte dans la faisabilité d'une plantation de *Jatropha curcas* L.

Gour *et al.* (2006) propose le protocole suivant : Dès l'âge de 6 mois, pratiquer un pincement des terminaux à environ 30 cm de l'apex, afin d'induire des rameaux latéraux. A la fin de la première année, les branches secondaires et tertiaires doivent être à leur tour pincées, ou taillées, de manière à obtenir un minimum de 25 branches. En deuxième année, chaque branche doit être coupée aux 2/3 (obtention de 35 – 40 branches en fin de deuxième année). Les années suivantes, la taille peut être poursuivie, en fonction de la croissance de la plante.

Dans le rapport d'experts de la Commission européenne (Rijssenbeek *et al.*, 2007), il est mentionné qu'une branche taillée va former 3 à 5 nouvelles pousses, et que la coupe peut être répétée tous les 6 à 8 semaines pendant les 2 ou 3 premières années de plantation, afin d'obtenir une plante très touffue avec un grand nombre de branches, et sans doute un rendement élevé.

III. Dispositifs de mise en place et leurs effets sur les plantations

Dans le cas de faible disponibilité en terres, la culture traditionnelle en haie peut être utilisée avec une densité de deux plants au mètre linéaire. Ce système a de nombreux avantages:

- d'un point de vue foncier, celui de délimiter les parcelles;
- et du point de vue système de culture, *Jatropha* avec son système racinaire profond, permet de valoriser les éléments fertilisants apportés sur la parcelle qu'il borde et qui n'ont pas été utilisés par la culture en place.

Dans des plantations en plein champ (par semis direct, bouturage ou avec des plants élevés en pépinière dans des gaines), suivant un écartement de 2 m x 2 m, Nguema *et al.* (2013) ont montré que les plants issus du semis direct ont une croissance rapide traduisant un gain de matière important durant la période d'observation.

La conduite des plants issus du semis en gaines induit une croissance des plantules qui ne présentent pas de grande différence avec les plants issus du semis direct. Par contre, le bouturage donne un taux de survie plus faible, mais avec un développement rapide qui se matérialise par une floraison précoce. Selon Nguema *et al.* (2013), la multiplication de *Jatropha cur-*

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

cas par semis direct est la meilleure voie pour l'exploitation de l'espèce dans ce type de dispositif.

Tchobsala *et al.* (2009) ont noté que la technique du germoir améliore le taux de germination et la survie des plants de *Jatropha curcas* par rapport au semis direct d'une part et que les doses de 100g/plant de NPK et de 2kg/plant de bouse de vache associés à la technique du germoir améliorent le développement et la croissance de *Jatropha curcas*, d'autre part.

Rosiane *et al.* (2015) avaient évalué la nutrition des plantes de *Jatropha* par la fertilisation avec du fumier de bovins et de phosphate de roche en conditions pluviales. L'essai a été mené dans une conception de bloc randomisé, 3 répétitions et distribués dans un factoriel 4 x 4, composée de 4 doses de fumier de bovins (0, 4, 8 et 12 T-1 ha) et 4 niveaux de phosphate naturel (0, 250, 500 et 750 kg ha⁻¹). L'application de 8 t ha⁻¹ de fumier de bovins, soit seul ou associé avec 500 kg ha⁻¹ de la roche phosphatée, a offert des conditions propices pour l'obtention de plantes de *jatropha* avec des niveaux jugée suffisante (g kg⁻¹) C (29,8), P (5,1), K (33,8), Ca (17,1), Mg (14,0) et S (2,6) et de micronutriments (Cu = 29,8 et Mn = 94,4 mg kg⁻¹) dans les feuilles de cet oléagineux.

IV. Qualité agronomique de *Jatropha curcas* L. et protection de l'environnement et des cultures

1. Qualité agronomique de *Jatropha curcas* L.

Certaines caractéristiques font de *Jatropha* une plante pouvant contribuer à la restructuration et à la régénération des sols. Sa racine pivot puise en profondeur des minéraux et les ramène à la surface (Legendre, 2008). De même, les racines latérales, proches de la surface, fixent le sol ; *Jatropha* est ainsi utilisé pour stabiliser les diguettes. Les feuilles tombent en saison sèche (pour réduire l'évaporation) et viennent enrichir le sol en matière organique (Legendre, 2008; Barro, 2010).

Les chiffres concernant la quantité de graines produite par plante ou par hectare, c'est à dire le rendement, présents dans la littérature diffèrent fortement. En effet, le rendement dépend de la variété utilisée, du type et de l'âge de la plantation, de la fertilité des sols, du climat local et des intrants agronomiques.

Une majorité de producteurs s'accordent à dire qu'ils varient entre 3 à 5 tonnes/ha (Reinhard et Henning, 2009). Actuellement, il est reconnu que le rendement augmente significativement avec l'utilisation d'engrais sur un terrain irrigué. S'il est vrai que *Jatropha* pousse sans trop de difficultés sur une terre pauvre, il serait imprudent d'en espérer de bons rendements.

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

Dans les perspectives d'améliorer le rendement des plants de *Jatropha curcas*, les travaux d'Opoku (2015) montrent que la fertilisation du sol avec le tourteau de *Jatropha* ou avec l'engrais chimique (NPK) ou les deux combinés donnent de meilleurs résultats sur la croissance et le rendement des plants par rapport au témoin. Les plantes qui ont reçu le tourteau de *Jatropha* seulement ont répondu en retard, mais ont enregistré des hauteurs, des diamètres et le nombre de branches similaires à ceux qui ont reçu l'engrais NPK et leurs combinaisons avec le tourteau de *Jatropha*. La combinaison des deux amendements, organiques et inorganiques a augmenté la croissance végétative (nombre de feuilles, hauteur de la tige, diamètre de la tige et le nombre de branches) à toutes les étapes de la vie de la plante.

Stephen et Hope (2015) ont étudié l'effet des types de sols sur la croissance de *Jatropha curcas*. Leurs résultats ont révélé que les plants de *Jatropha* ont résisté mieux dans un sol sablonneux et limoneux pour la plupart des paramètres testés par rapport aux autres sols (argile).

Jingura et Kamusoko (2015) ont montré qu'en Afrique subsaharienne la culture du *Jatropha* a donné de faibles rendements de semences (entre 0,1 et 2 t / ha). Selon ces auteurs, cela a conduit à des rendements en huile qui ne sont pas suffisamment viable pour une utilisation dans la production de biocarburants comme le biodiesel. Il ya également eu des défis rapportés à la production sur des terres incultes, à la faible utilisation d'intrants, du matériel de plantation non améliorées et la vulnérabilité aux maladies et ravageurs. Celles-ci ont affecté négativement la performance de *Jatropha* provoquant les revendications initiales faites au sujet de cette culture de l'énergie (Jingura et Kamusoko, 2015).

2. Protection de l'environnement et des cultures

Jatropha curcas est une espèce succulente. Son adaptation est liée à sa capacité de stocker de l'eau dans les feuilles, les tiges ou les racines. Elle stocke ainsi beaucoup d'eau dans ses organes. Legendre (2008) révèle que lors d'un feu de brousse, une partie de la plante est détruite, mais grâce à l'eau contenue dans la plante, elle résiste au feu. La plante pourrait également résister au prochain feu de brousse parce qu'elle repousse très vite.

Legendre (2008) affirme qu'une haie de *Jatropha curcas* peut donc servir de pare - feu. En outre, étant donné ses propriétés répulsives, la plante n'est pas broutée par les animaux à l'état frais. C'est la raison pour laquelle elle est couramment utilisée pour la protection des cultures vivrières (Legendre, 2008).

Considérée comme une source d'énergie alternative, l'huile de *Jatropha curcas* constitue une solution pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, ce qui a amené beaucoup de

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

pays en développement à s'engager dans la promotion des biocarburants en choisissant *Jatropha curcas* L. Les travaux de Sidibé *et al.* (2011) confirment cette assertion et montrent que les émissions de CO₂ du gazole sont plus élevées que celles de l'huile de *Jatropha* préchauffée ou non.

La culture de la tomate exige l'apport d'importantes quantités de pesticides et fertilisants chimiques, ce qui peut compromettre la qualité nutritionnelle des fruits et nuire à l'environnement. Ainsi pour avoir des produits bios et aussi protéger l'environnement Ag-hofack *et al.* (2015) ont appliqué l'extrait aqueux et le tourteau de *Jatropha curcas* comme bio stimulants. Ces derniers ont affirmé que la croissance et le développement de la tomate s'est amélioré avec le tourteau de *Jatropha* mais mieux avec le fertilisant de *Spirulina platensis*.

V. Rendement et caractéristiques physicochimiques de l'huile de *Jatropha curcas* L.

1. Teneur en huile de *Jatropha*

Traditionnellement, l'huile de *Jatropha* est extraite par des procédés simples: les graines sont d'abord décortiquées, puis les amandes sont bouillies dans l'eau. L'huile surnageant dans le récipient est alors facile à récupérer.

Pour l'extraction de graines oléagineuses à des fins commerciales, on utilise le pressage mécanique ou l'extraction par solvant. La première méthode permet d'extraire entre 85 et 95% de l'huile de la graine avec une presse, et la seconde 99% (Pirrot et Hamel, 2012). Henning *et al.* (2005) rapportent que les graines contiennent 30 à 35% d'huile. Ils affirment qu'avec l'extracteur mécanique (comme la presse de Sundhara) 75 à 80% d'huile peuvent être extraits alors avec la presse manuelle (presse ram Bielenberg), seulement 60 - 65% de l'huile peuvent être extraits (5 kg de graines donnent environ 1 litre d'huile).

2. Caractéristiques physicochimiques de l'huile de *Jatropha curcas*

2.1. Viscosité

L'un des obstacles pour l'utilisation des huiles végétales comme carburant est leur viscosité trop élevée. Elles sont dix fois plus visqueuses que le gasoil à 40 °C et trente fois plus visqueuses à 0 °C. L'huile de *Jatropha curcas* L. a une viscosité de 77,1 cSt à 20 °C contre environ 2,5 - 4,5 cSt pour le gasoil, ce qui ne favorise pas la combustion au niveau des moteurs (Vaitilingom, 2006).

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

Selon AWAD (2011), une viscosité élevée conduit à une mauvaise pulvérisation ce qui réduit la surface de contact air / carburant. Il précise que cette mauvaise pulvérisation liée à une mauvaise volatilité provoque une combustion incomplète dans le moteur. Par conséquent, la mauvaise combustion se traduit par des performances dégradées du moteur et des émissions polluantes plus élevées (suies, monoxydes de carbone et hydrocarbures imbrûlés). D'autre part, il affirme qu'une faible viscosité limite la pénétration du jet de carburant dans le moteur et conduit aux mêmes effets qu'une viscosité élevée.

Haidara (1996) souligne que la viscosité est dépendante de la température. Elle diminue lorsque la température augmente. Il recommande de préchauffer l'huile pour obtenir une viscosité adéquate à une température de 80 - 90 °C (environ 8 cSt) et de ne pas maintenir l'huile à de hautes températures, pour éviter l'oxydation.

2.2. Densité

La densité d'un carburant a un effet important sur les performances du moteur. En fait les pompes d'injection de carburant sont des pompes volumétriques et le dosage de carburant se fait en calculant la masse du volume injecté en passant par la densité. Un carburant ayant une densité élevée conduit à une masse de carburant injecté plus importante et augmente la consommation (Awad, 2011).

2.3. Point éclair

Le point éclair ou flash point est la température à laquelle un fluide émet suffisamment de vapeurs pour qu'elles puissent s'enflammer au contact d'une flamme ou d'une étincelle. Ce point de l'huile de *Jatropha* se trouve entre 295 - 320 °C (De Theux, 2004). Awad (2011), souligne qu'un point éclair élevé indique que la matière présente moins de risques de s'enflammer lors du stockage ou de la manipulation.

2.4. Indice de cétane

L'indice de cétane exprime globalement l'aptitude d'un combustible diesel à l'auto-inflammation et à la combustion dans un moteur diesel. Il a des incidences directes sur la faculté de démarrage à froid, le calage du cycle de combustion, le gradient de pression, la pression maximale, le bruit. L'indice de cétane des huiles végétales est généralement plus bas que celui d'un gasoil normal. La différence entre les indices de cétane d'un carburant diesel et d'une huile végétale pourrait être due à leur composition chimique ainsi qu'à leur degré de saturation et de raffinage. Les indices de cétane des huiles végétales sont compris entre 28,3 et 41,5, alors que l'indice de cétane minimal pour le gasoil est de 40 (Haidara, 1996).

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

2.5. Acidité

L'acidité ou degré d'acidité est une expression conventionnelle du contenu en pourcentage d'acides gras libres dans les carburants, huiles et graisses. C'est la quantité de potasse nécessaire pour neutraliser l'acidité c'est à dire le nombre de milligramme d'agent de neutralisation par gramme. L'indice d'acidité des huiles végétales est plus élevé que celui du gasoil à cause de la forte présence d'acides gras insaturés dans les huiles végétales pures (HVP). Il est compris entre 2 et 3 mg pour les huiles végétales et se situe au maximum à 1 mg pour le gasoil (Forson et *al*, 2003).

2.6. Teneur en eau

L'eau se trouve dans les carburants en partie sous forme d'émulsion plus ou moins stable. Cette stabilité est due à la présence d'asphaltènes ou de certains agents tensio-actifs comme les acides naphthéniques. Si le gasoil a une teneur en eau presque négligeable, les huiles végétales ont une teneur avoisinant 0,1% (Amoussou, 2010).

2.7. Point d'écoulement

Le point d'écoulement correspond à la température à laquelle le carburant diesel se fige par suite de la précipitation des cristaux de paraffine. Le phénomène se produit généralement à des températures situées entre 4 et 8 °C en dessous du point de trouble (Amoussou, 2010). Entre le point de trouble et le point d'écoulement, le carburant circule mais ne parvient pas à traverser le filtre à carburant qui peut alors se colmater, s'ensuit une piètre performance du moteur à basse température et une perte de puissance.

3. Historique de l'utilisation de l'huile de *Jatropha* comme carburant

Les premiers essais de production d'huile de *Jatropha* en vue de fabriquer un carburant liquide eurent lieu dans les années 1930 à Ségou au Mali. A cette époque, deux institutions de recherche sur les carburants liquides existaient dans cette ville: le Centre Expérimental des Carburants Végétaux (C.E.C.V.) et le laboratoire de l'Office du Niger.

Le C.E.C.V. orientait ses recherches sur la carbonisation des oléagineux à basse température pour aboutir à la formation de carburants légers du type essence, gazole et pétrole lampant. Le tableau 1.1 présente les résultats relatifs aux essais de carbonisation et de distillation fractionnée des produits obtenus. Ces essais conduisent aux composés ci-dessous mentionnés en partant de 1 000 kg de graines de *Jatropha*.

Etat des connaissances de *Jatropha curcas* L.

Quant aux recherches du laboratoire de l'office du Niger, elles étaient orientées sur l'utilisation des huiles brutes toutes catégories confondues, sans traitement chimique, comme carburant dans les moteurs semi-diesels à préchambre à tour lent (moins de 1 000 rpm).

Tableau 1: Résultats du traitement de 1000 kg de graines de *Jatropha* par le C.E.C.V.

Composés	Masse (kg)
Essence et pétrole	70
Gazole	80
Semi-coke	270
Brai-sec	35

Chapitre 2 : Milieu d'étude

Ce chapitre comprend quatre parties composées :

- ✓ d'une introduction ;
- ✓ du cadre physique ;
- ✓ de l'évolution démographique ;
- ✓ des activités économiques.

L'introduction décrit brièvement la ville de Bargny et annonce les parties à développer. La troisième partie montre la situation de la ville de Bargny, son relief et sa géologie, le climat et la végétation. La troisième partie situe l'évolution de la population de la commune de Bargny de 1999 à 2014. Enfin la quatrième partie décrit les impacts des activités socio-économiques sur la survie des populations et sur l'économie de la commune.

I. Introduction

La ville de Bargny, située à une trentaine de kilomètres de Dakar, constitue la limite orientale de ce qu'il est convenu d'appeler actuellement la conurbation Dakar- Guédiawaye-Pikine-Rufisque-Bargny. Elle se trouve sur un socle marno-calcaire (Cabex-sarl, 2000) très riche en matières premières et qui engendrent plusieurs exploitations industrielles. D'autres activités existent à Bargny, notamment la pêche, l'agriculture de contre saison, le commerce, l'artisanat et le transport. En outre, la ville de Bargny reste subsidiaire de Rufisque, chef-lieu départemental, sur les plans administratif, économique et social.

Ce chapitre présente le cadre physique et les activités économiques de la commune de Bargny.

II. Cadre physique

1. Situation de la ville de bargny

La région de Dakar est située dans la presqu'île du Cap - Vert et s'étend sur une superficie de 550 km², soit 0,28% du territoire national. Elle est comprise entre 17° 10' et 17° 32' de longitude Ouest et 14° 53' et 14° 35' de latitude Nord. Elle abrite le département de Rufisque; elle est limitée à l'Est par la région de Thiès et par l'Océan Atlantique dans ses parties Nord, Ouest et Sud (Diallo *et al.* 2006).

Le département de Rufisque couvre 67,5% de la région de Dakar, soit une superficie de 371,7 km² avec une population estimée à 298 654 habitants en 2004 (Service de la Prévision et de la Statistique de Dakar, 2006) et un taux de croissance moyenne annuelle nationale stabilisé de 2,96% entre 1988 et 2006, soit une population d'environ 313 161 habitants en 2006 (Rapport final, 2008).

Rufisque fait partie des quatre communes de plein exercice du Sénégal ayant été beaucoup marquées par l'histoire de la colonisation française. Il est devenu l'un des quatre départements que compte aujourd'hui la région de Dakar. Il comprend quatre communes : Bargny, Diamniadio, Rufisque et Sébikotane. Ainsi, la ville de Bargny se positionne à 30 km de Dakar et se trouve entre 14° 41' 16'' N, 17° 13' 45'' W.



Figure 6. Carte de localisation de Bargny

Milieu d'étude

2. Relief et géologie

La ville de Bargny est bâtie sur un plateau marno-calcaire d'âge lutétien. Il s'agit d'un plateau faiblement ondulé, d'une altitude moyenne d'une vingtaine de mètres, le point culminant situé entre Bambilor et Sébikotane, étant à 50 m (Cabex-sarl, 2000).

Au Nord, le plateau de Bargny présente un modelé aux formes molles marquées par des vallons peu incisés. La faiblesse des pentes ne permet pas aux thalwegs de s'encaisser, le ruissellement ne pouvant aboutir à un réseau hiérarchisé (Cabex-sarl, 2000). Au sud, il offre un relief diversifié et plus disséqué. Il est parcouru par des marigots et le réseau hydrographique s'y est inscrit plus profondément.

Cependant, ce plateau calcaire ne parvient pas toujours jusqu'à l'océan et se termine par un talus isolé du rivage et un système de lagunes dans lesquels s'accumulent les eaux de ruissellement ou de déferlement. En outre, on y rencontre un système de failles, d'orientation SO-NE, découpant cette région en compartiments divers (Cabex-sarl, 2000).

L'histoire géologique de cette partie du pays s'inscrit dans celle de la Presqu'île du Cap-Vert marquée par une tectonique cassante. Cabex-sarl (2000) affirme que l'examen de la structure géologique à la fin du tertiaire a montré qu'à l'éocène supérieur, le compartiment de Rufisque semble s'être affaissé de façon plus prononcée tandis que celui de Bargny et du Cap des Biches paraissent se relever légèrement.

Dans la même perspective, Cabex-sarl (2000) précise que la configuration actuelle du relief et l'histoire géologique récente permettent de mieux comprendre les données physiques caractéristiques du milieu qui ont une incidence directe sur la vie des populations de Bargny. Par exemple, la forte présence de terrains marneux de l'éocène pose de sérieux problèmes pour la stabilité des sols avec comme corollaire de réelles difficultés pour la viabilité des constructions. Aussi, la faiblesse des pentes ne permet pas un drainage rapide des eaux de ruissellement, ce qui entraîne une stagnation de ces eaux dans certaines zones de la ville, surtout pendant l'hivernage.

3. Le climat

Le climat de la ville de Bargny s'inscrit dans celui du climat tropical caractérisé par l'alternance d'une saison sèche, longue de neuf (9) mois, et d'une saison des pluies qui dure trois (3) mois. Il est de type soudano-sahélien et subi fortement l'influence maritime (Diallo *et al.* 2006). Située entre les isohyètes 200 et 500 mm, la Commune de Bargny reçoit des pluies de

Milieu d'étude

juin à septembre. Ces pluies, irrégulièrement réparties dans le temps, atteignent leur maximum en août ou septembre. Bargny a enregistré en 2008, 49 jours de pluies, répartis comme suit: 5 jours en juin, 9 en juillet, 16 en août, 17 en septembre et 2 en octobre pour un cumul pluviométrique annuel de 378 mm, année durant laquelle la plantation de *Jatropha curcas* L. a été effectuée dans le site de la société commerciale du ciment (SOCOCIM) (Barro *et al.* 2013).

La région subit l'influence de l'alizé maritime et du courant froid des Canaries qui déversent la fraîcheur entraînant aussi une baisse des températures et une diminution du déficit hygrométrique (Cabex-sarl, 2000). Cet alizé dépose du brouillard qui empêche parfois à l'alizé continental issu de l'anticyclone sahélien de se faire sentir. Cette situation fait que la saison, même si elle n'est pas véritablement sèche, est non pluvieuse. La valeur des humidités relatives moyennes annuelles est de 82% pour les valeurs maximales et 57% pour les valeurs minimales (Barro *et al.* 2013).

L'alizé maritime adoucit les températures avec une moyenne annuelle de 24,2 °C, entre 1971 et 1996. Il indique que la moyenne des températures minimales annuelles pendant la même période est de 21,2 °C alors que celle des températures maximales s'élève à 27,3 °C. Ces températures connaissent de faibles variations avec cependant une légère élévation durant la période pluvieuse (juillet à octobre) pendant laquelle elles atteignent parfois 31 °C. L'amplitude thermique moyenne annuelle est faible et tourne autour de 6 °C.

4. La végétation

Malgré la présence de sols à forte capacité de rétention hydrique, il ne subsiste pas actuellement à Bargny d'espaces boisés de grande envergure (Cabex-sarl, 2000; Diallo *et al.* 2006). La végétation qui est essentiellement composée d'arbustes d'épineux, quelques baobabs et figuiers, donne un état de désolation, du fait de son caractère parsemé. En effet, la densification de la population, les activités industrielles et la sécheresse des dernières décennies ont entraîné un net recul de la couverture végétale.

Néanmoins, la SOCOCIM en plus de ces exploitations minières est entrain de reboiser de grands espaces dans le cadre de la production de l'énergie verte (*Jatropha curcas* avec les provenances Diobass, Casamance et Ghana).

III. Evolution démographique

Milieu d'étude

Les données de la Direction de la Statistique et de la Prévision (DSP) ont permis d'effectuer des projections à partir du taux moyen d'accroissement pour estimer la population de Bargny de 1999 à 2014 qui est estimée à plus de 66 000 habitants (tableau 2). La période 1961-1988 a été retenue pour établir les projections avec un taux annuel estimé à 3,8%.

Tableau 2. Estimation de la population de la Commune de Bargny de 1999 à 2014.

Indications	1961-1988	1999	2004	2009	2014
Population	29 534	37 967	46 400	55 119	66 412
Population additionnelle	-	-	8433	17 152	28 445

Source: DSP (2015), projection à partir des données des recensements de 1976 et 1988

IV. Activités économiques

La ville de Bargny est un lieu d'emplois, de production de biens et de services ; elle est animée par un certain nombre d'activités socio - économiques qui impactent significativement sur la vie des populations et sur l'économie de la commune.

1. Infrastructures industrielles

L'industrie extractive est la seule présente au niveau de Bargny (Diallo *et al.* 2006). Elle est composée de l'exploitation de carrières de calcaire et de grès. L'exploitation de ces carrières par la SOCOCIM et autres sociétés installées sur le périmètre communal ont une faible incidence sur les finances locales.

2. Agriculture

L'activité agricole est centrée sur la production du gombo, culture de contre-saison (Diallo *et al.* 2006). Bargny est plutôt le point de concentration des productions agricoles, fruits et légumes, provenant de son hinterland (Sébikotane, Bambilor, etc.). La culture intercalaire de l'arachide, du gombo, de l'oseille et du haricot s'effectue également dans la plantation industrielle de *Jatropha curcas L.* se trouvant sur la partie foncière de la SOCOCIM.

3. Pêche

La situation de Bargny sur la frange côtière de l'océan atlantique offre de grandes possibilités à la pêche et à d'autres activités liées à la mer. Diallo *et al.* (2006) précisent que le dy-

Milieu d'étude

namisme de l'activité fait que la majorité des GIE et des GPF (groupement de promotion féminine) s'activent dans le secteur de la transformation des produits halieutiques. Ils annoncent la présence d'une union locale des femmes transformatrices de produits halieutiques comprenant 224 femmes organisées en 15 GIE qui mènent ses activités de transformation dans des aires polyvalentes et disposent de magasins, de vestiaires, d'une aire de préparation, de stockage, de stationnement, de saumurage, de séchage et d'un bloc sanitaire.

4. Le commerce

Les activités commerciales étaient localisées autour de la première gare ferroviaire construite en 1936 et se limitaient à la vente aux voyageurs, de poissons séchés, frais, de sel et, pendant la saison des pluies, de la tomate (Cabex-sarl, 2000). Ce commerce va se déplacer autour de la deuxième gare construite en 1946, en raison de la mise en place de la route nationale n° 1 (Audit urbain, 2000). On notait aussi une exploitation des carrières à Gando Bando dont les pierres servaient à l'entretien de la voie ferrée et accessoirement à la construction de certains bâtiments.

Diallo *et al.* (2006), rapportent que l'essentiel des activités commerciales tourne autour des produits halieutiques, des produits agricoles de contre-saison (le gombo) et des produits alimentaires, textiles etc.... La vente quotidienne de denrées alimentaires (riz, sucre, conserves, etc.) constitue la plus importante activité commerciale.

La ville de Bargny est approvisionnée en produits alimentaires et manufacturés par Dakar à plus de 50% et en produits agricoles et horticoles (fruits et légumes) par la Communauté Rurale de Sébikotane.

Les échanges commerciaux se font au marché central, à la galerie artisanale, dans l'aire de transformation des produits halieutiques, à l'esplanade qui sert d'abattoir, à l'arrêt des cars faisant office de gare routière, à la gare ferroviaire, à la guérite et au marché de la gare.

5. Tourisme

L'activité touristique est très peu développée malgré la proximité de la mer (Diallo *et al.* 2006). C'est à Sendou (3 km au sud de Bargny) seulement que l'on retrouve quelques cabanons et résidences pour les touristes de passage. Cependant, le développement d'infrastructures touristiques pourrait apporter des ressources aux finances locales et créer des emplois pour les jeunes.

Chapitre 3 : Effet de la provenance et de la préparation du sol (sous solage) sur la croissance et sur certains traits fonctionnels foliaires de *Jatropha curcas* L. à Bargny au Sénégal

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Ce chapitre est écrit sous forme d'un article qui est l'objet d'une étude approfondie à une de nos publications en 2013 dans la revue « OCL (Oléagineuse Corps gras Lipide) » (voir annexe 1. Ce chapitre décrit l'influence de la provenance et du sous-solage sur le développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. à Bargny au Sénégal.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Barro L¹, Samba NAS^{2*}, Diatta M², Diop B¹, Akpo EL¹

1: Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP 5005, Dakar – Sénégal *Email : lbarro2@gmail.com, Tel. 774596626 ; 2: Université de Thiès, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, BP 967 Thiès - Sénégal, Tél. 221 77 652 80 21, *Email : bathie_samba@yahoo.fr

Ce manuscrit n'est pas encore soumis pour publication dans une revue.

Résumé : Parmi les cultures potentiellement utilisables pour fournir la matière première indispensable pour la production de biocarburants liquides, *Jatropha curcas* L. est celle qui suscite le plus d'intérêts dans beaucoup de projets de développement. Ce travail a pour objectif d'évaluer la production et le développement des plants de *Jatropha curcas* L. L agés de 3 ans en 2012. Les résultats ont montré après trois ans de plantation que le sous-solage et la provenance n'ont pas d'effet sur les variables de croissance et sur la plupart des traits fonctionnels foliaires. Ce pendant, le nombre de branches en floraison ($p=0,0041$) et en fructification ($p=0,0091$) ont varié significativement sous l'effet du sous-solage. La ramification est sensiblement plus élevée dans la parcelle préparée que dans le témoin. En conclusion, le travail du sol a augmenté la ramification alors que la provenance a amélioré la croissance en hauteur des plants de *Jatropha curcas* L.

Mots clés : sous-solage, provenance, ramification, croissance, traits fonctionnels foliaires.

I- INTRODUCTION

Parmi les cultures potentiellement utilisables pour fournir la matière première indispensable pour la production de biocarburants liquides, *Jatropha curcas* L. est celle qui suscite le plus d'intérêt pour divers organismes de développement dans les régions tropicales et subtropicales. Ces biocarburants sont des extraits de sources renouvelables qui apportent des bénéfices environnementaux, et rendent possible la création d'emplois, tant dans la phase de collecte que dans le traitement.

J. curcas est un arbuste, de la famille des *Euphorbiaceae*, originaire d'Amérique centrale (Nicolas, 2010). Il est présent dans toutes les régions tropicales arides et semi-arides du monde (Henning, 2002). En Afrique, il est rencontré dans les savanes soudaniennes et guinéennes et s'étend du Sénégal au Cameroun (Assogbadjo *et al.* 2010).

A en croire ses promoteurs les plus convaincus, *J. curcas* peut produire de grandes quantités d'huile non comestible de haute qualité combustible, restaurer les sols marginaux, améliorer la fertilité de tous les types de sol, reboiser les terres dégradées, favoriser la sécurité foncière, limiter les dégâts du bétail divagant dans les cultures, diversifier les revenus des agriculteurs et obtenir des sous-produits présentant des usages phytosanitaires et thérapeutiques (Mergeai, 2011).

L'exploitation du *Jatropha* est récente et s'inscrit dans la durée. Dès lors, nos connaissances actuelles et les études réalisées doivent être approfondies. *Jatropha* et ses produits dérivés sont certes prometteurs mais les connaissances techniques et agronomiques doivent être complétées.

Une étude entamée deux ans après une plantation à Bargny (Sénégal) a montré que : le sous-solage semble améliorer la croissance de la partie épigée (collet, houppier) de *Jatropha* (Barro, 2010). De même, les variables de croissance, l'architecture de l'arbre et le nombre de fruits varient également significativement entre les provenances de *Jatropha* (Barro, 2010).

Ce présent travail, s'appuie sur ces travaux (Barro, 2010) dans le but de les approfondir. Il a pour objectif d'évaluer la production (fruits et feuilles) et le développement (variables de croissances et architecture des ports aériens) des plants de *Jatropha curcas* (JCL) âgés de 4 ans en 2012. Deux hypothèses ont été testées :

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

- (i) la provenance et le travail du sol ont un effet sur la croissance et la productivité des plants de *Jatropha curcas*;
- (ii) certains traits fonctionnels (l'épaisseur des feuilles, l'étirement des feuilles, la surface des feuilles, surface spécifique de feuille (SLA) et la teneur en matière sèche de la feuille (LDMC)) de *Jatropha curcas* varient en fonction de la provenance et du travail du sol.

II- MATERIEL ET METHODES

1. Matériel végétal

Le matériel végétal de *J. curcas* provient de la plantation industrielle de la SOCOCIM localisée à Bargny. Les plants se trouvent à côté des carrières d'extraction de calcaire et sont composés de deux provenances « Diobass » et « Casamance ». Les plants étudiés étaient âgés de 4 ans. Ils avaient d'abord été étudiés une première fois 2 ans après leur plantation par Barro (2010) dans le même site.



Figure 7. Plantation de *Jatropha curcas* L. à Bargny.

2. Matériels

Le petit outillage utilisé pour réaliser cette étude est composé d'un pied à coulisse électronique pour déterminer l'épaisseur des feuilles, d'une perche emboîtée de mensuration permettant de mesurer la hauteur des plants de JCL, de sachets en plastique pour la conservation des échantillons prélevés, d'un sécateur pour l'élagage des branches et d'un ruban gradué pour la mesure des longueurs (branches), des circonférences (au collet) et des diamètres (houppiers).

3. Méthodes

3.1. Plan expérimental

La plantation a été réalisée en 2008 sur le site de la SOCOCIM localisé à Bargny, avec les provenances de JCL « Diobass » et « Casamance ». Elle a été effectuée en lignes à la densité de 625 plants à l'hectare (4 m x 4 m). Un sous - solage croisé 1 dent a été faite à 40 cm de profondeur sur une partie de la parcelle avant la plantation alors que le reste de la parcelle n'a fait l'objet d'aucune préparation de terrain.

Les plants de *Jatropha curcas* ont été irrigués durant 12 mois après plantation, à raison de deux arrosages de 16 l/plant/semaine. Le facteur « provenances » en parcelles principales et le facteur « travail du sol » en parcelles secondaires sont les seuls facteurs étudiés dans ce premier essai dont le dispositif expérimental était un split - block avec trois répétitions, le second facteur (travail du sol) ayant été randomisé à l'échelle du bloc et non au sein de chaque parcelle principale.

Les facteurs étudiés avaient chacun deux niveaux: « **provenances** » (Diobass et Casamance) et « **travail du sol** » (sous-solage et témoin). Trois parcelles brutes de 36 m de côté, soit 1 296 m² contenant 100 plants de *Jatropha curcas*, ont été délimitées. A l'intérieur de chacune de ces parcelles, un lot de 10 plants choisis au hasard et étiquetés constituait l'unité expérimentale. La combinaison des différents niveaux des facteurs étudiés a donné au total 4 traitements. Chaque traitement a été répétés 3 fois, soit 12 unités expérimentales contenant chacune 10 plants de JCL.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Dispositif expérimental : split-block

Fact.1. provenance Fact.2. Travail du sol	Casamance	Diobass	Gradient D'hétérogénéité
Témoin	PT	PT	Bloc 1
Sous-solage	PS	PS	
Sous-solage	PS	PS	Bloc 2
Témoin	PT	PT	
Témoin	PT	PT	Bloc 3
Sous-solage	PS	PS	

PT = parcelle témoin ; PS = parcelle préparée ; Fact = facteur



Figure 8. Dispositif des plants de *Jatropha curcas* L. à Bargny (4 m x 4 m)

3.2. Traits mesurés

A l'échelle de la parcelle brute, les taux de survie ont été évalués. A l'échelle de l'unité expérimentale (lot de 10 plants), les variables suivantes ont été déterminées: le nombre de ramifications primaires basses (0 - 15 cm du sol), le nombre de ramifications primaires hautes (hauteur supérieure à 15 cm), le nombre de ramifications secondaires, le nombre de ramifications en floraison, le nombre de ramifications fructifères, la hauteur totale (longueur du plus long brin), le diamètre au collet de la tige principale, le diamètre du houppier suivant la direction parallèle à la ligne de plantation et suivant la direction perpendiculaire à la ligne de plantation, l'état de maturité des fruits (nombre de fruits verts, nombre de fruits jaunes, nombre de fruits noirs ou marrons, nombre de fruits total) en tenant compte de l'ordre des branches.

Les mesures ont aussi porté sur les traits fonctionnels suivants: i) l'épaisseur des feuilles, ii) la surface des feuilles, iii) surface spécifique de feuille (SLA), iv) l'étirement des feuilles.

Selon Violle *et al.* (2007), un «trait fonctionnel» est défini comme étant toute caractéristique morphologique, physiologique ou phénologique, mesurable à l'échelle de l'individu, sans référence à l'environnement et intervenant dans la valeur adaptative ou *fitness* de l'espèce.

Pour ce faire, trois plants de chaque provenance ont été sélectionnés au hasard, dans un environnement bien éclairé, dans la parcelle préparée et dans le témoin. Une branche bien éclairée d'un diamètre d'environ 1 cm et d'au moins 1 m de long par plant a été sélectionnée. Six feuilles fraîches intactes de la branche ont été choisies pour les mesures. Les feuilles sélectionnées ont été conservées au frais dans du papier aluminium, placé dans une boîte dans l'obscurité, avant de les utiliser dans les 24 heures suivantes.

Les feuilles ont d'abord été étiquetées puis pesées avec une balance pour déterminer leur poids frais (g). Après ces mesures, elles ont ensuite été placées dans de petits sacs en papier aluminium et séchées pendant au moins 48 heures à 72 °C (jusqu'à poids constant) afin d'obtenir la masse sèche de la feuille. Elle constitue une approximation de la densité des tissus foliaires (lorsque la feuille est peu lacuneuse), et est positivement corrélée à la rétention des nutriments dans la feuille (Gamier *et al.* 2004). Par cette définition, la **teneur en matière sèche de la feuille** (LDMC) a été déterminée par le rapport entre la masse d'une feuille sèche et son poids à l'état frais (g g^{-1}):

$$\text{LDMC(leaf dry matter content)} = \frac{\text{masse sèche}}{\text{masse fraîche}}$$

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Ensuite pour **l'épaisseur de la feuille** (mm), les mensurations ont été effectuées en 6 points pour chaque feuille à l'état frais, à l'aide d'un pied à coulisse numérique. Les nervures principales et la nervure centrale ont été évitées. Ensuite, chaque feuille a été scannée afin d'en obtenir une image numérique. Les feuilles ont été aplaties le plus possible, de manière à ce que la feuille recouvre la surface la plus grande possible, mais sans être écrasée pour éviter d'endommager les tissus.

La section transversale des feuilles est supposée circulaire, et un ajustement a été effectué en conséquence pour calculer l'épaisseur moyenne (E_m) en multipliant le diamètre par $\pi/4$.

$$E_m = \frac{\sum E_i}{6} \times \pi/4$$

Où E représente l'épaisseur de la feuille; i variant de 1 à 6 feuilles.

Dans la même démarche, la surface de chaque feuille projetée a été déterminée à l'aide du logiciel Midbmp.

La **Surface Spécifique de Foliaire (SLA)** a été obtenue par le rapport entre la surface d'une feuille en m^2 et sa masse en kg.

$$SLA(\text{specific leaf area}) = \frac{\text{Surface spécifique de la feuille}}{\text{Masse de la feuille}}$$

Chaque image scannée (la feuille entière) a eu un poids correspondant nous permettant de calculer la Surface Spécifique de Foliaire (SLA). La Surface Spécifique de Feuille (SLA) moyenne des feuilles de la branche (exprimée en $m^2.kg^{-1}$) a été calculée en faisant la moyenne des surfaces spécifiques des six feuilles prélevées sur cette branche.

$$(SLA)_{\text{moyenne}} = \frac{\sum SLA}{6}$$

Pour l'étirement des feuilles, trois plants dans chaque traitement ont ciblés. Six bourgeons de feuilles d'une branche par plants ont été choisis et étiquetés puis suivie jusqu'à l'âge de un mois. L'étirement de feuilles âgées d'un mois soit la moitié a été déterminée, suivi de celui des feuilles âgé de deux mois.

Les mesures de longueurs ont été effectuées avec un ruban gradué en mètre sauf pour la hauteur qui a été mesurée à l'aide d'une perche emboîtée de mensuration (8 m). Les mesures de masse ont été obtenues avec une balance de précision (1/10 000).

3.3. Caractéristiques chimiques du sol

Le développement des plants étant lié en partie à la fertilité des sols, il a donc été question de caractériser ce facteur en fonction des apports de litières, liés à la présence ou à l'absence des plants de JCL (apports de leur houppier et de leurs racines). Cette étude a permis de se faire une idée sur une partie des ressources disponibles pour les plantes.

Ainsi, les concentrations en nitrates, phosphore, potassium et le pH ont été déterminées à partir d'échantillons de sol prélevés sous et hors des houppiers. Les prélèvements ont été faits à 20 et 30 cm de profondeur dans toutes les unités expérimentales. L'étude chimique de cet horizon de sol a permis d'évaluer les variations de certains éléments du sol (nitrates, phosphore, potassium et le pH) en fonction du lieu de prélèvement (sous et hors des houppiers). Les échantillons sous houppier ont ensuite été mélangés pour obtenir un mélange homogène (échantillon composite). La même procédure a été utilisée avec les échantillons prélevés hors du couvert des plants de JCL.

Procédure d'extraction

La détermination des éléments chimiques du sol (nitrates, phosphore, potassium et le pH) a été réalisée suivant le « SOIL TEST KIT HANDBOOK du département des sciences du sol de l'université de Kasetsart, Bangkok, Thailand ».

Une quantité (50g) de l'échantillon composite a été mise dans une bouteille en plastique à l'aide de la cuillère fournie, puis 20 ml de solution n°1 (soil extracting solution) ont été ajoutés à l'aide d'une seringue. Enfin le mélange agité pendant 5 min a été filtré (sol solution) avec un papier filtre. Le filtrat obtenu a été utilisé pour déterminer la quantité d'ammonium, de nitrate, de phosphore et de potassium suivant la méthode ci-après.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

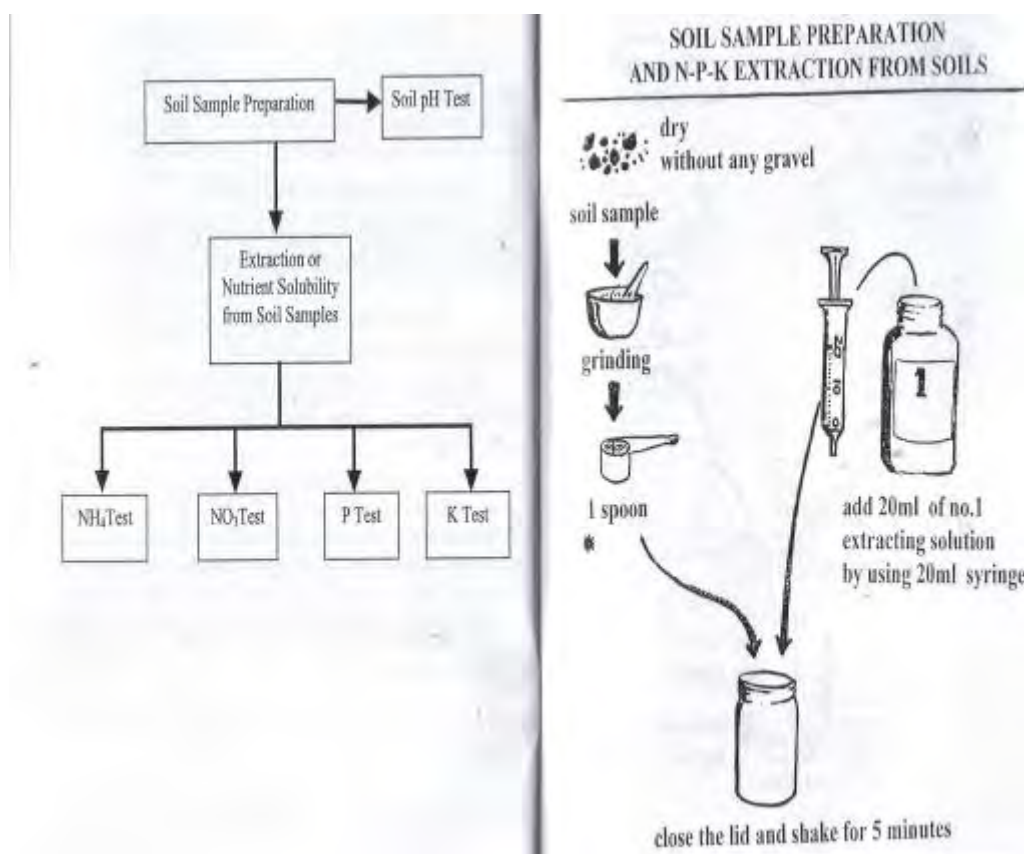


Figure 9. Obtention du filtrat à étudier

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Pour l'**ammonium**, 2,5 ml du filtrat ont été prélevés et placés dans un tube à essai, puis une petite cuillerée de colorant numéro 2 et 5 gouttes de solution numéro 3 ont respectivement été ajoutées. Ce mélange a été bien agité pendant 5 min puis une lecture comparative du nuancier « pas.1 », avec la couleur obtenue du mélange, a permis d'apprécier la teneur en ammonium de l'échantillon de sol.

Pour les **nitrites**, 2,5 ml du filtrat ont été prélevés et placés dans un tube à essai. Puis 0,5 ml de solution 4 et 2 petites cuillerées du colorant 5 ont été ajoutés dans le tube. Ce dernier bouché, a été agité pendant 5 minutes. La couleur de la solution obtenue après agitation a été comparée avec le nuancier standard correspondant.

Pour le **phosphore (P)**, 2,5 ml du filtrat ont été prélevés et placés dans un tube à essai. Ensuite, 0,5 ml de « solution aucune. 6 » et ½ petite cuillère de « ne Dye. 7 » ont été ajoutés au filtrat. Le tube a ensuite été bouché et agité durant 5 min. La valeur de la teneur en P de l'échantillon de sol a été déterminée en se basant sur le nuancier de phosphore standard.

Pour le **potassium (K)**, 0,8 ml du filtrat ont été placés dans un tube à essai, puis 2 ml de solution 8 et une goutte de solution 9A ont respectivement été ajoutés au filtrat. Deux gouttes de solution numéro 9 ont ensuite été ajoutées, après agitation du mélange précédant. Ce dernier mélange, soumis à une agitation et laissé en repos pendant 5 min, a été comparé avec la couleur du nuancier standard pour déterminer la teneur en K de l'échantillon.

Pour le pH du sol, un échantillon de sol a été mis dans les cavités de la plaque en plastique, et progressivement la solution numéro 10 (indicateur) a été ajoutée goutte à goutte dans le sol jusqu'à saturation. La solution obtenue a été agitée puis laissée au repos pendant 5 min jusqu'à ce que les particules du sol se déposent au fond du tube. Ainsi la couleur de la solution a été ensuite comparée avec le nuancier standard pour apprécier le pH.

Analyses statistiques

Toutes les données recueillies ont été saisies sur ExcelTM et soumises à une analyse de variance (ANOVA) suivie d'un test de comparaison de moyennes (test de Tuckey) pour identifier les traitements significativement différents. Les analyses ont été effectuées avec le logiciel Statistix 10.

III. Résultats

1. Effet du travail du sol (sous solage) et de la provenance sur la croissance et le taux de survie des plants de *Jatropha curcas* L.

L'analyse des résultats a montré des différences significatives (tableau 1) sur la hauteur totale ($p = 0,0202$) et sur le taux de survie ($p = 0,0095$) des plants de JCL sous l'effet de l'interaction entre les facteurs « provenance » et « sous - solage » (Interaction Prov α SS).

Le test de Tuckey a permis d'identifier deux groupes homogènes : le groupe A composé de la Casamance avec une moyenne de $1,90 \pm 0,01$ m et le groupe B composé de la provenance Diobass avec une moyenne de $2,10 \pm 0,01$ m (figure 10). Le test de Tuckey (tableau 3), a révélé deux groupes significativement différents : le groupe A composé du traitement « provenance Casamance avec sous - solage (Casa SS) » avec une hauteur moyenne de $2,07 \pm 0,07$ m et le groupe B composé du traitement « Casamance sans sous - solage (témoin) », noté CasaTem avec $1,91 \pm 0,07$ m. Dans l'interaction « provenance x travail du sol », le traitement « provenance Casamance x sous - solage » a enregistré, sur la hauteur totale des valeurs nettement supérieures par rapport au traitement « provenance Casamance x témoin sans sous - solage ».

La même observation a été faite chez la provenance Diobass dont deux groupes distincts montrés par le test de Tuckey : le groupe A composé de la parcelle (Diob SS) travaillée (sous - solage) avec une hauteur moyenne de $2,02 \pm 0,03$ m et le groupe B composé de la parcelle (DiobTem) non travaillée (témoin) avec $2,23 \pm 0,04$ m. La même tendance a été notée sur le taux de survie qui a respectivement été de 98% et 87% dans les parcelles travaillées des provenances Casamance (Casa SS) et Diobass (Diob SS). Le taux de survie dans les parcelles témoins (sans travail du sol) des provenances Casamance et Diobass a respectivement été de 74,3% et 94%.

Dans l'interaction « provenance x travail du sol », le traitement « provenance Casamance x sous - solage » a enregistré, sur le taux de survie, des valeurs nettement supérieures par rapport au traitement « provenance Casamance x témoin sans sous - solage ». L'inverse a été enregistré avec la provenance Diobass. Le sous - solage n'a ainsi été bénéfique que pour la provenance Casamance.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Les facteurs principaux « provenance et travail du sol » ainsi que leurs interactions n'ont pas eu d'effet sur le diamètre au collet de la tige principale des plants de JCL, leur diamètre de houppier et leur taux de survie. Ces variables n'ont pas varié significativement sous leur influence (tableau 3).

Sous l'effet de la provenance, Diobass a enregistré un diamètre au collet de la tige principale ($11,5 \pm 6,2$ cm) légèrement supérieur à celui de Casamance ($11,2 \pm 6,2$ cm). La même tendance s'observe pour la hauteur, le diamètre du houppier et le taux de survie. De même l'interaction des facteurs provenance et sous-solage (tableau 3) a montré que les parcelles qui ont un diamètre au collet de la tige principale des plants de JCL élevé ont présenté des taux de survie, des diamètres de houppier et des hauteurs meilleurs. Ce pendant les parcelles dont les diamètres au collet des plants de JCL sont petits ont enregistré des taux de survie, des hauteurs et des diamètres du houppier faibles. Ces résultats montrent que plus le diamètre au collet de la tige principale est important plus les plants ont une croissance et un taux de survie meilleurs.

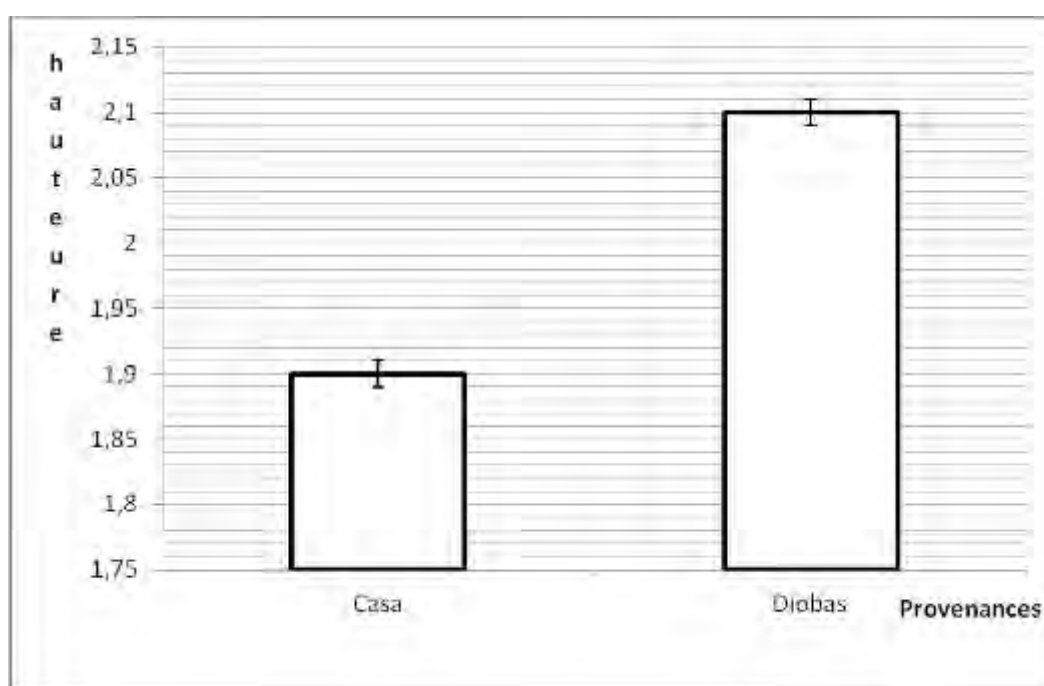


Figure 10. Effet de la provenance sur la hauteur totale des plants de *Jatropha curcas* L.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Tableau 3. Effet du travail du sol (sous solage) et de la provenance sur la croissance (Diamètre au collet de la tige principale (DCTP), diamètre du houppier (DH), hauteur totale (H)) et le taux de survie (Tx) des plants de *Jatropha curcas*, trois ans après la plantation.

Variables	Provenances		P>F	Sous-solage (SS)		P>F	Interaction ProvaSS				P>F
	Casa	Diobas		SS	Tem		Casa SS	Diob SS	CasaTem	DiobTem	
H (m)	1,90±0,01	2,10±0,01	0,0602	2,04±0,01	2,07±0,01	0,6655	2,07±0,071	2,02±0,03	1,91±0,07	2,23±0,04	0,0202*
DCTP (cm)	11,2±6,2	11,5±6,2	0,5611	11,3±6,2	11,3 ±6,2	0,9911	11,5±0,47	11,1 ±1,6	10,8±1,35	11,8 ±1,7	0,1850
DH (m)	2,0±0,1	2,2±0,1	0,1835	2,16±0,1	2,05±0,1	0,5511	2,28±0,11	2,05±0,05	1,66±0,3	2,44±0,13	0,325
Tx (%)	86,2±50	90,5±50	0,3297	92,5±50	84,17±50	0,0875	98,0±1,52	87,0±5	74,3±3,84	94,0±3,51	0,0095*

Légende : Casamance = Casa ; Diobass = Diob ; Sous solage = SS ; Témoin = Tem ; * significatif au seuil de 0,05.
Logiciel d'analyse : Statistix 10

2. Effet du travail du sol et de la provenance sur la ramification des plants de *Jatropha curcas* L.

Les résultats ont montré que le nombre de ramifications primaires hautes (NR1h > 15 cm du sol) avec $p = 0,0408$, le nombre total de ramifications primaires (NR1) avec $p = 0,0381$ et le nombre de branches primaires en feuillaison (NF1) avec $p = 0,0381$ ont significativement varié sous l'effet du sous - solage (tableau 4). Le test de Tuckey a révélé deux groupes homogène distincts : le groupe A composé de la parcelle travaillée (sous - solage) et le groupe B composé du témoin (non travaillée) ont respectivement produit $8,63 \pm 1$ et $9,98 \pm 1,0$ pour NR1h ; $11,28 \pm 0,60$ et $12,47 \pm 0,60$ pour NR1 et $11,28 \pm 0,60$ et $12,47 \pm 0,60$ pour NF1 (figure 11).

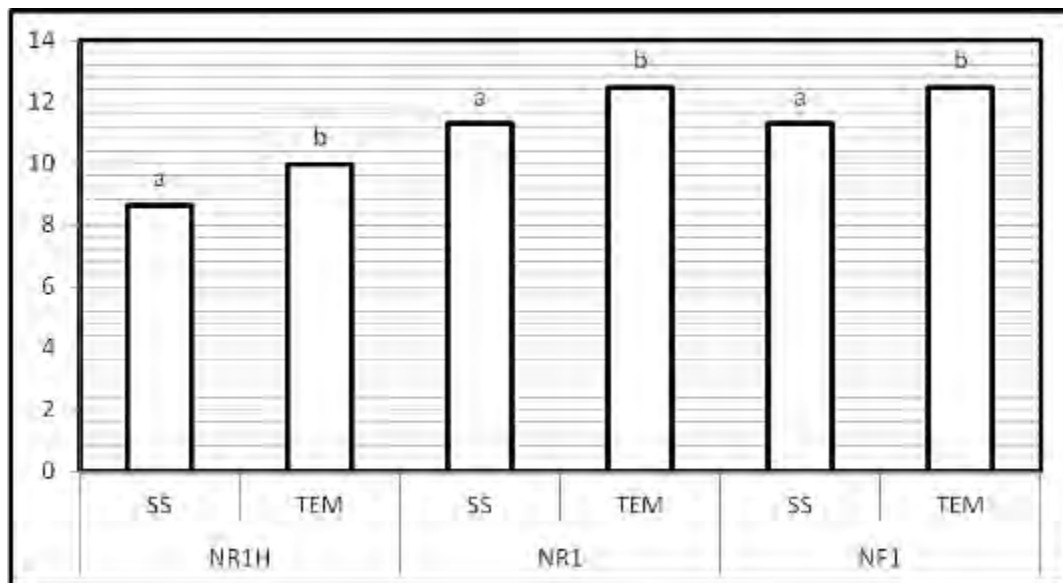


Figure 11. Effet du travail du sol sur la ramification

La provenance et l'interaction entre les deux facteurs (provenance et sous solage) n'ont pas eu un effet significatif sur le nombre de ramifications primaires basses (NR1b < 15 cm du sol), le nombre de ramifications primaires hautes (> 15 cm du sol = NR1h), le nombre total de ramifications primaires (NR1), le nombre de ramifications secondaires (NR2), le nombre de branches primaires en feuillaison (NF1) et le nombre de branches secondaires (NF2) en feuillaison (tableau 4).

La ramification a été sensiblement meilleure chez Diobass que chez Casamance (tableau 4). Le nombre total de ramifications primaires (NR1) et le nombre de ramifications secondaires (NR2) ont respectivement $12,1 \pm 0,6$ et $92,3$ chez Diobass alors que la provenance Casamance a présenté $11,7 \pm 0,6$ et $77,8$ dans le même ordre. Le sous-solage a eu un effet dépressif sur la ramification primaire (tableau 4) dont le témoin a relevé le nombre le plus important

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal (12,47±0,6) comparé à la parcelle travaillée (11,28±0,60). Bien que le sous-solage n'ait pas eu un effet sur le nombre de ramifications secondaires (NR2), la parcelle préparée a obtenu le nombre le plus élevé.

L'interaction des facteurs provenance et sous-solage a montré que le travail du sol a un effet dépressif sur la ramification primaire et celle secondaire chez la provenance Diobass. Alors que chez la provenance Casamance, la préparation du sol a amélioré le nombre de ramifications primaires et a été négative pour le nombre de ramifications secondaires. Nous avons la même tendance pour le nombre de branches en feuillaison dans chaque provenance.

L'analyse corrélative entre le diamètre au collet de la tige principale (DCTP) et la ramification a montré que : les parcelles dont le DCTP des plants de *Jatropha* élevé ont enregistré une ramification secondaire et un nombre de branches secondaires en feuillaison meilleurs dans chaque provenance.

3. Productivité des plants de *Jatropha curcas* L. sous l'effet de la préparation du sol et de la provenance.

Le nombre de ramifications secondaires en floraison (NR2FL; $p = 0,0041$), le nombre de fruits verts (NV; $p = 0,0225$), le nombre de branches primaires fructifères (NB1fr; $p = 0,0011$), le nombre de branches secondaires fructifères (NB2fr; $p = 0,0205$), le nombre total de branches fructifères (NBfrt; $p = 0,0091$) ont varié significativement sous l'effet du sous solage (tableau 5). Le test de Tuckey a permis de d'identifier deux groupes distincts sous l'effet du sous-solage : le groupe A composé de la parcelle travaillée et le groupe B représenté par le témoin ont respectivement enregistré 69,38 et 43,17 pour « NR2FL »; 0,233 et 11,73 pour « NV »; 0,1 et $1,8 \pm 0,3$ pour « NB1FR »; 0,1 et 3,4 pour « NB2FR »; 0,1 et 5,2 pour « NBfrt » (tableau 5).

Cependant, en plus des variables citées précédemment (tableau 5), la provenance et l'interaction des deux facteurs (provenance et sous solage) n'ont pas eu d'effet significatif sur toutes les variables suivies.

Le nombre de branches productives secondaires (nombre de ramifications secondaires en floraison et en fructification) a été largement supérieur au nombre de branches productives primaires (nombre de branches primaires en fructification et en floraison) chez la provenance Casamance (respectivement 58,1 et 18,08) comme chez Diobass (respectivement 57,93 et 13,3). Durant la période de collecte de données, les fruits étaient tous verts d'où l'absence des résultats sur le nombre fruits jaunes et noirs.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Tableau 4. Effet du sous - solage et de la provenance sur le nombre de ramifications primaires basses (< 15 cm du sol = NR1b), le nombre de ramifications primaires hautes (> 15 cm du sol = NR1h), le nombre total de ramifications primaires (NR1), le nombre de ramifications secondaires (NR2), le nombre de branches primaires en feuillaison (NF1) et le nombre de branches secondaires en feuillaison (NF2).

Variables	Provenances		P>F	Sous-solage		P>F	Interaction prov α SS				P>F
	Casa	Diob		SS	Tem		Casa SS	Diob SS	CasaTem	DiobTem	
NR1b	2,6±0,1	2,5±0,1	0,3668	2,65±0,10	2,48±0,10	0,3668	2,57±0,40	2,73±0,2	2,73±0,2	2,23±0,3	0,098
NR1h	9,03±1	9,6±1	0,3307	8,63±1,0 ^a	9,98±1,0 ^b	0,0408*	8,50±0,50	8,77±1,0	9,57±0,3	10,4±0,5	0,605
NR1	11,7±0,6	12,1±0,6	0,4239	11,28±0,60 ^a	12,47±0,60 ^b	0,0381*	11,07±0,14	11,5±1,0	12,30±0,5	12,6±0,5	0,9145
NR2	77,8	92,3	0,1733	87,90	82,18	0,5652	85,80±6,0	90±5,0	69,80±11	94,6±12	0,3142
NF1	11,7±0,6	12,07±0,6	0,4239	11,28±0,60 ^a	12,47±0,60 ^b	0,0381*	11,07±0,14	11,5±1,0	12,30±0,5	11,5±0,5	0,9145
NF2	77,15	90,6	0,2495	87,90	79,82	0,4715	85,80±6,0	90±5,0	68,50±12	91,1±14	0,4148

Légende : Casamance = Casa ; Diobass = Diob ; Sous solage = SS ; Témoin = Tem ; * significatif au seuil de 0,05.

Logiciel d'analyse : Statistix 10

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Tableau 5. Estimation de la floraison en fonction de l'ordre des branches et de la fructification (nombre de fruits et branches en fructification) sous l'effet du sous solage et de la provenance.

Variables	Provenances		P>F	Sous-solage		P>F	Interaction prov α ss				P>+F
	Casa	Diob		SS	Tem		Casa SS	Diob SS	CasaTem	DiobTem	
NR1FL	11,48±0,6	12,07±0,6	0,2509	11,30±0,6	12,20±0,6	0,1027	11,20±0,1	11,50±1	11,80±1	12,60±0,5	0,6057
NR2FL	57,3	55,23	0,7332	69,38 ^a	43,17 ^b	0,0041*	72,2±4,2	66,60±7	42,40±6,3	43,90±8,3	0,5651
NV	2,85	9,12	0,1476	0,23 ^a	11,73 ^b	0,0225*	0,13±0,1	0,70±0,2	5,60±2,2	17,90±7,4	0,1588
NB1FR	0,6±0,3	1,233±0,3	0,0894	0,10±0,3 ^a	1,80±0,3 ^b	0,0011*	0,07±0,03	0,70±0,03	1,20±0,4	2,40±0,5	0,0894
NB2FR	0,8±3,5	2,7±3,5	0,1447	0,10±3,5 ^a	3,40±3,5 ^b	0,0205*	0,07±0,03	0,70±0,03	1,60±0,7	5,30±2,1	0,1447
NBFRT	1,4±5,6	3,8±5,6	0,1293	0,10±5,6 ^a	5,20±5,6 ^b	0,0091*	0,07±0,03	0,70±0,03	2,80±1,2	7,60±2,5	0,1293
NFT	132,5	132,7	0,9949	148,93	116,26	0,3497	143,6±35	154±54	121,40±10	111,10±21	0,7550

Logiciel d'analyse : Statistix 10 * significatif au seuil de 0,05.

Casa=Casamance ; Diob = Diobass ; SS = sous solage ; Casa SS = parcelle travaillée provenance Casamance ; Diob SS = parcelle témoin provenance Casamance ; CasaTem = parcelle travaillée provenance Diobass ; DiobTem = parcelle témoin provenance Diobass ; NR1FL =Nombre de ramifications primaires en floraison ; NR2FL = nombre de ramifications secondaires en floraison ; NV = nombre de fruits verts ; NB1FR = nombre de branches primaires en fructification ; NB2FR = nombre de branches secondaires en fructification ; NBFRT = nombre total de branches en fructification ; NFT = nombre de fruits total.

4. Effet du travail du sol et de la provenance sur quelques traits fonctionnels de *Jatropha curcas* L.

Après plantation, les mesures prises sur l'épaisseur moyenne des feuilles (Epmf) prélevées sur les plants âgés de 4 ans de *Jatropha curcas* ont varié significativement (Casamance: 0,334 mm; Diobass: 0,371 mm) en fonction de la provenance ($p = 0,05$; tableau 6). Par contre le sous - solage et l'interaction des facteurs n'ont pas eu d'effet significatif sur cette variable (Epmf).

A l'opposé, le poids frais des feuilles ($p = 0,009$; tableau 6) et l'étirement des feuilles âgées de deux mois ($p = 0,014$; tableau 6) ont significativement varié sous l'effet de l'interaction entre les deux facteurs (provenance et sous solage). En plus, le sous solage ($p = 0,018$; tableau 6) a eu un effet significatif sur le poids frais des feuilles.

Cependant, la teneur en matière sèche de la feuille (LDMC), l'étirement des feuilles d'un mois (Etir 1), la surface des feuilles (Surf F) et la Surface Spécifique des feuilles (SLA) n'ont pas significativement varié sous l'effet de la provenance, du sous - solage ou de l'interaction entre ces deux facteurs (tableau 6). L'étirement des feuilles de 2 mois et le poids sec des feuilles (Psf), n'ont pas non plus varié en fonction de la provenance (respectivement $p = 0,83$ et $p = 0,063$) mais le travail du sol avait tendance à baisser l'étirement et à augmenter le poids sec des feuilles. Cependant l'interaction entre les deux facteurs a eu un effet significatif ($p = 0,014$) sur cette variable.

5. Etude comparée des paramètres physicochimiques du sol sous et hors des houppiers de *Jatropha curcas* L.

L'analyse du tableau 7, révèle que les paramètres du sol n'ont pas varié entre le sol du sous houppier et le sol hors houppier. Les concentrations en ammonium et en phosphore du sol sous et hors houppier sont faibles. De même, pour des concentrations faibles, le nitrate a enregistré des valeurs qualitatives significativement différentes entre le sol sous houppier (concentration = faible) et le sol hors houppier (concentration = très faible).

Cependant, la concentration en potassium a été très élevée dans les deux types de sol. De même, les deux sols ont présenté un pH légèrement basique, pour une valeur moyenne de 7,5.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Tableau 6. Effet du travail du sol et de la provenance sur quelques traits fonctionnels: l'épaisseur des feuilles (Epmf), les poids frais (Pff) et sec (Psf) des feuilles, la teneur en matière sèche de la feuille (LDMC), l'étirement des feuilles d'un mois (Etir 1) et de deux mois (Etir 2), la surface des feuilles (Surf F) et la surface spécifique des feuilles (SLA)) des plants d *Jatropha curcas* âgés de trois ans, plantés en conditions irriguées sur le site de la SOCOIM (Bargny, Sénégal).

Variables	Provenances		P>F	Sous-solage		P>F	Interaction prov α ss				P>F
	Casa	Diob		SS	Tem		Casa SS	Diob SS	Casa Tem	Diob Tem	
Epmf	0,3±0,001	0,4±0,001	0,05	0,34±0,001	0,36±0,001	0,153	0,316±0,02	0,364±0,02	0,35±0,01	0,4±0,15	0,47
Pff (en g)	2,9±0,045	2,9±0,045	0,74	3,08±0,045 ^a	2,7±0,045 ^b	0,018	0,3±0,2	2,8±0,2	2,5±0,03	2,9±0,15	0,009
Psf (en g)	0,6±0,01	0,5±0,01	0,72	0,60±0,01	0,50±0,01	0,063	0,6±0,05	0,5±0,06	0,5±0,02	0,5±0,02	0,106
LDMC (mg g ⁻¹)	0,2±0,001	0,2±0,001	0,78	0,2±0,001	0,2±0,001	0,57	0,2±0,03	0,19±0,01	0,2±0,01	0,2±0,004	0,983
Etir 1	508,3	458,3	0,34	483,3	483,3	1,000	533,3±25	433,3±60	483,3±58	483,3±10	0,342
Etir 2	547,2	552,8	0,83	522,2	577,8	0,064	477,8±40,1	566,7±78	616,7±73	538,9±45	0,014
Surf F(en cm ²)	4986	980	0,37	459	5507	0,273	230,1	688,5	9742,2	1271,5	0,33
SLA(en cm ² .g ⁻¹)	0,011±0,0003	0,002±0,0003	0,36	0,012±0,0003	0,001±0,0003	0,276	0,0006±0,05	0,001±0,001	0,02±0,02	0,002±0,001	0,33

Logiciel d'analyse : Statistix 10 * significatif au seuil de 0,05.

Casa=Casamance ; Diob = Diobass ; SS = sous solage ; Casa SS = parcelle travaillée provenance Casamance ; Casa Tem = parcelle témoin provenance Casamance ; Diob SS = parcelle travaillée provenance Diobass ; Diob Tem = parcelle témoin provenance Diobass.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Tableau 7. Effet du houppier de *Jatropha curcas* L. sur les paramètres physico - chimiques du sol

variables Sols	Ammonium	Nitrate	Phosphore	Potassium	pH
Hors houppier	Faible	Très faible	Faible	forte Concentration de potassium	7,5
Sous houppier	Moyenne	Faible	Faible	forte Concentration de potassium	7,5

IV. Discussions

Le diamètre au collet de la tige principale et le diamètre du houppier n'ont pas significativement varié sous l'effet des facteurs travail du sol et provenance après 3 ans de plantation. Par contre la hauteur a significativement varié sous l'effet de l'interaction des deux facteurs dont les parcelles Casa Tem ont données les plus faibles hauteurs. La hauteur totale des plants de *Jatropha curcas* âgés de 3 ans a été de $1,90 \pm 0,01$ m chez la provenance Casamance et $2,12 \pm 0,01$ m chez Diobass. Elle a atteint 2,04 m dans la parcelle travaillée et 2,07 m dans la parcelle témoin. Ces résultats ont sensiblement confirmé les travaux de Chehaibi et al (2008) admettant que le travail du sol a un effet favorable sur le développement des plants. Il améliore en particulier la vitesse de croissance.

Cette même plantation a été étudiée par Barro (2010) avec une hauteur totale de $1,8 \pm 0,004$ m pour la provenance Casamance, $1,5 \pm 0,004$ m pour Diobass, 1,7 m dans la parcelle travaillée et dans le témoin. Les nouveaux résultats révèlent une nette augmentation de la croissance en hauteur des plants de *Jatropha curcas*. Huwe (2003) avait noté que le travail du sol influence à la fois les processus biotiques et abiotiques, la modification des propriétés structurales telles que des fissures, des agrégats et la continuité des pores, ainsi que l'aération des sols, les niveaux de température et l'humidité, ce qui devrait favoriser la croissance des végétaux. Dans notre étude, le travail du sol a amélioré la croissance en hauteur chez la provenance Casamance et a été dépressif chez Diobass. De même, la préparation du sol a influencé positivement le taux de survie chez la provenance Casamance et négativement chez Diobass. Dans l'ensemble, la parcelle travaillée a enregistré le taux de survie le plus élevé. Nos résultats sont meilleurs que ceux de Kobilke (1989) au Cap vert et de Heller (1992) au Sénégal qui ont indiqué des taux de survie 5 à 50% avec le semis direct.

Le travail du sol (sous - solage) a un effet significatif sur le nombre de ramifications primaires, le nombre de ramifications primaires haute, le nombre de ramifications primaires en feuillaison, le nombre de ramifications secondaires en floraison et le nombre de branches en fructification. Ces résultats corroborent avec les observations de Domergue & Pirot (2008) qui ont noté que la préparation du sol entraîne un développement arborescent plus rapide de la plante, avec une cime large. De même, Kouyaté *et al.*, (2008) ont rapporté que le travail du sol influence directement le développement des cultures. Dans ce même ordre d'idées, Eléonore *et al.* (2012) rapportent que plus le sol est travaillé en profondeur avec une fréquence élevée, plus grande sera la quantité de matière organique minéralisée pouvant engendrer un bon développement des plants de *Jatropha*.

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

Ce pendant, le travail du sol n'a pas un effet significatif sur la ramification primaire basse et sur la ramification secondaire. Néanmoins, les parcelles préparées ont enregistré le nombre de ramification le plus élevé.

Les résultats ont montré une augmentation de la croissance et de la ramification des plants de *Jatropha curcas* sous l'effet de la provenance et du travail du sol entre 2 (Barro, 2010) et 3 ans (Barro, 2013) dans le site de la SOCOCIM. Domergue et Pirot (2008) et Legendre (2008) ont noté qu'une ramification précoce de JCL aurait un effet déterminant sur le rendement car les inflorescences se développent seulement au bout des branches. Donc plus la plante a de branches, plus elle produit de fruits, ce qui peut augmenter le rendement dans cette plantation de la SOCOCIM.

Le choix de la provenance plus productive est un paramètre très délicat, car la production peut varier d'une année à l'autre et est même fonction de plusieurs facteurs. Des tests comparatifs de 13 variétés réalisés à Keur Samba Gueye et à Toubacouta (Heller, 1992) ont montré que les meilleurs résultats ont été obtenus avec la variété locale (collectée à Santhie Ram). Legendre (2008) révèle que les résultats obtenus à Beude Dieng par le projet italo-sénégalais SBE Sénégal tendent à indiquer que, sur une douzaine d'origines provenant de tous les continents, les plantes provenant de la zone de Sokone sont les plus homogènes et présentent le meilleur développement végétatif. De même, la dimension des graines (longueur, largeur et épaisseur), leur poids (100 graines, coque et amande), et leur taux de germination de deux provenances (Kaffrine et Nioro) a été suivi par Ly *et al.* (2015). La croissance en hauteur, du diamètre au collet et le nombre de feuilles ont été mesurés au bout de 60 jours. Les résultats obtenus ont montré que la provenance Kaffrine a des graines significativement plus lourdes (poids 100 graine = $71,50 \pm 1,22$ g, poids coque = $14,50 \pm 0,41$ g et poids amande = $22,75 \pm 0,50$ g), plus longues ($18,82 \pm 0,78$ mm) et plus larges ($11,41 \pm 0,42$ mm) avec des taux de germination (90%) plus importants que celles de Nioro (Ly *et al.*, 2015).

La plupart des traits fonctionnels (Epmf, Psf, LDMC, Etir1, Etir2, Surf f, SLA) n'ont varié ni entre les provenances ni même sous l'effet du sous - solage. Une feuille dense et à vaisseaux épais a une forte LDMC, contrairement à une feuille riche en tissus photosynthétiques. Une forte LDMC est souvent associée à une longue durée de vie des feuilles, car elle confère une meilleure résistance mécanique aux dégradations causées par la sécheresse et les frottements (vent) (Bumb, 2012).

Cependant, les valeurs de la teneur en matière sèche (LDMC) et de la surface foliaire spécifique obtenues dans cette étude sont très faibles et les plants de JCL ont montré une crois-

Caractérisation du développement et de la productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol à Bargny au Sénégal

sance plus ou moins lente. Ces résultats confirment les travaux de Westoby (1998) qui affirmait que les fortes valeurs de SLA caractérisent des plants à croissance rapide produisant de grandes feuilles mais dont la longévité est faible, alors que de fortes valeurs de LDMC caractérisent des plantes dont les organes foliaires accumulent des nutriments et constituent d'importants pools de stockage donc avec un faible turnover des tissus.

Selon Westoby *et al.*, (2002), les espèces à SLA élevée présentent des stratégies de production rapide de matériel foliaire et un renouvellement fréquent des feuilles. Elles sont efficaces dans l'acquisition des ressources, mais peu dans la conservation des nutriments dans leurs tissus.

Ces affirmations montrent que les plants de *J. curcas* n'ont pas une croissance rapide et ont une fréquence faible pour le renouvellement des feuilles sur le site de Bargny.

V. Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet du travail du sol et de la provenance sur la croissance et la productivité des plants de *Jatropha curcas*. L'étude a révélé que le sous - solage et la provenance n'ont pas d'effet sur les variables de croissance et sur la plupart des traits fonctionnels foliaires. Cependant, le nombre de branches en floraison et en fructification ont varié significativement sous l'effet du sous - solage. La ramification est sensiblement plus élevée dans la parcelle préparée que dans le témoin. De même, le taux de survie est meilleur dans la parcelle travaillée par rapport au témoin.

L'interaction des facteurs provenance et sous-solage a eu un effet sur la croissance en hauteur et le taux de survie des plants de JCL. Par contre elle n'a aucun effet sur la ramification des plants de JCL.

La production d'un plant de *Jatropha curcas* L. serait donc en fonction de la ramification. Quelle méthode à appliquer aux plants de *Jatropha* pour augmenter le nombre de ramifications ? La taille des branches serait – elle une bonne stratégie pour stimuler la ramification ? Ces interrogations ont justifié la partie suivante de notre étude.

Chapitre 4. Effet des tailles de gestion et de la maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Ce chapitre a été rédigé sous forme d'un article soumis pour publication dans la revue «International Journal of Biological and Chemical Sciences» le 02 septembre 2015. Il est intitulé, effet des tailles de gestion et de la maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L. Cet article décrit d'une part l'influence de la taille de gestion et de la provenance sur la croissance et la ramification des plants de *Jatropha curcas* L.. Il identifie d'autre part l'effet de l'état de maturité des fruits et de la provenance sur la production des fruits, la teneur et la qualité de l'huile des graines de *Jatropha curcas* L. Il montre également le rapport entre ramification et production des fruits des plants de *Jatropha curcas* L.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

L. BARRO^{1*}, S.A.N. SAMBA², M. DIATTA³ B. DIOP¹, L.E. AKPO¹

¹*Laboratoire d'Ecologie Végétale et d'Eco-hydrologie, Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005 Dakar, Sénégal.*

²*Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, Université de Thiès, B.P. 967 Thiès, Sénégal.*

³*Centre National de Recherches Forestières (CNRF), B.P. 2312 Hann, Dakar, Sénégal*

RESUME

Jatropha curcas L. (JCL) est une espèce oléagineuse dont l'huile peut servir comme biocarburant. La présente étude s'est intéressée aux effets des facteurs travail du sol et gestion des plants de JCL sur les performances de l'espèce et à l'effet du facteur stade de maturité des graines sur la teneur et sur la qualité de l'huile, en fonction des provenances. Les résultats ont montré un effet significatif des facteurs ($p < 0,05$) sur la croissance, la ramification des plants, la quantité et la qualité de l'huile des graines de JCL. La gestion a favorisé l'augmentation de rameaux d'où une meilleure production de fruits. Par ailleurs, les graines des fruits jaunes (séchées après 7 jours) ont donné une teneur en huile (30,21g) et une viscosité ($35,37 \pm 0,10$ cSt) plus élevées que celles obtenues à partir des graines des fruits noirs (respectivement 23,45g et $35,285 \pm 0,10$ cSt) ou des fruits verts (17,771g et $35,08 \pm 0,10$ cSt). Nous constatons ainsi que la gestion des plants augmente la ramification des plants de JCL et par conséquent la production de fruits et que le fruit jaune constitue le stade de maturité optimal pour une teneur en huile plus élevée.

Mot clés: Croissance, provenance, qualité de l'huile, ramification, teneur en huile.

Effect of tree management and fruit maturity stage on *Jatropha curcas* L. productivity.

ABSTRACT

Jatropha curcas L. (JCL) is an oleaginous species whose oil can serve as biofuel. This research aimed to study the effects of sub soiling and tree management on the performances of different JCL provenances but also the effect of fruits maturity stage on the oil content and oil quality of their seeds. Four factors (sub soiling, tree management intensity, fruit maturity stage and seeds origins or provenances) were studied. The results have shown a significant effect of all factors ($p < 0.05$) on JCL growth, branching, and on JCL seed oil content and quality. Tree management favored twigs and fruits production. Besides, dried seeds of yellow fruits gave a higher oil content (30.21g) and viscosity (35.37 ± 0.10 cSt) than those obtained from black fruits (23.45g and 35.285 ± 0.10 cSt, respectively) or from green fruits (17.771g et 35.08 ± 0.10 cSt). So we noticed that tree management increases branching pattern of JCL plants and consequently fruit production and that the yellow fruit stage constitutes the optimal maturity period for a higher seed oil content.

Keywords: Branching, increment, oil content, oil quality, provenance.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Introduction

L'intérêt grandissant pour les biocarburants, partout dans le monde, a été alimenté par le désir de réduire les émissions de gaz à effets de serre provenant des carburants fossiles traditionnels, tout en améliorant la sécurité des réserves de carburants et en encourageant le développement rural (Rangi, 2007). Les politiques en faveur du développement durable et la récente crise énergétique mondiale créent une opportunité de valorisation des huiles végétales comme biocarburant à travers le monde (Jayasingh, 2004). Grâce à ses potentialités, dont la récupération des sols dégradés, l'utilisation de ses plants comme haie vive mais aussi et surtout de son huile comme biocarburant, *Jatropha curcas* (JCL) suscite un grand intérêt dans divers organismes de développement (Datta *et al.*, 2007).

JCL est une plante originaire d'Amérique tropicale mais qui est maintenant répandue dans toutes les régions tropicales arides et semi arides du monde. Membre de la famille des Euphorbiacées, elle est une plante pérenne résistante à la sécheresse. Elle peut croître sur des sols pauvres et peut vivre jusqu'à 50 ans. Son rendement agricole varie de 123 kg/ha de graines pour des plantations de 2 ans à 350 kg/ha à 4 ans (Diédhiou, 2009). Selon Pirot et Hamel (2012), des rendements en graines de 200 kg/ha durant les mauvaises années et 800 kg/ha durant les bonnes années ont été observés. Les résultats de Barro *et al.* (2013) ont montré un an après plantation que le nombre de fruits par arbre variait entre 12 et 16. Deux ans après plantation ce nombre a été supérieur à 18.

Ces rendements en fruits et graines étant très faible en plantations pluviales en zone soudano-sahélienne à Bargny au Sénégal, il serait important de trouver des stratégies pour les augmenter. Ainsi, la stimulation d'une ramification importante par les tailles de gestion des plants et/ou le choix de provenances à forte ramification seraient des voies intéressantes à étudier pour augmenter le rendement. Par ailleurs, peu de données sont disponibles sur la quantité et la qualité de l'huile en fonction des provenances et de l'état de maturité des fruits de JCL. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude qui tente d'apporter des réponses aux questions ci-après:

- quelle est le type de gestion à appliquer aux arbres pour obtenir une meilleure productivité de JCL?
- à quel stade de maturité des graines de JCL obtient-on une plus grande quantité d'huile et une meilleure qualité d'huile ?

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Cette étude a ainsi pour objectifs de déterminer :

- les effets de la taille de gestion, et de la provenance) sur les performances (croissance des fruits, vigueur des graines ...) des plants de JCL.
- les effets de la provenance et de l'état de maturité des fruits sur la teneur et la qualité de l'huile des graines de JCL.

I. Matériel et méthodes

Une plantation de 625 plants à l'hectare (4 m x 4 m) a été réalisée dans la réserve foncière de la SOCOCIM en 2008. Les plants de *Jatropha curcas* L. ont été irrigués après plantation à raison de deux arrosages de 16 l/plant/semaine durant 12 mois. L'influence des facteurs provenance, travail du sol, taille/recépage des branches et stade de maturité des fruits sur les variables morphologiques des plants et des graines de JCL et sur la quantité et la qualité de son huile a été étudiée.

Le travail du sol avait deux niveaux: sous - solage croisé et témoin sans travail du sol. La taille de gestion des branches a été appliquée sur les branches secondaires des plants de *Jatropha curcas* selon quatre modalités: 0% des branches taillées; 25% des branches taillées; 50% des branches taillées; 100% des branches taillées. La taille a été faite à partir du 4^{ème} nœud à compter du point d'insertion de la branche.

Le facteur « provenance » comptait deux niveaux (Diobass et Casamance). Le facteur « maturité des fruits » avait trois modalités (fruits verts, fruits jaunes et fruits noirs). La combinaison des différents niveaux des facteurs (provenances, travail du sol, taille de gestion et maturité des fruits) a donné un total de 48 traitements avec 3 répétitions/traitement, soit 144 unités expérimentales. Les variables suivantes ont été suivies:

1. **la croissance des fruits:** dans chaque parcelle élémentaire le diamètre de 16 fruits choisis au hasard sur 4 différents plants, à raison de 4 fruits/plant, a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse électronique. Les mesures ont été effectuées une fois par semaine jusqu'à ce que le diamètre ne varie ;
2. **la vigueur des graines** a été suivie comme suit: 50 graines issues de fruits verts ont été semées sur place en même temps que 50 graines provenant de fruits noirs et 50 graines de fruits jaunes. Ainsi le décompte quotidien des graines germées avait commencé depuis le premier jour du semi jusqu'à 2 semaines ;

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

3. **le nombre de ramifications secondaires** avant la taille de gestion (NR2AVT) (témoin), le nombre de ramifications secondaires total un mois après la taille des plants (NR2APT)
4. **Le taux de ramification** (Tx/Ram%) après la taille de gestion:

$$\text{Tx/Ram\%} = \frac{(\text{NR2APT} - \text{NR2AVT})}{\text{NR2AVT}} * 100$$

5. **le diamètre au collet** de la tige principale (DCTP);
6. **les diamètres du houppier** suivant la direction parallèle à la ligne de plantation et suivant la direction perpendiculaire à la ligne de plantations;
7. **les caractéristiques morpho - métriques des graines** (longueur: axe longitudinal, largeur: axe radial, épaisseur: axe latéral);
8. **la qualité et la quantité de l'huile** ont été déterminées et comparées en fonction de la provenance, du travail du sol et du stade de maturité des fruits.

La qualité et la quantité de l'huile ont été déterminées et comparées entre les parcelles d'une même provenance (parcelle travaillée et témoin) entre les provenances mais aussi en fonction de l'état de maturité des fruits

8.1. Quantité de l'huile

Pour la détermination de la *quantité de l'huile* des graines, la méthode au « soxhlet » a été utilisée. Pour le principe d'extraction, trois lots de fruits (fruits verts, fruits jaunes, fruits marron ou noirs) de chaque provenance ont été prélevés, décortiqués, puis broyés à l'aide d'un broyeur, séparément. Les 100 g de chaque broyat ont été placés à tour de rôle dans une cartouche en cellulose. L'extracteur a été placé sur un ballon contenant du solvant (N-hexane) et chauffé, provoquant ainsi l'évaporation du solvant qui est passé dans le tube adducteur, puis s'est condensé grâce au réfrigérant, avant de retomber dans le corps de l'extracteur. Le solvant condensé s'est accumulé dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du tube siphon, qui a provoqué le retour du liquide dans le ballon, accompagné des substances extraites. Le solvant contenu dans le ballon s'est enrichi progressivement de composés solubles, principalement d'huile. Le cycle a été répété 5 à 6 fois dans les quatre heures jusqu'à épuisement complet de l'échantillon.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

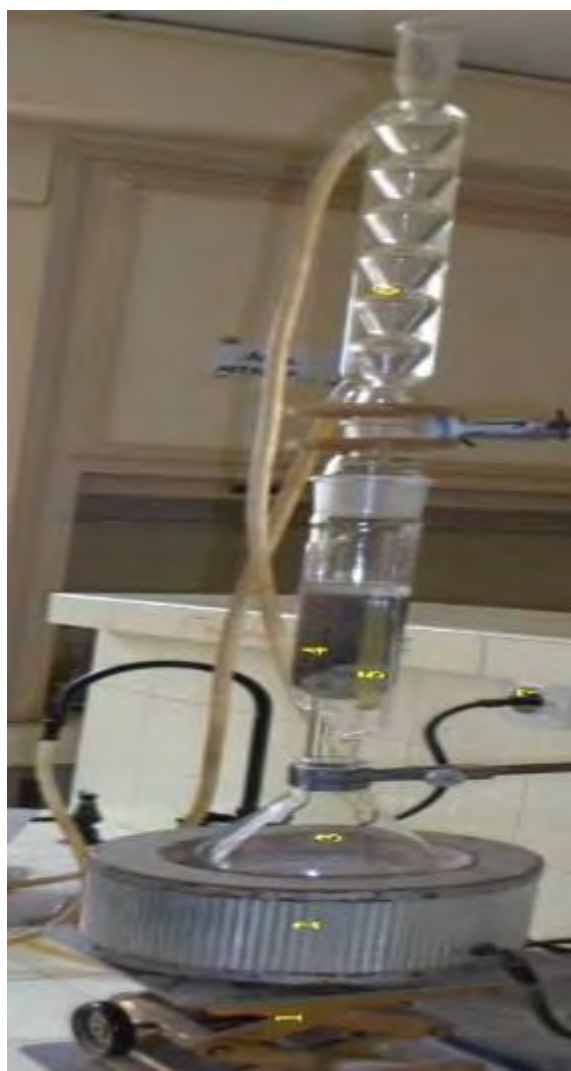


Figure 12. Extraction de l'huile de *Jatropha curcas* L. au soxhlet.

1 : élévateur ; 2 : chauffe ballon électrique ; 3 : ballon 1 litre ; 4 : cartouche en cellulose ; 5 : siphon extracteur ; 6 : réfrigérant ; 7 : source électrique.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

8.2. Qualité de l'huile

8.2.1. Le pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire a été déterminé à l'aide du polarimètre polartronic E (figure 12) avec une cuve de longueur 5 cm.



Figure 13. Polartronic E avec une cuve de longueur 5 cm.

Légende : 1= molette 1; 2= interrupteur ; 3= molette 2.

Le principe consiste à utiliser une fiole jaugée de 10 ml, tarée, on mesure 0,5 g d'huile de *Jatropha curcas*, noté (m), ensuite est ajouté de l'hexane jusqu'au trait de jauge. Après agitation on introduit la solution dans la cuve qu'on dépose entre l'analyseur et le polariseur du polarimètre. Ensuite la mise au point est faite en regardant dans le viseur de graduation que le zéro de graduation est bien dans le champ de vision. La déviation correspondante est ensuite lue dans le viseur de graduation, c'est le pouvoir rotatoire lu et à partir duquel nous avons déduit la valeur du pouvoir rotatoire spécifique.

On dit que la substance est dextrogyre (ou +) quand la substance fait tourner le plan de polarisation de la lumière polarisée vers la droite; la substance est lévogyre (ou -) quand la substance fait tourner le plan de polarisation de la lumière polarisée vers la gauche.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Nous avons déterminé le pouvoir rotatoire de l'huile de *Jatropha curcas* en utilisant la conversion suivante:

$$[\alpha]_D = \frac{\alpha \text{ mesuré} \times 10}{M}$$

M : masse de produit en g.

α : pouvoir rotatoire lu de la substance

$[\alpha]_D$: pouvoir rotatoire spécifique de la substance

8.2.2. Viscosité cinématique

C'est l'une des propriétés les plus importantes, elle est caractérisée par la résistance de l'huile à l'écoulement. Les températures à la quelle on la mesure sont habituellement 40 °C et 100 °C du fait qu'on suppose qu'un moteur hors service se met à une température 40 °C et en service il est à 100 °C.. L'huile forme un film protecteur et évite ainsi le contact direct des pièces métalliques les une avec les autres.

La mesure était de 250 secondes au minimum, un bain de 40 °C a été utilisé et surveillé pour que la variation de la température n'excède pas 0,02 °C. Un viscosimètre propre et sec qui couvre la zone de viscosité cinématique présumée a été choisi et à l'aide de la pompe à vide, on a effectué une aspiration afin de dégager tout éventuel obstacle. L'échantillon a été agité vigoureusement dans son réceptacle et introduit dans le viscosimètre.

Le tube nettoyé a ensuite été monté sur un support afin de le fixer verticalement dans le bain. Le tout a été maintenu durant 10 à 20 minutes pour permettre un équilibre thermique entre l'échantillon et le bain. Par aspiration, le produit a été ramené dans la partie capillaire du tube, à 5 mm au-dessus du repère haut. Puis, il a été mesuré à l'aide d'un chronomètre de précision, le temps d'écoulement par gravité du produit entre les repères haut et bas.

Deux mesures ont été effectuées pour déterminer la viscosité cinématique en calculant la moyenne arithmétique des deux temps d'écoulement lorsqu'ils sont concordants (0,2 seconde). La viscosité du liquide a été déterminée par la formule suivante:

KV = Viscosité cinématique

$KV \text{ (cSt)} = T \times C$ avec C = Constante du tube

T = Temps d'écoulement en secondes

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas L.*

Cependant la constante du tube doit être vérifiée au moyen des tests standard certifiés. Les résultats de la viscosité cinématique sont exprimés avec 04 chiffres significatifs.

- . 02 Bains thermostatiques de viscosité cinématique à 40 et à 100 °C
- . 02 thermomètres (pour viscosité à 40 ou à 100 °C) liquides glass
- . Viscosimètres
- . Pompe à vide
- . Chronomètres



Figure 14. Bain thermostatiques de viscosité cinématique

8.2.3. Point d'écoulement

Le point d'écoulement d'un produit lubrifiant correspond à la température en dessous de laquelle le produit est complètement figé et ne peut plus s'écouler; ce test s'applique à toutes les productions d'huiles lubrifiantes moteurs.



Figure 15. Appareil de mesure de point d'écoulement

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Ainsi pour déterminer le point d'écoulement, on a remplis le tube avec l'huile jusqu'au trait de limite puis on l'a introduit dans l'un des trous de l'appareil. A l'aide d'un tableau numérique à bord de l'appareil on règle la température suivant les valeurs – 8°C, -33°C, -51°C, -69°C si le produit ne congèle pas.

8.2.4. Point éclair (flash point)

Le point d'éclair est la température minimale à laquelle les vapeurs d'un liquide s'enflamment, soit de manière spontanée (on parle alors d'auto inflammation), soit par l'intermédiaire d'une flamme pilote.

Un liquide, en soi et d'un point de vue purement physique, n'est pas inflammable. C'est le mélange des vapeurs du liquide dans l'air qui peut former un mélange gazeux inflammable. Le point d'éclair est donc défini comme la température la plus basse à laquelle le liquide fournit suffisamment de vapeurs pour former, avec l'air ambiant, un mélange gazeux qui s'enflamme sous l'effet d'une source d'énergie calorifique telle qu'une flamme pilote. Pour les produits lubrifiants il est toujours supérieur ou égal à 150 °C. Ce test s'applique à toutes les productions d'huiles lubrifiantes.

La détermination du point d'éclair a été réalisée comme suit. Le vase ouvert de Cleveland préalablement propre et sec a été rempli par l'échantillon jusqu'au trait de jauge (volume correspondant à 70 ml). L'excédent est toujours éliminé à l'aide d'une seringue. La touche On/Off est enfoncée après que la prise d'essai ait été placée sur la plaque chauffante de l'appareil automatique. Après l'ouverture du robinet de gaz, la veilleuse a été allumée et le bras de flamme pour un diamètre de la flamme réglé de 3,2 à 4,8 mm.

La température de l'échantillon monte rapidement jusqu'à 56 °C en - dessous de la valeur présumée. A partir de cette température le bras de flamme commence à passer au - dessus du vase. La flamme s'est présentée à chaque montée de 2 °C jusqu'au point d'éclair. Cette manipulation a été faite à l'aide de la touche *sweep*, à cet effet, le passage de la flamme n'a pas dépassé une seconde. A la fin de l'analyse, la valeur correspondante est relevée au point d'éclair du produit.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Réactif et matériel connexe de l'appareil

- Appareil automatique de Cleveland
- Une sonde en platine (pt 100) pour test de température
- Vases de Cleveland
- Butane pour alimenter la flamme
- Xylène pour nettoyage préliminaire des vases de Cleveland
- Briquet



Figure 16. Appareil automatique de Cleveland

8.2.5. Densité

On parle de densité ou masse volumique d'un liquide à une température donnée, le quotient de sa masse par son volume, elle s'exprime en kilogramme par mètre cube, dans le domaine du pétrole elle est généralement donnée à 15 °C.

Le thermo densimètre est plongé dans l'échantillon à étudier et trempé jusqu'à ce que les chiffres indiquant la densité et la température soient stables. Les deux valeurs sont ensuite relevées et utilisées à l'aide d'un livre ASTM pour faire la conversion à 15 °C.

Analyses statistiques

Les données collectées ont été saisies sur Excel. Le logiciel Statistix 10 a été utilisé pour effectuer une analyse de variance afin de détecter des différences significatives entre les traitements, suivie du test de comparaison de moyennes de Tukey pour identifier les traitements significativement différents. Auparavant le test de Bartlett (1947) a permis de vérifier l'homogénéité des variances.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

II. Résultats

1. Effet de la taille de gestion et de la provenance sur la croissance et l'architecture des plants de *Jatropha curcas* L.

La croissance des plants a significativement varié en fonction de l'interaction entre les niveaux de taille et les provenances (tableau 10). Le diamètre au collet de la tige principale des plants de JCL taillés à 100% ou à 25% n'a pas varié mais il a significativement été différent de celui des plants taillés à 50% ($p = 0,0237$), quelle que soit la provenance considérée. Cependant, la valeur moyenne du diamètre au collet de la tige principale était plus faible ($p = 0,0173$) chez la provenance Casamance ($12,50 \pm 2,24$ cm) que chez la provenance Diobass ($15,20 \pm 2,24$ cm).

L'analyse a également montré que le diamètre moyen du houppier a varié ($p = 0,0454$) entre les provenances avec $2,50 \pm 0,13$ m pour la provenance Casamance et $2,92 \pm 0,13$ m pour Diobass. Cependant, le nombre de ramifications n'a pas varié entre les provenances avant les tailles de gestion. Après les tailles de gestion, des effets hautement significatifs ont été observés sur le nombre de ramifications secondaires ($p = 0,0069$) et sur le taux de ramifications ($p = 0,0020$). Ce taux était plus élevé chez les plants taillés à 100% que chez ceux taillés à 50% et 25% (respectivement $41,70 \pm 2,90\%$; $33,50 \pm 2,90\%$ et $25,48 \pm 2,90\%$) chez la provenance Casamance. La même tendance a été notée chez la provenance Diobass avec $44,30 \pm 2,90\%$; $32,29 \pm 2,90\%$ et $23,06 \pm 2,90\%$, respectivement pour les plants taillés à 100%, 50% et 25%.

La différence du nombre de ramifications secondaires après taille et du nombre de ramifications secondaires taillées a été plus importante chez la provenance Diobass (100,56) que chez Casamance (72,45). De même, cette différence s'est illustrée mieux chez les plants taillés à 25% (78 pour Casamance et 123,30 pour Diobass) par rapport à ceux taillés à 100% (76,30 Casamance et 123,30 Diobass) et à 50% (63,30 Casamance et 57 Diobass). Dans le même sillage, les plants à diamètre au collet de la tige principale élevé ont enregistré un nombre de ramifications plus important par rapport au pied de petit diamètre.

La provenance et l'interaction des facteurs (taille de gestion et provenance) n'ont pas eu un effet significatif sur le diamètre du houppier suivant la direction de la plantation ($p = 0,7847$) et le diamètre moyen du houppier ($p = 0,216$). De même, la provenance n'a pas eu d'effets significatifs sur les variables suivantes (tableau 10) : nombre de ramifications secondaires avant taille (0,0905), nombre de ramifications secondaires taillées ($p = 0,4164$),

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

nombre de ramifications secondaires après taille de gestion ($p = 0,128$), taux d'augmentation de la ramification ($p = 0,9382$), diamètre de houppier sous la direction de la plantation ($p = 0,3935$).

Néanmoins, l'analyse a montré que les plants qui ont un diamètre moyen du houppier élevé, ont présenté un nombre de ramifications avant et après taille plus importants.

Tableau 8. Effet de la taille de gestion et de la provenance sur la croissance et la ramification des plants de *Jatropha curcas* L. âgés de 4 ans.

Variables	Facteur taille de gestion des plants							Facteur Provenance		
	Provenance Casamance			Provenance Diobass			P>F	Casamance	Diobass	P>F
	100% Taillées	50% Taillées	25% Taillées	100% Taillées	50% Taillées	25% Taillées				
DCTP	12,70±3,18 ^a	10,80±3,18 ^b	13,70±3,18 ^a	16,20±3,18 ^a	13±3,18 ^b	16,2±3,18 ^a	0,0237	12,50±2,24 ^a	15,2±20,24 ^b	0,0173
NR2AV	54±10 ^a	42,33±10 ^b	53±10 ^a	76,33±10 ^a	40,33±10 ^b	95±10 ^a	0,0257	49,88±8	70,55±8	0,0905
NR2T	54±6,40	21±6,40	13,3±6,40	76,33±6,40	20±6,40	23,66±6,40	0,0002	29,44±9	40±9	0,4164
DH1	2,44±0,30	2,54±0,30	2,91±0,30	3,07±0,30	2,69±0,30	2,80±0,30	0,7847	2,63±0,18	2,85±0,18	0,3935
DH2	2,52±0,20	1,96±0,20	2,62±0,20	3,17±0,20	2,74±0,20	3,07±0,20	0,0187	2,37±0,13 ^a	2,99±0,13 ^b	0,0055
DHM	2,48±0,24	2,25±0,24	2,77±0,24	3,12±0,24	2,72±0,24	2,94±0,24	0,216	2,5±0,13 ^a	2,92±0,13 ^b	0,0454
NR2APT	130,30±18,60	84,33±18,60	91±18,60	197,67±18,60	77±18,60	147±18,60	0,0069	101,89±16,90	140,56±16,90	0,128
TX /Ram	41,70±2,90	33,50±2,90	25,48±2,90	44,30±2,90	32,29±2,90	23,06±2,90	0,0020	33,57±3,24	33,22±3,24	0,9382

Logiciel d'analyse : Statistix 10 *significatif au seuil de 0,05.

DCTP = diamètre au collet de la tige principale, NR2AV = nombre de ramifications secondaires avant taille, NR2T = nombre de ramifications secondaires taillées, NR2APT = nombre de ramifications secondaires après taille de gestion, TX/Ram = taux d'augmentation de la ramification, DH1 = diamètre de houppier sous la direction de la plantation, DH2 = diamètre du houppier sous la direction perpendiculaire à la plantation, DHM = diamètre moyen du houppier.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

2. Effet de la provenance et du travail du sol sur la croissance des fruits de *Jatropha curcas*

La figure 16 montre l'évolution des fruits, âgés de moins d'une semaine. La croissance de ces fruits a duré 5 semaines soit 35 jours; à partir de la sixième semaine, l'épaisseur des fruits a plafonné à 26,25 mm, valeur qui est restée constante par la suite. L'épaisseur des fruits de la provenance Casamance, dans la parcelle travaillée (sous - solage), a été sensiblement supérieure à celle de la parcelle témoin (sans travail du sol). Cependant, pour la provenance Diobass, elle a été meilleure au niveau du témoin durant les trois premières semaines, ensuite aucune différence n'a été enregistrée entre l'épaisseur des fruits des plants de la parcelle témoin et celle des fruits des plants de la parcelle travaillée.

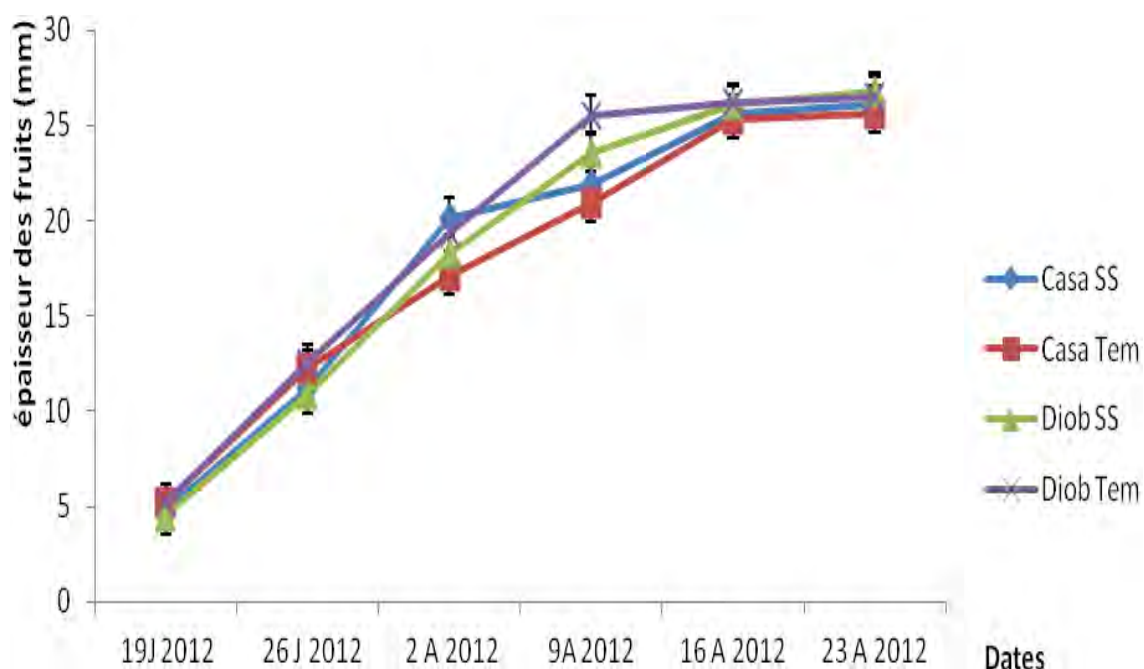


Figure 17. Effet de la provenance [Casamance (Casa), Diobass (Diob)] et du travail du sol [sous - solage (SS), témoin(Tem)] sur la croissance des fruits (J = Juillet, A = Aout).

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

3. Effet de la provenance sur les caractéristiques morpho métriques des graines de *Jatropha curcas* L.

La longueur ($p = 0,4647$), la largeur ($p = 0,5351$) et l'épaisseur ($p = 0,0887$) des graines de JCL n'ont pas varié en fonction de la provenance (tableau 11).

Tableau 9. Effet de la provenance sur les caractéristiques morpho métriques (longueur, largeur et épaisseur) des graines de *Jatropha curcas* L.

Variables	Facteur Provenance	
	Casamance	Diobass
Longueur	17,279±0,097	17,403±0,097
Largeur	11,368±0,063	11,435±0,063
Epaisseur	8,75±0,024	8,86±0,024

4. Vigueur des graines en fonction de la maturité des fruits de *Jatropha curcas* L.

La germination des graines de JCL semées à faible profondeur à coté des carrières d'extraction de calcaire de la SOCOCIM Bargny (1 - 2 cm) a commencé le septième jour après semis et arrosage soit 16 litres / jour (Fig. 14). Elle a été progressive jusqu'au dixième jour. Le taux de germination des graines issues des fruits jaunes a été plus important (66%) que celui des graines issues des fruits noirs (28,5%) et des graines des fruits verts (3,5%). Les graines des fruits jaunes présentaient ainsi une plus grande vigueur que les autres issues des fruits verts ou noirs.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

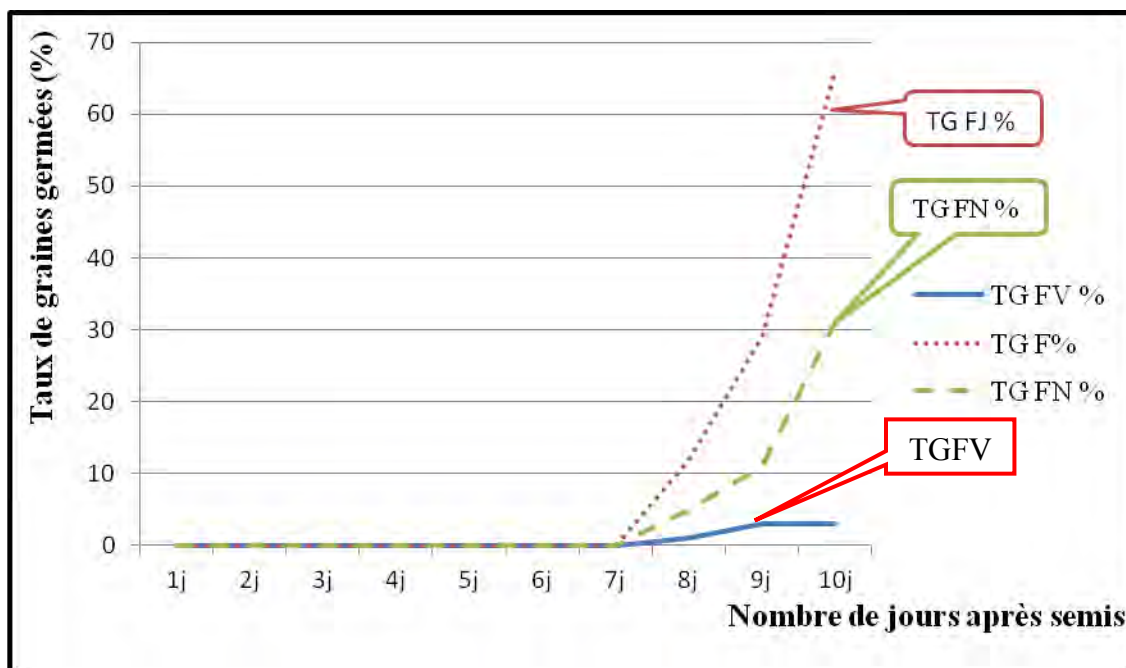


Figure 18. Vigueur des graines de *Jatropha curcas* L. en fonction de leur état de maturité

TGFJ % = taux de germination des graines issues des fruits jaunes, TGFN % = taux de germination des graines issues des fruits noirs, TGFV % = taux de germination des graines issues des fruits verts

5. Effet de la provenance et de l'état de maturité des fruits sur la teneur en huile des graines de *Jatropha curcas* L.

La masse de l'huile des graines de JCL et la masse de matière sèche (masse du Marc) n'ont pas varié significativement entre les provenances (respectivement $p = 0,8906$ et $p = 0,9674$). Par contre, l'état de maturité des fruits a eu un effet hautement significatif sur la teneur en huile ($p = 0,0009$) et sur la masse du Marc ($p = 0,00034$). La teneur en huile a été plus élevée dans les graines des fruits jaunes (30,217 g) que dans les fruits noirs (23,450 g) et dans les fruits verts (17,771 g). La masse du Marc dépend de celle de l'huile, elle diminue quand cette dernière augmente.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

Tableau 10. Effet de la provenance et de l'état de maturité des fruits sur la teneur en huile des graines des plants de *Jatropha curcas* L. âgés de 4 ans.

Variables	Provenance		P>F	Etat de maturité des fruits			P>F
	Casamance	Diobass		Vert	Jaune	Noir	
Masse huile (en g)	25,044	24,594	0,8906	17,771	30,217	23,450	0,0009
Masse du Marc (en g)	73,474	73,337	0,9674	80,921	68,567	73,950	0,0034

Logiciel d'analyse : Statistix 10 ; *significatif au seuil de 0,05.



Figure 19. Gamme de la quantité de l'huile des graines de *Jatropha curcas* L dans cet ordre Casamance (C) fruits Jaune (J), Diobass (D) fruit Jaune (J), D fruit noir (N), C N, C fruit vert (V), D V.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

6. Effet de la provenance et de l'état de maturité des fruits sur la qualité de l'huile des graines de *Jatropha curcas*.

La provenance et l'état de maturité des fruits n'ont pas eu d'effets significatifs sur la densité (respectivement $p = 0,168$ et $p = 0,427$), le flash point ($p = 0,1835$ et $p = 0,500$) et la polarimétrie ($p = 0,4226$ et $p = 0,500$) de l'huile. Par contre, la viscosité ($p = 0,004$) a varié en fonction de la provenance mais elle a été la même pour tous les stades de maturité des fruits ($p = 0,319$). La viscosité moyenne de l'huile des graines de JCL, en fonction du stade de maturité des fruits, était de $35,24 \pm 0,10$ cSt.

Tableau 11. Qualité de l'huile des graines de *Jatropha curcas* L. sous l'influence de la provenance et de l'état de maturité des fruits.

Variables	Provenance		P>F	Etat de maturité des fruits			P>F
	Casamance	Diobass		Vert	Jaune	Noir	
Densité	873±0,56	874,7±0,56	0,168	872,1±0,69	874,1±0,69	874,50±0,69	0,427
Flash point	186,67±0,47	188±0,47	0,1835	187±0,57	188±0,57	187±0,57	0,500
Viscosité	34,32±0,083	36,17±0,083	0,0040	35,08±0,10	35,37±0,10	35,285±0,10	0,319
Polarimétrie	-6,67	0,000	0,4226	0,000	0,000	-1,00	0,500

Logiciel d'analyse : Statistix 10 ; *significatif au seuil de 0,05.

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

III. Discussion

Les variables de croissance notamment le diamètre au collet de la tige principale et le diamètre du houppier ont montré une différence significative entre les provenances (Diobass et Casamance). Ces résultats sont en harmonie avec ceux d'Ahoton *et al.* (2011) qui ont observé des différences hautement significatives du diamètre au collet de la tige principale entre plusieurs provenances de *Jatropha curcas*. De même, Ly *et al.* (2014) ont montré que les taux de croissance du diamètre au collet des provenances Nioro et Kaffrine ont varié en fonction de la salinité du sol.

Pour toutes les provenances, la ramification (avant et après taille) a varié sous l'effet des tailles de gestion des plants de JCL. C'est la même tendance qui a été observée pour le taux de ramification chez les deux provenances. *Jatropha curcas* ne produisant que quelques fruits (entre 10 et 20) par branches (Formad, 2013), il convient, par une gestion appropriée, de lui donner un port multicaule pour augmenter sa production. Selon Bruno *et al.* (2009) la taille permet le développement des bourgeons latéraux; les fleurs apparaissent à l'extrémité des branches et plus il y a de branches, plus l'arbre est productif.

Le travail du sol a semblé améliorer la croissance des fruits chez la provenance Casamance durant les trois premières semaines. Par contre chez Diobass, la parcelle préparée a enregistré les faibles valeurs par rapport au témoin. Cependant, à la sixième semaine tous les fruits avaient atteint leur maturité avec la même grosseur entre les parcelles (travaillée ou pas) et entre les provenances. D'après Heller (1996), la maturité est atteinte en 90 jours après l'anthèse. Certains résultats confirment que de la floraison à la maturité des graines, le fruit de JCL met 80 - 100 jours pour se développer (Formad, 2013), ce qui est en harmonie avec nos résultats.

L'étude de la vigueur des graines a montré que celles provenant des fruits verts germent en même temps (au septième jour) que les graines des fruits jaunes et noirs mais avec un taux plus faible. Nguema *et al.* (2013) ont observé une germination des graines de *Jatropha curcas* 6 jours après semis, avec un taux de 90%. La germination comparée des graines en fonction de leur maturité a montré que les graines de fruits jaunes ont une vigueur germinative plus élevée que celle des graines des fruits noirs et verts. De même, la teneur en huile et la masse du Marc ou masse de matière sèche sont plus importantes chez les fruits jaunes que chez les fruits noirs ou verts. La récolte au stade optimal permet de maximiser le contenu en huile

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

(Barbier *et al.* 2012). Le stade fruit jaune serait ainsi favorable pour une germination optimale et une quantité d'huile maximale. Opoku (2015), affirme que la graine de *Jatropha curcas* L. contient 30% d'huile qui peut être utilisé dans les moteurs diesel standard.

La provenance et le stade de maturité des fruits n'ont pas un effet significatif sur les propriétés de l'huile notamment la densité, la polarimétrie et le flash point. Les valeurs du flash point sont comprises entre $186,67 \pm 0,47$ °C et $188 \pm 0,57$ °C et corroborent celles de Diop (2009) situées dans l'intervalle 177 - 199 °C. La polarimétrie est une technique expérimentale basée sur la mesure de la déviation du plan de polarisation d'une lumière polarisée traversant une solution composée d'une ou de plusieurs molécules chirales.

Cette méthode n'est applicable qu'aux molécules optiquement actives (chirales). Elle a été découverte par Biot en 1812 sur des cristaux puis en 1815 sur des molécules organiques. Selon la loi de Biot, un composé est considéré comme optiquement en activité si la lumière polarisée linéairement subie une rotation en passant au travers de celui-ci. L'huile de JCL manifeste une absence de molécules chirales, car elle donne un pouvoir rotatoire (polarimétrie) presque nul (tableau 13).

Par contre la viscosité de l'huile a varié entre les provenances. En outre, l'état de maturité des fruits a montré, en valeurs absolues, une viscosité légèrement plus élevée chez les graines de fruits jaunes que chez celles des fruits noirs ou verts. La viscosité d'un liquide est selon Barthélémy (2004), sa caractéristique d'être plus ou moins fluide ou, en d'autres termes, d'opposer plus ou moins de résistance au pompage ou au passage à travers un orifice ou un tuyau.

L'huile de *Jatropha curcas* présente, selon Amoussou (2010), une viscosité plus de 10 fois plus élevée à 40 °C ($39,13 \pm 0,159$ Cst) que celle du gasoil pour la même température ($3,37 \pm 0,042$ Cst). Les travaux de ce dernier montrent aussi que les résultats sur la viscosité (tableau 4) obtenus dans notre étude sont très élevés par rapport à ceux du gasoil. Agarwal *et al.*, (2007), confirment que les huiles végétales sont dix fois plus visqueuses que le gasoil à 40 °C et trente fois plus visqueuses à 0 °C. Mofijur *et al.* (2015), ont montré que les biocarburants en mélange avec le diesel à 20 % diminuent les émissions d'oxyde d'azote et d'hydrocarbures mais augmentent celles d'oxydes d'azote par rapport au diesel.

IV. Conclusion

La croissance des plants de *Jatropha curcas*, notamment du diamètre au collet de la tige principale, du diamètre du houppier a varié entre les provenances avec des valeurs plus éle-

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de diverses provenances de *Jatropha curcas* L.

vées chez Diobass que chez Casamance. Par ailleurs, la gestion des plants a une influence sur la ramification secondaire et le taux de ramification mais le facteur « provenance » dans notre étude n'a pas d'effets significatifs sur la ramification ou sur les caractéristiques morpho - métriques des graines.

La germination a commencé le même jour pour toutes les graines quel que soit le stade de maturité des fruits. Cependant, les graines des fruits jaunes ont une vigueur germinative plus importante que celle des graines de fruits noirs et des fruits verts. La même tendance s'observe sur la teneur en huile et la masse du Marc. De même, la viscosité est plus élevée dans l'huile extraite des graines de fruits jaunes que dans l'huile des graines des autres fruits.

Ce pendant, la provenance et l'état de maturité des fruits n'ont pas un effet significatif sur les caractéristiques physicochimiques de l'huile notamment la densité, le flash point et la polarimétrie. L'augmentation de la gamme de provenances, pourrait favoriser un choix de taxons plus productifs et un meilleur rendement en huile.

Cette étude a mis en évidence, les effets de la provenance, de la gestion, du travail du sol sur la production des fruits, la teneur et la qualité en huile des plants de *Jatropha curcas* L.

Notre travail de recherche est centré sur le développement et la productivité de *Jatropha curcas* L. connu, entre autres, pour son utilisation comme biocarburant. *Jatropha curcas* L. de la famille des *Euphorbiaceae*, a présenté un aspect positif sur son développement mais aussi sur sa productivité. Cette étude a eu pour objectifs :

- d'évaluer les caractéristiques de développement et de productivité des plants de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance et du travail du sol ;
- de déterminer les effets de la taille de gestion et de l'état de maturité des fruits sur les performances (croissance des fruits, vigueur des graines), la teneur et la qualité de l'huile des graines de *Jatropha curcas* L. en fonction de la provenance.

Le travail du sol a semblé améliorer le taux de survie des plants de *Jatropha curcas* L.

Dans la présente étude, la provenance n'a pas d'effet significatif sur la croissance et sur la ramification des plants de *Jatropha curcas* L. Cependant avec le facteur « travail du sol » nous remarquons que chez la provenance Casamance, les paramètres de croissance (hauteur, diamètre au collet de la tige principale, diamètre du houppier) ont augmenté dans la parcelle travaillée. Par contre, chez Diobass, le témoin a enregistré les valeurs les plus élevées. De même, la ramification est meilleure dans le témoin sans sous – solage. Cependant, après la taille de gestion, la provenance a montré un effet significatif sur la croissance (diamètre au collet de la tige principale et diamètre du houppier) en faveur de Diobass.

Les traits fonctionnels foliaires n'ont pas varié significativement sous l'effet des facteurs étudiés à l'exception de l'épaisseur des feuilles qui enregistre de meilleurs résultats chez Diobass que chez Casamance. Les valeurs faibles de la teneur en matière sèche révèlent que les plants de JCL ont une croissance lente et une durée de vie longue.

De même, les traits fonctionnels n'ont pas varié entre les provenances. La taille de gestion a amélioré considérablement la ramification (100 rameaux de plus chez la provenance Diobass et 72 rameaux chez Casamance) des plants de *Jatropha curcas* L. Les fruits ont montré un diamètre maximal à la sixième semaine après floraison et fécondation. Les graines de fruits jaunes sont plus vigoureuses que celles des fruits noirs et des fruits verts. De même, elles ont montré une teneur en huile (30,217g) plus importante en fonction de l'état de maturité des fruits.

Leurs paramètres physico-chimiques n'ont pas varié significativement sous l'effet de l'état de maturité des fruits. Néanmoins, la viscosité varie en fonction de la provenance et enregistre des résultats meilleurs chez Diobass que chez Casamance.

Conclusion générale

L'étude a montré qu'il est important de favoriser la ramification par des coupes périodiques et de récolter les fruits à l'état jaune pour obtenir un meilleur rendement en huile.

Il subsiste toutefois un certain nombre d'interrogations auxquelles il serait nécessaire de trouver des réponses:

- Le rendement en fruits, la teneur et la qualité de l'huile de *Jatropha curcas* L pourraient ils varier en fonction du type de sol ?
- Le taux de reprise de différents types de plants de *Jatropha curcas* L. (plants en sachets, plants à racines nues, boutures) en fonction des provenances, de l'âge, du type de sol, des apports d'eau, de la fertilisation et de l'exposition (deux niveaux : chambre froide et milieu ambiant), aurait – il une différence par rapport à ces facteurs ?

Recommandations

- Choix de la provenance

Avant d'installer n'importe quelle plantation, il est important de bien cibler les provenances de JCL à utiliser en tenant compte des critères suivants:

- plants à forte ramification ;
- plants à diamètre au collet de la tige principale élevé ;
- graines plus grosses et lourdes, provenant d'arbres les plus productifs.
- Le travail du sol

Dans cette étude, le sous-solage croisé (une dent à 40 cm de profondeur) a semblé améliorer la croissance en hauteur mais aussi la ramification des plants de *Jatropha curcas* L. La préparation du sol serait un des facteurs qui favoriserait le développement des plants de *Jatropha curcas* L. Dans le même ordre d'idées, nos travaux corroborent à ceux de Legendre (2008) qui atteste que le labour du sol à la charrue avant le semis favorise le bon développement des plantules de *Jatropha*.

- La taille de gestion

La taille des branches de *Jatropha* au quatrième nœud à partir du point d'insertion a permis dans ce présent travail, la naissance de nouveaux rameaux et l'augmentation de la ramification. Legendre (2008) et Barro (2010) ont montré que les fleurs apparaissent à l'extrémité des branches mieux sur les branches secondaires comparées aux primaires. La taille des branches permettrait une bonne ramification et un meilleur rendement en fruit.

Conclusion générale

- L'état de maturité des fruits

Dans ce travail, les graines issues des fruits jaunes comparées à celles de fruits verts et noirs ont donné une teneur en huile et un taux de germination plus élevés. L'état jaune du fruit de *Jatropha* qui semble atteindre la maturité physiologique optimale de la graine, il serait important de récolter le fruit à ce stade pour avoir un bon rendement en huile et aussi un meilleur taux de germination.

- Agarwal D., Agarwal A.K.** (2007). Performance and emissions characteristics of *Jatropha* oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine, *Applied Thermal Engineering* 27 (2007) 2314–2323 2007
- Aghofack J., Schinzoumka P.A., Tatchago V.** (2015). Effets des extraits ou de la poudre de *Spirulina platensis* et *Jatropha curcas* sur la croissance et le développement de la tomate. *Journal of Applied Biosciences. Journal of Applied Biosciences*. <http://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/120770>
- Ahoton LE., Quenum F., et Mergeai G.** (2011). Evaluation agromorphologique et sélection des meilleures accessions de Pourghère (*Jatropha curcas* L.) introduites au Bénin. ISSN 1991-8631
- Amoussou K M A.** (2010). Investigations des caractéristiques comme carburants de mélanges d’huiles végétales incorporées dans du gasoil. *Laboratoire Biomasse Energie et Bio-carburant / 2ie*
- Assogbadjo AE, Sinsin B.** (2010). Etat actuel de la diversité végétale au Benin. In *Atlas dela Biodiversité de l’Afrique de l’Ouest* (Tome 1, Vol. 1), Sinsin B, Kanpman D (eds). 222-227.
- Awad S.** (2011). Contribution à l’étude de la valorisation énergétique des résidus graisseux et de leur combustion dans les moteurs à combustion interne. Thèse, Ecole polytechnique de l’Université de Nantes, P. 28
- Barbier J., Cissao M., Cissé C., Loch F., Grand C. et Mergeai G.** (2012). Intérêt de mettre en place une filière courte basée sur la culture du *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) dans la communauté rurale de Dialocoto. Capitalisation du projet « Validation du système *Jatropha* en milieu rural sénégalais » de l’OPDAD et d’ADG
- Barro L.** (2010). Effet du travail du sol sur les performances agronomiques de *Jatropha curcas* à Bargny. Mémoire de Master, en Agroforesterie, Ecologie, Adaptation. Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; Département de biologie végétale.
- Barro L, Samba NSS, Diatta M, Akpo EL.** (2013). Effet du travail du sol sur la productivité de différentes provenances de *Jatropha curcas*. *OCL* 2013; 20(3): 165-170. doi: 10.1684/ocl.2013.0508
- Baeyens J.** (1967). Nutrition des plantes de culture ou physiologie appliquée aux plantes agricoles. Publié avec l’aide de la fondation universitaire de Belgique. <http://www.bdb.be/Portals/0/docs/sci196701.pdf>. consulté le 27-09-2015 à 20h50mn.

Bibliographie

- Blanchard A., Aubry D., Bellmann A., Neill C. & Toussaint J. P.** (2004). Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession, *Ecology*, **85** (9) : 2630-2637.
- Bouvier E., Gazeau G., Jammes D., Leclerc B. et Nouet Y.** (2012). Adapter les Apports Organiques au sol « http://www.casasso.com/uploads/rte/File/Dossiers_Presse/Les%20sols%20vivants%20Bio/3_Adapter_les_apports.pdf ». Consulté à 12heures 15mn le 27/09/2015.
- Bumb I.** (2012). Effets de la composition fonctionnelle de communautés de prairie subalpine sur la production primaire et la qualité des fourrages. Université Montpellier II, Place Eugène Bataillon, CC 065, 34095 MONTPELLIER Cedex 05
- Cabex- sarl** (2000). Audits organisationnel et financier, préparation du contrat de la commune de bargny- rapport final cabex- sarl 4 aout 2000 28, Rue Amadou Assane Ndoeye Ex Mohamed v- Cabex @ TELECOMPLUS.SN
- Cano-Asseleih L.M., Plumbly R.A. & Hylands P.J.** (1989). Purification and partial characterization of the hemagglutination from seeds of *Jatropha curcas* L. *J. Food Biochem.*, **13**, 1-20.
- Chehaibi S., Hannachi C., Pieters J. G. & Verschoore R. A. Keywords** (2008). Effets des outils de reprise de labour sur l'état structural du sol et le rendement d'une culture de pomme de terre Re-ploughing- Resistance penetration- Voluminous mass- Plant biomass- Tubers yield- Tunisia,
- Diatla M.M., Priyanka M., Biswajit G. & Timir Baran J.** (2007). *In vitro* clonal propagation of biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.). *Current Science*, 93, 10, 1438-1442.
- DE Theux B.** (2004). Utilisation de l'huile de palme comme combustible dans les moteurs diesel, mémoire d'ingénieur, haute école Léonard de Vinci 2004
- De Teux B.** (2004). Rapport de fin d'étude : « utilisation de l'huile de *Jatropha* comme combustible dans les moteurs diesels » Belgique, 2003-2004.
- Diallo A, Diakhaté MA, Bâ A, Diarra B, Sow M.** (2006). Profil de développement durable de la commune de Bargny. Agenda 21 de la commune de Bargny, 2006.
- Diédhiou I.** (2009). Impacts potentiels de l'introduction de *Jatropha curcas* L. dans un contexte de variabilité et changement climatiques : impacts agricoles et environnements, intérêts économiques pour les ménages et communautés rurales. Atelier de clôture Cotonou, Bénin, 18-21 octobre, UNIVERSITE DE THIES, Sénégal
- Diop M.** (2009). Production de biodiesel à partir de l'huile de *Jatropha* ; projet de fin d'étude, ESP 2009 centre de Thiès, département de génie mécanique.

Bibliographie

- Domergue M. et Pirot R.** (2008). *Jatropha curcas*L, rapport de synthèse bibliographique. CIRAD, Avenue d'Agropolis 34398 Montpellier Cedex 5 AGROgeneration, 45-47 rue de Monceau 75 008 Paris
- Domergues Y.** (1954). Biologie des sols forestiers du Centre et de l'Est de Madagascar ; Extrait des Actes et Comptes Rendus du v^e Congrès International de la Science du Sol, Léopoldville, 16-21 août 1954, Volume III, pp. 24-28.
- Drummond, O., Purcino, AAC, Cuhna, L.H, de S, Veloso, J de M.** (1984). Cultura do pinhao manso. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984.
- Forson F.K. Oduro E.K., Hammond-Donkoh E.** (2003). Performance of jatropha oil blends in a diesel engine, , Renewable Energy 29 (2004) 1135–1145, 2003
- France volontaire:** http://www.reseau-espaces.org/documents/presentation_regions.pdf. PDF. 26/09/2014 à 11heures 18mn.
- Garnier E. et Laurent G.,** (1994). Leaf Anatomy, Specific Mass And Water-Content In Congeneric Annual And Perennial Grass Species', *New Phytologist*, **128** (4) : 725-736.
- Gour, V., Singh B, Swaminathan R, Ponraj V.** (2006). Production practices including post-harvest management of *Jatropha curcas*. in Proceedings of the biodiesel conference toward energy independance - *Focus of Jatropha, Hyderabad, India*, June 9-10, 2006. 2006. New Delhi.
- Gupta, R.C.** (1985). Pharmacognostic studies on 'Dravanti' Part I *Jatropha curcas* Linn. *P. Indian Acad. Sci.*, 94. pp 65-82.
- Haïdara A. O.** (1996). Valorisation d'une huile végétale tropicale: l'huile de pourghère, mémoire de maîtrise ès sciences appliquées, Département de génie chimique, université de Sherbrooke, 1996
- Heller, J.** (1992). Untersuchugen über Gentopische Eigenschaften und Vermehrung und An-bauVerfahren bei des Pürgiernuss (*Jatropha curcas* L.). 1992: Hamburg.
- Henning, R.** (2007). Identification, selection and multiplication of high yielding *Jatropha curcas* L. plants and economic key points for viable *Jatropha* oil production costs (Henning paper), in site www.jatropha.de. 2007.
- Henning RK.** (2002). *Jatropha curcas* in Africa. Assessment of the impact of the dissemination of "the *Jatropha* System" Global Facilitation Unit for Underutilised Species (GFUUS), Weissensberg, Germany, p.49.

Bibliographie

- Henning R. K. et Ramorafeno T.** (2005). Le Manuel Jatropha pour Madagascar, un guide pour l'exploitation intégrée de la plante Jatropha à Madagascar. L'atelier de démonstration du PLAE à Marovoay
- Huwe B.** (2003). The role of soil tillage for soil structure. In: El Titi A (ed) Soil tillage in agroecosystems. CRC, Boca Raton, Florida, pp 27–49
- Jayasingh M.** (2004). The use of biodiesel by the Indian railways pp. 31-33. In: N.G. Hegde, J.N. Daniel & S. Dhar (editors), Jatropha and other perennial oilseed crops, BAIF Development Research Foundation, Pune.
- Jingura R.M., Kamusoko R.** (2015). A multi-factor evaluation of Jatropha as a feedstock for biofuels: the case of sub-Saharan Africa. *Biofuel Research Journal* 7 (2015) 254-257. DOI: 10.18331/BRJ2015.2.3.3
- Kemmitt S.J., Wright D., Goulding K.W.T. & Jones D.L.** (2006). pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.*, **38**, 898-911.
- Kobilke, H.** (1989). Untersuchungen zur Bestandesbegründung von Purgiernuß (*Jatropha curcas* L.). in University. 1989, Hohenheim: Stuttgart.
- Kouyaté A.M., Van Damme P., Goyens S., De Neve S., Hofman G.,** (2007). Evaluation de la fertilité des sols à *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *Detarium microcarpum*- Soil fertility- Physicochemical properties- C/N- Mali
- Kumar A. And Sharma S.** (2008) : An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. *Industrial Crops and Products*, Vol. 28, pp. 1-10.
- Kumar N., Vijay Anand K.G. & Reddy M.P.** (2010). Shoot regeneration from cotyledonary leaf explants of *Jatropha curcas*: a biodiesel plant. *Acta Physiol. Plant*, **32**, 917-924,
- Landon J.R.** (1991). *Booker tropical soil manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*. Oxon, UK: Booker Tate Limited; Harlow, Essex, UK: Longman.
- Legendre B.** (2008). *Jatropha curcas* (Tabanani), Note Agronomique. Société Performances RC 96B1982 – Dakar Ninea 190263 2B2
- Legendre B.** (2012). SOCOCIM envisage de substituer près de la moitié de sa consommation de charbon par du Jatropha. Un projet de plantation 11.000 ha de Jatropha au Sénégal <http://www.vivredurable.net/spip.php?article76> ; consulté le 08/05/2015 à 18h17mn.
- Legendre B., Mergeai G., Terren M.** (2009). Etablissement de plantations de Jatropha. *Note agronomique n°3*. <https://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/153475/1/> *Jatro-*

Bibliographie

- pha_Curcas_-_Note_agronomique_3_-_090330(1)%20Copy.pdf*, consulté le 03/05/2012.
- Ly M.O., Kumar D., Diouf M., Nautiyal S. et Diop T.** (2015). Traits morphologiques des graines et vigueur des jeunes plants de deux provenances de *Jatropha curcas* L. au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences* 88:8249– 8255 ISSN 1997–5902
- Ly M.O., Kumar D., Diouf M., Nautiyal S. et Diop T.** (2014). Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre ; *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(1): 46-56, 2014.
- Mergeai G.** (2011). *Jatropha curcas* L : plante miraculeuse ou arbre du diable ? TROPICULTURA
- Mvé S.D.M., Mergeai G., Baudoin J.P., Toussaint A.** (2011). Culture *in vitro* de *Jatropha curcas* L. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2011 **15**(4), 567-574
- Münch, E.** (1986). Die Purgiernuß (*Jatropha curcas* L.) - Botanik, Ökologie, Anbau. Diploma thesis. University Hohenheim, Stuttgart.
- Ndiaye S. S.** (2010). Le *Jatropha curcas* ou «Tabanaani », une plante utile pour son biocarburant, son engrais et ses vertus, <http://www.ferloo.com>, date de mise en ligne le 30 juillet 2010.
- Nguema Ndoutoumou P., Bouanga E. B., Massounga Y. C., Boussiengui Boussiengu G.** (2013). Étude comparée de trois méthodes de multiplication de *Jatropha curcas* L. dans les conditions climatiques du sud-est du Gabon. *Journal of Applied Biosciences* 65:4989 – 4998, ISSN 1997–5902
- Nicolas C.** (2010). *Jatropha curcas* L : un examen. *Les Progrès de la Recherche Botanique*, **50**: 39-86.
- Notes sur les Connaissances Autochtones (CA)** (2002). *Utilisation de l'huile de Jatropha curcas comme matière première et carburant*
- Opoku F.** (2015). Effect of Jatropha Cake and Inorganic fertilizer on the growth and yield of *Jatropha curcas* (L.). Item: <http://hdl.handle.net/123456789/7763>
- Pellet J.D. et Pellet E.** (2010). *Jatropha curcas* - Le meilleur des biocarburants - Mode d'emploi, histoire et avenir d'une plante extraordinaire, 2010. Editions Favre SA, ISBN : 978 - 2 - 8289 - 0942 - 0, 69 pages.
- Pirot R. et Hamel O.** (2012). Les réalités du *Jatropha curcas* confrontées aux opportunités des mécanismes financiers liés au carbone (*Fantasme, aubaine ou réelle opportunité* ?) Crédits carbone pour l'Agriculture, la Sylviculture, la Conservation et l'Action contre la Déforestation, CASCADE

Bibliographie

- Rangi D.** (2007). Le programme mondial sur les espèces envahissantes. N°9 : www.gisp.org
- RAPPORT FINAL E.** (2011). Evaluation et optimisation du potentiel de développement d'une culture oléagineuse à haute performance énergétique et environnementale pour la production de biodiesel, le *Jatropha curcas*
- Reich, P.B., Walters, M.B. & Ellsworth, D.S.** (1997). From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, **94** : 13730-13734.
- Reinhard K. H.** (2009). The Jatropha System. An integrated approach of rural development
- Rijssenbeek, W.H.R., Jongschaap R, Lutzeyer HJ, Venturi P.** (2007). Expert Meeting Jatropha, Brussels 07/12/07. 2007. Brussel.
- Rosiane L. S. L., Carlos A. V. A., Hans R. G., Genelicio S. C. J., Jairo O. C. & Nair H. C. A.** (2015). Nutritional status of jatropha under cattle manure and natural phosphate in rainfed conditions. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1028-1034>
- Samba A. N. S., Diallo B., Diop M., Diatta M., Sarr A.S., Nguer M., Diouf M., (2007).** JATROPHA CURCAS: SEED GERMINATION AND PROPAGATION METHODS. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) - Laboratoire National des Recherches sur les Productions Végétales (LNRPV), Route des Hydrocarbures, Bel-Air, BP 3120 Dakar
- Saturnino, H.M., et al.** (2005). Cultura do pinhao-manso (*Jatropha curcas* L.); Cultivation of *Jatropha curcas* L. Informe Agropecuario, 2005. 26(229): p. 44-78.
- Schultze-Motel, J.** (1986). Rudolf Mansfelds Verzeichnis landwirtschaftlicher and gärtnerischer Kulturpflanzen (ohne Zierpflanzen). Akademie-Verlag, Berlin.
- Service de la Prévision et de la Statistique de Dakar** (2006). Situation économique et sociale de la Région de Dakar 2006, , P. 22 « Démographie ».
- Sidibé S., Vaintilingom G., Blin J.** (2011). Etude de deux solutions d'utilisation de l'huile de *Jatropha curcas* dans le moteur diesel à injection directe. Journées scientifiques du 2 iE Ouagadougou.
- Soontornchainaksaeng, P., Jenjittikul, T.,** (2003). Karyology of *Jatropha* (Euphorbiaceae) in Thailand. *Thai. For. Bull.*, 31. p 105.
- Stephen U. and Hope W. S.** (2015). Effect of Soil Types on the Preliminary Growth of *Jatropha curcas* in River State, Nigeria. *Nat Sci* 2015;13(8):91-93]. (ISSN: 1545-0740). <http://www.sciencepub.net/nature>.

Bibliographie

- Tchobsala, Tiencheu A., Souaré K., Sadou I., Prudent P., Bachirou M., Gassissou G., Mana P., Palou O., 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.
- Trabucco A., Achten, W., Bowe, C., Aerts, R., Van Orshoven, J., Norgrove, L., Muys, B.** (2010). Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *GCB Bioenergy*, 2 : 139–151
- Vaitilingom G.** (2006). Utilisations énergétiques de l'huile de coton ; Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures (2006), 15 (1), 144-149.
- Vedie H. et Buffard J.** (2013). Systèmes innovants de travail du sol réduit en maraîchage biologique : synthèse bibliographique. Groupe de recherche en agriculture biologique. 17.2006.01 ; L13 PACA11
- Violle C., Navas M. L.; Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I. & Garnier E.,** (2007). Let the concept of trait be functional, *Oikos* **116** (5) : 882-892.
- Westoby M., A leafheightseed (LHS),** (1998). Plant ecology strategy scheme, *Plant and Soil* **199** (1998)
- Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. A. & Wright, I. J.** (2002). Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species, *Annual Review Of Ecology And Systematics* **33** : 125-159.
- Wright I. J., Reich P. B., Westoby M., Ackerly D. D., Baruch Z., Bongers F., Cavender-Bares J., Chapin F. S. III, Cornelissen J. H. C., Diemer M., Flexas J., Garnier E., Groom P. K., Gulias J., Hikosaka K., Lamont B. B., Lee T., Lee W., Lusk C., Midgley J. J., Navas M. L., Niinemets Ü, Oleksyn J., Osada N., Poorter H., Poot P., Prior L., Pyankov V. I., Roumet C., Thomas S. C., Tjoelker M.G., Veneklaas E. & Villar R.** (2004). The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, **428** : 821-827

Effet du travail du sol sur la productivité de différentes provenances de *Jatropha curcas*

Lamine BARRO¹
 Ndiaye Arona Samba SAMBA²
 Malainy DIATTA³
 Elie Léonard AKPO¹

¹ Université Cheikh Anta Diop de Dakar,
 BP 5005,
 Dakar,
 Sénégal

² Université de Thiès,
 Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture,
 BP 967 Thiès,
 Sénégal
 <bathie_samba@yahoo.fr>

³ Institut Sénégalais de Recherches
 Agricoles/CNRF,
 BP 2312,
 Dakar,
 Sénégal

Article reçu le 11 novembre 2011
 Accepté le 30 janvier 2013

Jatropha curcas L. (JCL ou pourghère), originaire d'une zone couvrant le Mexique, l'Amérique centrale, le Brésil, la Bolivie, le Pérou, l'Argentine et le Paraguay, est un arbuste de 5-7 m qui appartient à la famille des *Euphorbiaceae* (USDA ANGRPNGLBM, 2007). Il a été introduit dans de nombreuses régions subtropicales et tropicales où il est utilisé comme haie vive ou comme plante médicinale (Heller, 1996). Son aire de distribution actuelle couvre les zones arides et semi-arides (Jones et Miller, 1992 ; Makkar et Becker, 1997) et les régions tropicales humides : Guatemala (> 4 000 mm/an), nord du Vietnam et de la Thaïlande. Rijssenbeek *et al.* (2007) situent son aire entre les latitudes 30° N et 35° S. JCL est résistant à la sécheresse mais exige des sols bien drainés,

Abstract: Effect of soil preparation and plant material provenances on *Jatropha curcas* productivity

Jatropha curcas L. (JCL), an oleaginous species traditionally used as live fence, is massively planted in Africa to produce biofuel. However, the influence of many factors on its productivity remains scientifically unknown. This study aimed to assess the effect of subsoiling (factor 1: subsoiling and control) and plant material provenance (factor 2: Casamance and Diobass) on its development and productivity. The results have shown two years after planting that plant provenance had a significant effect on growth variables, plant above ground architecture and fruits number. The Casamance provenance has generally produced the highest values. Subsoiling did not have a significant effect on most of the studied variables, except for low primary branches number and fruiting branches number. Even more, subsoiling appeared to enhance JCL growth. These results have allowed to understand the importance of provenances but also of soil preparation on the performances of JCL and to identify priority areas for research.

Key words: *Jatropha curcas*, productivity, provenance, ramification, soil preparation

notamment dans les zones à plus forte pluviométrie (Legendre *et al.*, 2009).

L'arbre peut jouer un rôle dans la lutte contre l'érosion. Il est utilisé en médecine traditionnelle : l'huile a des propriétés purgatives à petite dose et sert à traiter certaines maladies de la peau ou à soulager les rhumatismes. JCL a d'autres utilisations comme savon artisanal ou comme moyen d'éclairage avec des lampes rudimentaires. Le latex, utilisé sur les blessures, aurait des propriétés antiseptiques et coagulantes (Dommergue Piro, 2008).

Des extraits aqueux de pourghère peuvent être utilisés comme biocontrôle d'agents pathogènes fongiques et exercent une activité molluscicide contre la douve du foie (Ernesto, 2008). Les

autres valorisations sont l'utilisation du tourteau des graines triturées comme engrais organique ou pour la production d'énergie (combustion, cogénération) (Dommergue et Piro, 2008).

Parmi les différents choix de sources d'énergies renouvelables, les plantes oléagineuses comme JCL présentent un potentiel pour satisfaire une partie des besoins croissants en énergie, surtout dans les pays pauvres d'Afrique non producteurs de pétrole. Ses graines contiennent 30-40 % d'huile avec un acide gras similaire à celui des huiles comestibles (Gübitz *et al.*, 1999). L'huile après filtration peut être utilisée dans différents types de moteurs de conception classique. Une estérification est cependant nécessaire pour son usage

Pour citer cet article : Barro L, Samba NSS, Diatta M, Akpo EL. Effet du travail du sol sur la productivité de différentes provenances de *Jatropha curcas*. OCL 2013 ; 20(3) : 165-170. doi : 10.1684/ocl.2013.0508

dans les moteurs diesel modernes (Dommergue et Pirot, 2008).

En dépit de toutes les potentialités qu'on reconnaît à JCL, force est de reconnaître que les connaissances scientifiques disponibles sur cette plante sont encore fragmentaires. Peu de données sont ainsi disponibles sur les différentes provenances de JCL et les effets du travail du sol sur leur développement et productivité en zone sahélienne. Toutefois, Makkar et Becker (1997) ont observé sur 18 provenances de JCL issues de différents pays d'Afrique, des Amériques et d'Asie d'importantes variations sur les teneurs en protéines et graisses brutes, en éléments pariétaux et en cendres, mais aucun lien de causalité n'a été observé. Kaushik *et al.* (2007) ont observé sur 24 provenances de JCL en Inde (Haryana) la prédominance du facteur environnemental sur le facteur génétique pour la taille des graines, leur poids et teneur en huile. Par ailleurs, la variabilité génétique observée entre les provenances de JCL en Inde est faible contrairement à celle qui existe entre les génotypes indiens et mexicains (Basha et Sujatha, 2007).

Cette présente étude avait pour objectif d'évaluer l'effet du sous-solage et de la provenance sur le développement (variables de croissances et architectures des ports aériens) des plants de JCL âgés de 24 mois et sur leur productivité (nombre de fruits et masse des graines/arbre/an).

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

La zone d'étude se situe à l'Est de la ville de Bargny sur le site de la SOCOIM (14° 42' 26" N, 17° 14' 48" O). L'altitude moyenne est de 20 m avec une nappe phréatique profonde de 12 à 36 mètres (Diallo *et al.*, 2006). Le climat, de type soudano-sahélien, est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche longue de 9 mois (octobre à juin) et d'une saison des pluies de trois mois (juillet à septembre). Le site se trouve entre les isohyètes 200 et 500 mm ; l'année de plantation 2008 a enregistré 49 jours de pluies, répartis comme suit : 5 jours en juin, 9 en juillet, 16 en août, 17 en septembre et 2 en octobre pour un cumul pluviométrique annuel de 378 mm. L'influence de l'Alizé maritime adoucit les températures avec une moyenne annuelle de 24,2 °C alors

que celle des températures maximales s'élève à 27,3 °C. La valeur des humidités relatives moyennes annuelles est de 82 % pour les valeurs maximales et 57 % pour les valeurs minimales.

Bargny fait partie d'un grand ensemble surnommé *Plateau de Bargny* qui forme un plan incliné vers le Sud, où il se termine par un talus d'une dizaine de mètres de dénivellation, érodé par les rivières et les avancées de la mer. La région se caractérise par une présence importante de marne feuilletée à attapulgite qui s'est transformée progressivement en un matériau d'abord grumeleux, granuleux, poreux, puis friable (Diop, 2002). Ce type de transformation s'accompagne d'une individualisation de la montmorillonite avec la calcite d'où le caractère gonflant des sols. Au niveau des pentes, il s'est développé des sols souvent caillouteux, très riches en Ca et Mg (Diop, 2002). La végétation est essentiellement composée d'arbustes épineux, de quelques baobabs (*Adansonia digitata*) et figuiers (*Ficus caricas*).

Dispositif expérimental

La plantation du matériel végétal de l'étude, composé de deux provenances (facteur 1 : Casamance et Diobass), a été réalisée en 2008. Elle a été effectuée dans de grands potets d'un mètre de

côté disposés en lignes, avec des plants élevés en pépinière (3 mois), à la densité de 625 plants à l'hectare (4 m × 4 m). Un travail du sol (facteur 2) qui a consisté en un sous-solage croisé une dent a été effectué à 40 cm de profondeur sur une partie de la parcelle avant la plantation alors que le reste (témoin) de la parcelle n'a fait l'objet d'aucune préparation de terrain.

Après plantation, les plants de JCL ont été irrigués durant 12 mois, à raison de deux arrosages de 8 L/plant/semaine pour leur assurer une bonne alimentation hydrique. En première année, chaque plant a ainsi reçu l'équivalent de 64 L d'eau/mois, soit un cumul annuel de 768 mm équivalent précipitations (en plus des 378 mm de pluies reçues) qui se situe plus en conditions soudano-guinéennes que sahéliennes.

La parcelle élémentaire était constituée de 10 plants choisis au hasard et étiquetés dans un carré de 36 m de côté contenant 100 plants de JCL. Ces parcelles ont été délimitées à l'intérieur des plantations pour éviter les effets de bordure (figure 1).

Le dispositif expérimental en split-block comprenait trois blocs et deux facteurs étudiés avec deux niveaux chacun : Provenances (Diobass et Casamance randomisés au niveau de chaque bloc dans deux parcelles principales) et

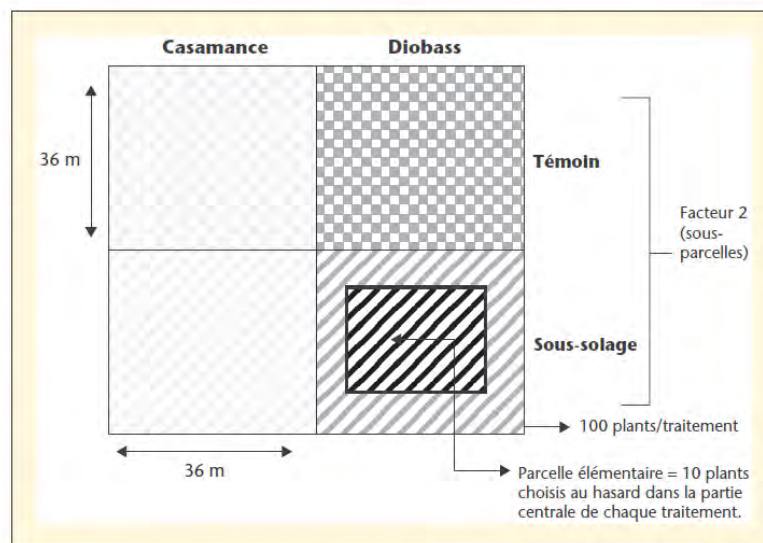


Figure 1. Représentation d'un des trois blocs du dispositif expérimental en split-block comprenant deux facteurs à deux niveaux chacun : Provenance (Casamance et Diobass) en parcelles principales et Travail du sol (Sous-solage et Témoin) en sous-parcelles.

Travail du sol (sous-solage et témoin, randomisés également au niveau de chaque bloc et non au niveau de chaque parcelle principale, dans deux parcelles secondaires).

Les observations ont été effectuées sur les plants de JCL âgés de 24 mois, sur les variables suivantes : le taux de survie déterminé comme suit :

$$T = \frac{x}{N_t} \times 100$$

où N_t représente le nombre total des plants et x le nombre des plants survivants ; le diamètre au collet de la tige principale ; le nombre de ramifications primaires basses (branches de premier ordre situées à une hauteur inférieure ou égale à 15 cm du sol) ; le nombre de ramifications primaires hautes (branches de premier ordre situées à une hauteur supérieure à 15 cm du sol) ; le nombre total de ramifications primaires ; le nombre total de ramifications secondaires (nombre total de branches de second ordre) ; la hauteur totale (longueur du plus long brin) ; le diamètre moyen du houppier (d_1 = suivant la direction parallèle à la ligne de plantation et d_2 = suivant la direction perpendiculaire à la ligne de plantation) ; le nombre de ramifications primaires fructifères ; le nombre de ramifications secondaires fructifères ; le taux de ramifications secondaires fructifères :

$$\text{Taux} = \frac{\text{nombre ramifications secondaires fructifères}}{\text{nombre de ramifications secondaires}} \times 100 ;$$

le nombre total de branches fructifères ; le nombre total de fruits et la masse unitaire des graines mûres.

Les mesures de longueurs ont été effectuées avec un ruban gradué en mètre sauf pour la hauteur qui a été mesurée à l'aide d'une perche emboîtée de mensuration (8 m). Les mesures de masse ont été obtenues avec une balance de précision 1/100. Toutes les données recueillies ont été saisies sur ExcelTM et soumises à une analyse de variance (ANOVA), suivie d'un test de comparaison de moyennes de Duncan pour identifier les traitements significativement différents. Les analyses ont été effectuées avec le logiciel SAS.

Résultats

Croissance de *Jatropha curcas* L.

Diamètre au collet de la tige principale

Après deux ans, la croissance du diamètre au collet de la tige principale de la provenance JCL Casamance ($11,4 \text{ cm} \pm 0,2$) a significativement ($p = 0,0351$; *tableau 1*) été supérieure à celle de la provenance Diobass ($9 \text{ cm} \pm 0,2$). Par ailleurs, le sous-solage a semblé augmenter le diamètre des deux provenances (Casamance : $12 \pm 1 \text{ cm}$ dans la parcelle sous solée et $11 \pm 0,8 \text{ cm}$ dans le témoin ; Diobass : $10 \pm 0,7 \text{ cm}$ pour le travail du sol et $8 \pm 0,6 \text{ cm}$ pour le témoin).

Diamètre moyen du houppier (DH)

Le diamètre moyen du houppier (DH) de la provenance Casamance ($3,2 \text{ m} \pm 0,2$) a significativement ($p = 0,0297$; *tableau 1*) été supérieur à celui de la provenance Diobass ($2,3 \text{ m} \pm 0,2$). DH avait également tendance à augmenter avec le travail du sol (Casamance : $3,3 \pm 0,3 \text{ m}$ dans la parcelle préparée et $3,1 \pm 0,3 \text{ m}$ dans la parcelle-témoin ; Diobass : $2,5 \pm 0,1 \text{ m}$ dans la parcelle

travaillée et $2,2 \pm 0,2 \text{ m}$ dans la parcelle-témoin).

Hauteur totale

La hauteur totale des plants de JCL a également significativement ($p = 0,0012$; *tableau 1*) varié en fonction de la provenance, avec une moyenne de $1,8 \text{ m} (\pm 0,004)$ pour la provenance Casamance et $1,5 \text{ m} (\pm 0,004)$ pour la provenance Diobass. Par contre, le sous-solage n'a pas eu d'effet significatif sur cette variable ($p = 0,3482$).

Taux de survie des plants de *Jatropha curcas* L.

La survie des plants a semblé être meilleure dans la parcelle travaillée (99 %) que dans le témoin (92 %) chez la provenance Diobass. Par contre elle est restée invariable (97 %) chez la provenance Casamance, quel que soit le traitement.

Architecture du port des plants de *Jatropha curcas* L.

Ramifications primaires basses (RPB) et hautes (RPH)

Le nombre de RPB (hauteur $\leq 15 \text{ cm}$) des plants de JCL a significativement varié avec la provenance ($p = 0,0022$; *tableau 2*) : $3,0 \pm 0,1$ pour la provenance Casamance et $2 \pm 0,1$ pour la provenance Diobass. Le travail du sol a également fait varier le nombre de RPB ($p = 0,0192$; *tableau 2*) : $3 \pm 0,1$ pour la parcelle travaillée et $2,1 \pm 0,1$ pour la parcelle témoin.

Par contre, la provenance ($p = 0,8511$), le sous-solage ($p = 0,1460$) et l'interaction entre les deux facteurs ($p = 0,1935$; *tableau 2*) n'ont pas eu d'effets significatifs sur le nombre de RPH (hauteur $> 15 \text{ cm}$). Par conséquent, le nombre

Tableau 1. Effet du travail du sol (sous-solage) et de la provenance (Prov) sur les variables : diamètre au collet de la tige principale (DCTP), diamètre du houppier (DH), hauteur totale (H) et taux de survie de plants de *Jatropha curcas* âgés de 24 mois, plantés en conditions irriguées sur le site de la SOCOCIM (Bargny, Sénégal).

Variables	Provenances (Prov)		P > F	Travail du sol (TDS)		P > F	Interaction Prov $\times$ TDS				P > F
	Casa	Diob		Sous-solage (SS)	Témoin (Tem)		Casa $\times$ SS	Diob $\times$ SS	Casa $\times$ Tem	Diob $\times$ Tem	
DCTP	$11,4 \pm 0,2$	$9 \pm 0,2$	0,0351*	$10,7 \pm 0,02$	$9,4 \pm 0,002$	0,1855	12 ± 1	$10 \pm 0,6$	$11 \pm 0,8$	$8 \pm 0,7$	0,6921
DH	$3,2 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,2$	0,0297*	$2,9 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,2$	0,3317	$3,3 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,2$	0,8302
H	$1,8 \pm 0,004$	$1,5 \pm 0,004$	0,0012*	$1,7 \pm 0,004$	$1,7 \pm 0,004$	0,3482	$2 \pm 0,05$	$1,5 \pm 0,06$	$2 \pm 0,03$	$1,5 \pm 0,05$	0,1395
Taux de survie	$97 \pm 9,25$	$95 \pm 9,25$	0,4411	$98 \pm 9,25$	$94 \pm 9,25$	0,1170	97 ± 1	99 ± 1	97 ± 1	$92 \pm 3,05$	0,1170

Casamance = Casa ; Diobass = Diob ; Témoin = Tem ; *significatif au seuil de 0,05.

Tableau 2. Effet du travail du sol (sous-solage et témoin) et de la provenance (Casamance et Diobass) sur le nombre de ramifications primaires basses (RPB), le nombre de ramifications primaires hautes (RPH), le nombre total de ramifications primaires (RPT), le nombre de ramifications secondaires (RS), le nombre de ramifications primaires fructifères (RPF), le nombre de ramifications secondaires fructifères (RSF), le taux de ramifications secondaires fructifères (TRSF) et le nombre total de branches fructifères (BFT) d'une plantation irriguée de *Jatropha curcas* L. âgé de 24 mois, localisée dans le site de la SOCOCIM (Bargny, Sénégal).

Variables	Provenances		P > F	Sous-solage		P > F
	Casa	Diob		SS	Tem	
RPB	3 ± 0,1	2 ± 0,1	0,0022*	3 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,0192*
RPH	5 ± 0,5	5 ± 0,5	0,8511	4,3 ± 0,5	5 ± 0,5	0,3009
RPT	8 ± 0,6	7 ± 0,6	0,0516*	7 ± 0,6	7,2 ± 0,6	0,7454
RS	18,5 ± 2,5	8 ± 2,5	0,0213*	15,1 ± 2,5	11,2 ± 2,5	0,2513
RPF	2,6 ± 0,10	1,2 ± 0,10	0,0023*	1,5 ± 0,10	2,2 ± 0,10	0,0234*
RSF	4,3 ± 0,7	1 ± 0,7	0,0021*	2,6 ± 1,0	2,4 ± 1,0	0,7569
TRSF	23,2 ± 1,7	12,5 ± 1,7	0,0021*	17,2 ± 1,7	19,4 ± 1,7	0,2513
BFT	7 ± 1,2	2 ± 1,2	0,0014*	4,1 ± 1,2	5 ± 1,2	0,4336

*significatif au seuil de 0,05.

total (RPT) de ramifications primaires (RPB + RPH) a seulement varié en fonction du facteur provenance ($p = 0,0516$; *tableau 2*).

Ramifications secondaires (RS) de *Jatropha curcas*

Le nombre de RS a varié suivant la provenance ($p = 0,0213$; *tableau 2*). La provenance Casamance a ainsi produit plus de RS ($18,5 \pm 2,5$) que la provenance Diobass ($8 \pm 2,5$). Le nombre de RS a semblé également augmenter sous l'effet du sous-solage chez la provenance Casamance avec $20,2 \pm 3$ RS pour la partie sous solée et $17 \pm 3,6$ RS pour le témoin contre $10 \pm 2,4$ RS et $6 \pm 1,3$ RS, respectivement chez la provenance Diobass.

Ramifications primaires fructifères (RPF) de *Jatropha curcas*

La fructification a commencé en même temps chez les deux provenances, à partir du quatorzième mois après plantation. Elle a été continue depuis cette

date. Le nombre de ramifications primaires fructifères (RPF) a été plus élevé ($2,6 \pm 0,1$) pour la provenance Casamance que pour la provenance Diobass ($1,2 \pm 0,1$ RPF; $p = 0,0023$; *tableau 2*). D'autre part, le travail du sol a eu une influence sur le nombre de RPF ($p = 0,0234$; *tableau 2*) : $1,5 \pm 0,1$ RPF pour la parcelle sous solée et $2,2 \pm 0,10$ RPF pour le témoin.

Pour les ramifications secondaires fructifères (RSF), seul l'effet de la provenance a été significatif sur cette variable ($p = 0,0021$) avec des valeurs moyennes quatre fois plus élevées ($4,3 \pm 0,8$) pour la provenance Casamance que pour Diobass ($1 \pm 0,8$). Le taux de RSF a également suivi la même tendance que le nombre de RSF (*tableau 2*), avec un effet « provenance » significatif ($p = 0,0021$) qui s'est manifesté par une production de ramifications secondaire fructifère presque deux fois plus importante chez la provenance Casamance

($23,2 \pm 1,7$ %) que chez la provenance Diobass ($12,5 \pm 1,7$ %).

Par conséquent, le nombre total de branches fructifères a été plus élevé ($p = 0,0014$; *tableau 2*) chez la provenance Casamance ($7 \pm 1,2$) que chez la provenance Diobass ($2 \pm 1,2$).

Production de fruits et de graines

La provenance Casamance avec en moyenne $11 \pm 0,9$ fruits par arbre a produit trois fois plus de fruits ($p = 0,0153$; *tableau 3*) que la provenance Diobass ($4 \pm 0,9$). Par ailleurs, après deux ans de plantation, les facteurs « sous-solage », « provenance », de même que l'interaction des deux facteurs n'ont révélé aucun effet significatif sur le nombre des graines par fruit mûr (respectivement $p = 0,4259$; $p = 0,3185$ et $p = 0,3688$) et sur la masse unitaire des graines (respectivement $p = 0,0991$; $p = 0,8842$ et $p = 0,3773$).

Tableau 3. Effet du travail du sol (sous-solage et témoin) et de la provenance (Casamance et Diobass) sur le nombre total de fruits (NFT) et la masse unitaire de graines mûres (MUGM) dans une plantation irriguée de *Jatropha curcas* âgée de 24 mois localisée dans le site de la SOCOCIM (Bargny, Sénégal).

Variables	Provenances		P > F	Sous-solage		P > F	Interaction Provenance x Sous-solage				P > F
	Casa	Diob		Sous-solage (SS)	Témoin (Tem)		Casa - SS	Diob - SS	Casa - Tem	Diob - Tem	
NFT	11 ± 0,9	4 ± 0,9	0,0153*	6 ± 0,8	9 ± 0,8	0,1800	9,4 ± 3	2,5 ± 1,3	12,2 ± 1	5,3 ± 1,1	0,9926
MUGM	0,2 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,8842	0,11 ± 0,007	0,21 ± 0,007	0,0991	0,1 ± 0,03	0,09 ± 0,02	0,2 ± 0,02	0,2 ± 0,1	0,3773

Casa = Provenance Casamance ; Diob = Provenance Diobass ; * significatif au seuil de 0,05.

Discussion

Le travail du sol n'a pas influencé les variables de croissance (diamètre au collet de la tige principale, diamètre du houppier et hauteur totale), l'architecture du port aérien (nombre de ramifications primaires, de ramifications secondaires et de ramifications fructifères), le nombre de fruits et la masse des graines. Par contre, il a eu un effet significatif sur le nombre de ramifications primaires basses et le nombre de ramifications primaires fructifères. Par contre, Huwe (2003) avait noté que le travail du sol influence à la fois les processus biotiques et abiotiques, la modification des propriétés structurelles telles que les fissures, les agrégats et la continuité des pores, ainsi que l'aération des sols, les niveaux de température et l'humidité, ce qui favorise la croissance des végétaux. Pour *Jatropha curcas*, cela n'a pas été confirmé probablement parce que l'espèce a confirmé son aptitude à bien s'accommoder de la plupart des conditions édaphiques (Domergue et Pirot, 2008). Elle serait même, selon Godin et Spensley (1971), capable de croître entre les rochers sous lesquels il y a un peu de terre et pourrait même être cultivée sur des sols secs et caillouteux. Il faut également noter que les plants de JCL ont été plantés dans de grands pots ameublés, ce qui devrait améliorer les conditions d'alimentation hydrique et nutritionnelle des plants et de croissance des racines sur l'ensemble de l'essai.

Cependant, la croissance de l'espèce a significativement été fonction de la provenance, notamment en ce qui concerne le diamètre au collet de la tige principale, la hauteur totale et le diamètre du houppier. Pour toutes ces variables de croissance, la provenance Casamance a enregistré les valeurs les plus élevées.

Le taux de survie de JCL n'a pas varié significativement sous l'effet des facteurs sous-solage et provenance, de même que sous l'effet de l'interaction entre ces deux facteurs. Les taux de survie ont varié entre 92 et 99 % pour les deux provenances. Des valeurs similaires ont été observées par Samba *et al.* (2007) dans la station de Ndjol (Saint-Louis, Sénégal) avec des taux de survie de 99,4 % pour des plants issus de semis de graines fraîchement récoltées. Ces résultats sont meilleurs

que ceux de Heller (1992) au Sénégal qui a observé des taux plus bas (5 et 50 %) avec le semis direct. Il importe cependant de rappeler que les plants de notre étude et ceux de Samba *et al.* (2007) étaient en conditions irriguées. Pour l'architecture du port aérien, la provenance a eu un effet (i) significatif sur le nombre de ramifications secondaires (ii) et non significatif sur le nombre de ramifications primaires. La provenance Casamance présente une ramification secondaire plus importante (18,5) que celle de la provenance Diobass (8). Elle présente un taux de ramifications secondaires fructifères ($23,24 \pm 1,65$ %) deux fois plus élevé que celui de Diobass ($12,5 \pm 1,65$ %) et un nombre total de branches fructifères (7) 3,5 fois supérieur à celui de Diobass (2). En plus de l'effet de la provenance, le sous-solage a fait varier le nombre de ramifications primaires.

Les résultats sur l'architecture du port aérien sont en harmonie avec ceux de Domergue et Pirot (2008) qui ont noté que la préparation du sol entraîne un développement plus rapide de la plante, avec une cime large (plusieurs mètres de haut avec des ramifications). De même, Kouyaté *et al.* (2007) rapportent que le travail du sol influence directement le développement des cultures. Cet état de fait sous-entend que plus les plants sont ramifiés plus la production devient importante.

Ces résultats soutenus par Domergue et Pirot (2008), stipule qu'une ramification précoce de la plante aurait un effet déterminant sur le rendement car les inflorescences se développent seulement au bout des branches donc plus la plante a de branches plus elle produira de fruits. En plus du nombre de ramifications élevé, la provenance Casamance produit plus de fruits (11 fruits/arbre) que la provenance Diobass (4 fruits/arbre). Sous irrigation depuis le début, la plantation a été en fructification continue depuis le quatorzième mois de plantation. En effet Jongschaap *et al.* (2007) ont également confirmé que la disponibilité de l'eau prolonge la durée de floraison.

Des essais provenances sur des accessions locales de JCL menés par divers auteurs en Inde (Basha et Sujatha, 2007 ; Kaushik *et al.*, 2007 ; Patolia *et al.*, 2007b) ont révélé que la base génétique des provenances indiennes est assez réduite (Basha et Sujatha,

2007) et que des différences significatives dans la morphologie des plants (hauteur, indice de surface foliaire, diamètre au collet, nombre de branches primaires, secondaires et tertiaires) et sur les variables de rendement (nombre de fruits/plant, nombre de graines/plant, la masse des graines et la teneur en huile) ont été observées entre les provenances (Patolia *et al.*, 2007). Dans notre étude, la provenance et le sous-solage, de même que l'interaction des facteurs n'ont pas eu d'influence sur le nombre de fruits/fruit ni sur leur masse unitaire. Au Nicaragua où 1 200 ha avaient été plantés avec des variétés locales et des variétés du Cap Vert, la variété locale avait présenté, selon Domergue et Pirot (2008) des graines plus grosses mais la variété du Cap Vert avait un meilleur rendement.

En conclusion de cette étude on peut dire que chez *Jatropha curcas* l'influence de la provenance s'est manifestée sur les variables de croissance, l'architecture de l'arbre et sur le nombre de fruits. En général, les résultats obtenus ont été meilleurs chez la provenance Casamance.

Par ailleurs, le sous-solage a tendance à améliorer la croissance de l'espèce (diamètres au collet de la tige principale et diamètre du houppier) et la ramification (nombre de ramifications primaires basses, nombre de ramifications fructifères primaires et nombre de ramifications secondaires).

Tout en admettant la complexité de l'influence du sous-solage sur les plants de *Jatropha curcas*, on peut considérer comme Chehaibi *et al.* (2008), que le travail du sol a un effet favorable sur le développement des plants. Il améliore en particulier la vitesse de croissance.

Chez la provenance Casamance, le nombre de fruits est supérieur à 18 fruits/arbre/an. Cependant, concernant le nombre de fruits et la masse des graines, les études doivent être poursuivies. C'est en effet la connaissance du comportement des provenances dans leur environnement et de leur plasticité face aux contraintes du milieu qui faciliteront le choix des taxons les plus appropriés et les techniques à mettre en œuvre, pour un bon développement et une meilleure productivité de *Jatropha curcas*.

Cette étude a mis en évidence l'influence de la provenance et de la

préparation du sol sur les plants de *Jatropha curcas* dans la zone considérée. Il est important de poursuivre les études pour évaluer la masse des fruits et des graines/unité de surface/an et de déterminer la qualité et la quantité de l'huile des graines en fonction de la provenance et du travail du sol.

Liens d'intérêts

aucun

RÉFÉRENCES

- Basha SD, Sujatha M. Inter and intra-population variability of *Jatropha curcas* (L.) characterized by RAPD and ISSR markers and development of population-specific SCAR markers. *Euphytica* 2007 ; 156 : 375-86.
- Chehaibi S, Hannachi C, Pieters JG, Verschoore RA. Effets des outils de reprise de labour sur l'état structural du sol et le rendement d'une culture de pomme de terre. *Tropicultura* 2008 ; 26 : 93-7.
- Diallo A, Diakhaté MA, Bâ A, Diarra B, Sow M. Profil de développement durable de la commune de Bargny. Agenda 21 de la commune de Bargny, 2006.
- Diop M. Conception de structures routières sur mames et argiles gonflantes. Etude de cas : Bargny-Diamniadio. Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Ecole Supérieure Polytechnique, Département de Génie Civil, 80 pages + Annexes, 2002.
- Dommergue M, Pirot R. *Jatropha curcas* L. : rapport de synthèse bibliographique CIRAD. Avenue d'Agropolis 34398 Montpellier Cedex 5 AGROgeneration, 45-47 rue de Monceau 75 008 Paris, 2008.
- Ernesto SE. Biofertilizers for *Jatropha curcas* L. (*Euphorbiaceae*) Grown in Different Planting Media. International Conference on Environmental Research and Technology, ICERT 2008. <http://www.scribd.com/doc/45310464/Bio-Fertilizers-for-Jatropha-Curcas-L-Euphorbiaceae-Grown-in-Different-Planting-Media>.
- Godin V, Spensley P. Oils and Oilseeds. *TPI Crop and Product Digest* 1971 ; 1 : 107-10.
- Gübitz GM, Mittelbach M, Trabi M. Exploitation of tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Tehnology* 1999 ; 67 : 77-82.
- Heller J. Studies on genotypic characteristic and propagation and cultivation method for physic nuts (*Jatropha curcas* L.). Dr. Kovac, Hamburg, 1992.
- Heller J. Physic nut. *Jatropha curcas* L. In: *International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Prom Underused Crops 1, 1996 : 1-66.
- Huwe B. The role of soil tillage for soil structure. In: A El Titi (Ed.), *Soil tillage in agroecosystems*, 2003. CRC, Boca Raton, Florida : 27-49.
- Jones N, Miller JH. *Jatropha curcas*. A multi-purpose species for problematic sites. L.r. series, Editor. World Bank, 1992.
- Jongschaap REE, Corré WJ, Bindraban PS, Brandenburg WA. Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Plant Research International B.V., Wageningen Stichting Het Groene Woudt, Laren, October 2007 Report 158.
- Kaushik N, Kumar K, Kumar S, Kaushik N, Roy S. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) accessions. *Biomass and Bioenergy* 2007 ; 31 : 497-502.
- Kouyaté AM, Van Damme P, Goyens S, De Neve S, Hofman G. Evaluation de la fertilité des sols à *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *Tropicultura* 2007 ; 25 : 65-9.
- Legendre B, Mergeai G, Terren M. Etablissement de plantations de *Jatropha*. *Note agronomique*, n°3, 2009.
- Makkar HPS, Becker K. *Jatropha curcas* toxicité : l'identification de principe toxique (s). *Procédure internationale, 5^e symposium sur les plantes toxiques*, 1997. San Angelo, Texas, USA, mai 19-23.
- Patolia JS, Chikara J, Prakash AR, Ghosh A, Chaudhary DR, Bhuvra HM. Provenance trials for selection of high yielding *Jatropha curcas* on wastelands. Expert seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics. 26-28 March 2007, Wageningen, the Netherlands, Published by FACT Foundation.
- Rijssenbeek WHR, Jongschaap R, Lutzeyer HJ, Venturi P. Expert Meeting *Jatropha*, Brussels, 2007.
- Samba ANS, Diallo B, Diop M, et al. *Jatropha curcas*: seed germination and propagation methods, 2007. http://www.jatropha-alliance.org/fileadmin/documents/knowledge-pool/SambaDiallo_Jatropha_Seed_Germination_and_Propagation.pdf
- USDA ANGRPNGLB. *Jatropha curcas* information from Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database]. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?20692>. Nov. 9, 2007.

Annexe 2. Article soumis pour publication dans la revue suivante : International Journal of Biological and Chemical Sciences

Effet des tailles de gestion et du stade de maturité des fruits sur la productivité de *Jatropha curcas* L.

L. BARRO^{1*}, S.A.N. SAMBA², M. DIATTA³ B. DIOP¹, L.E. AKPO¹

¹*Laboratoire d'Ecologie Végétale et d'Eco-hydrologie, Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005 Dakar, Sénégal.*

²*Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, Université de Thiès, B.P. 967 Thiès, Sénégal.*

³*Centre National de Recherches Forestières (CNRF), B.P. 2312 Hann, Dakar, Sénégal*

RESUME

Jatropha curcas L. (JCL) est une espèce oléagineuse dont l'huile peut servir comme biocarburant. La présente étude s'est intéressée aux effets des facteurs travail du sol et gestion des plants de JCL sur les performances de l'espèce et à l'effet du facteur stade de maturité des graines sur la teneur et sur la qualité de l'huile, en fonction des provenances. Les résultats ont montré un effet significatif des facteurs ($p < 0,05$) sur la croissance, la ramification des plants, la quantité et la qualité de l'huile des graines de JCL. La gestion a favorisé l'augmentation de rameaux d'où une meilleure production de fruits. Par ailleurs, les graines des fruits jaunes (séchées après 7 jours) ont donné une teneur en huile (30,21g) et une viscosité ($35,37 \pm 0,10$ cSt) plus élevées que celles obtenues à partir des graines des fruits noirs (respectivement 23,45g et $35,285 \pm 0,10$ cSt) ou des fruits verts (17,771g et $35,08 \pm 0,10$ cSt). Nous constatons ainsi que la gestion des plants augmente la ramification des plants de JCL et par conséquent la production de fruits et que le fruit jaune constitue le stade de maturité optimal pour une teneur en huile plus élevée.

Mot clés: Croissance, provenance, qualité de l'huile, ramification, teneur en huile.

Effect of tree management and fruit maturity stage on *Jatropha curcas* L. productivity.**ABSTRACT**

Jatropha curcas L. (JCL) is an oleaginous species whose oil can serve as biofuel. This research aimed to study the effects of sub soiling and tree management on the performances of different JCL provenances but also the effect of fruits maturity stage on the oil content and oil quality of their seeds. Four factors (sub soiling, tree management intensity, fruit maturity stage and seeds origins or provenances) were studied. The results have shown a significant effect of all factors ($p < 0.05$) on JCL growth, branching, and on JCL seed oil content and quality. Tree management favored twigs and fruits production. Besides, dried seeds of yellow fruits gave a higher oil content (30.21g) and viscosity (35.37 ± 0.10 cSt) than those obtained from black fruits (23.45g and 35.285 ± 0.10 cSt, respectively) or from green fruits (17.771g et 35.08 ± 0.10 cSt). So we noticed that tree management increases branching pattern of JCL plants and consequently fruit production and that the yellow fruit stage constitutes the optimal maturity period for a higher seed oil content.

Keywords: Branching, increment, oil content, oil quality, provenance.

INTRODUCTION

L'intérêt grandissant pour les biocarburants a été alimenté par le désir de réduire les émissions de gaz à effets de serre provenant en grande partie des carburants fossiles traditionnels, tout en améliorant la sécurité des réserves de carburants et en encourageant le développement rural. Les politiques en faveur du développement durable et la récente crise énergétique mondiale ont créé une opportunité pour la valorisation des huiles végétales comme biocarburant à travers le monde (Jayasingh, 2004). Grâce à ses potentialités, dont la réhabilitation des sols dégradées, l'utilisation de ses plants comme haie vive mais aussi et surtout de son huile comme biocarburant, *Jatropha curcas* (JCL) suscite un grand intérêt pour divers organismes de développement (Datta et al., 2007).

JCL est une plante originaire d'Amérique tropicale mais qui s'est maintenant répandue dans toutes les régions tropicales arides et semi arides du monde. Membre de la famille des *Euphorbiacées*, elle est une plante pérenne résistante à la sécheresse. Elle peut croître sur des sols pauvres et vivre jusqu'à 50 ans. Son rendement agricole varie de 123 kg/ha de graines pour des plantations de 2 ans à 350 kg/ha à 4 ans (Diédhiou, 2009). Selon Pirot et Hamel (2012), des rendements en graines de 200 kg/ha durant les mauvaises années et de 800 kg/ha durant les bonnes années ont été observés. Les résultats de Barro et al. (2013) ont montré un an après plantation que le nombre de fruits par arbre variait entre 12 et 16. Deux ans après plantation ce nombre a été supérieur à 18.

Ces rendements en fruits et graines étant très faible en plantations pluviales en zone soudano-sahélienne (Bargny, Sénégal), il serait important de trouver des stratégies pour les augmenter. Ainsi, la stimulation d'une ramification importante par les tailles de gestion des plants et/ou le choix de provenances à forte ramification seraient des voies intéressantes à étudier pour augmenter le rendement. Par ailleurs, peu de données sont disponibles sur la quantité et la qualité de l'huile en fonction des provenances et de l'état de maturité des fruits de JCL. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude qui tente d'apporter des réponses aux questions ci-après:

- quel est le type de gestion à appliquer aux plants de JCL pour obtenir une meilleure productivité?
- à quel stade de maturité des graines de JCL obtient-on une plus grande quantité d'huile et une meilleure qualité d'huile?

Cette étude a ainsi pour objectif de déterminer les effets de la taille de gestion, du stade de maturité des fruits et de la provenance) sur (i) les performances (croissance des fruits, vigueur des graines ...) (ii) la teneur et la qualité de l'huile des graines de JCL.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'expérimentation a été conduite dans la région de Dakar (Sénégal), commune de Bargny, sur la réserve foncière de la SOCOCIM Industries destinée à l'extraction de calcaires. Ce site est sous l'influence d'un climat de type soudano-sahélien avec une saison pluvieuse (juillet - septembre) et une saison sèche (octobre - juin). Le site se situe entre les isohyètes 300 et 600 mm. La moyenne annuelle des précipitations est de 550 mm avec des pics au courant du mois d'août. L'altitude moyenne est de 20 m avec une nappe phréatique profonde de 12 à 36 mètres (Diallo et al., 2006). La température varie entre 17° et 25 °C (décembre à avril) et de 27° à 30 °C (mai à novembre).

Bargny comprend un ensemble de collines et de plateaux d'altitudes inférieures à 50 m. Sa couverture géologique comprend une alternance de marnes et de calcaires dont les plus perméables, les calcaires paléocènes de Sébikotane, les sables et les grès du mæstrichien, renferment des nappes aquifères importantes. On y observe le prolongement des bas-fonds fertiles et des sols aptes au maraîchage et à l'arboriculture, particulièrement dans la zone rurale.

Dispositif expérimental

Une plantation de 625 plants à l'hectare (4 m x 4 m) a été réalisée dans la réserve foncière de la SOCOCIM en 2008. Les plants de *Jatropha curcas* L. ont été irrigués, après plantation, à raison de deux arrosages de 16 l/plant/semaine durant 12 mois. L'influence des facteurs provenances, travail du sol, taille/recépage des branches et stade de maturité des fruits, sur les variables morphologiques des plants et des graines de JCL et sur la quantité et la qualité de son huile produite a été étudiée.

Le travail du sol avait deux niveaux: sous - solage croisé et témoin sans travail du sol. La taille de gestion a été appliquée sur les branches secondaires des plants de *Jatropha curcas*

selon quatre modalités: 0, 25, 50 et 100% des branches taillées, respectivement. La taille a été faite à partir du 4^{ème} nœud à compter du point d'insertion de la branche.

Le facteur « provenance » comptait deux niveaux (Diobass et Casamance). La parcelle élémentaire était un carré de 36 m x 36 m, contenant 100 plants de *Jatropha curcas*. Le facteur « stade de maturité des fruits » avait trois modalités (fruits verts, fruits jaunes et fruits noirs).

La combinaison des différents niveaux de ces facteurs (provenances, travail du sol, taille de gestion et stade de maturité des fruits) a donné un total de 48 traitements avec 3 répétitions/traitement, soit 144 unités expérimentales. Les variables suivantes ont été suivies:

- * **la croissance des fruits:** dans chaque parcelle élémentaire, le diamètre de 16 fruits choisis au hasard sur 4 différents plants, à raison de 4 fruits/plant, a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse électronique. Les mesures ont été effectuées une fois par semaine jusqu'à maturité;
- * **la vigueur des graines** a été suivie comme suit: 50 graines issues de fruits verts ont été semées sur place en même temps que 50 graines provenant de fruits noirs et 50 graines de fruits jaunes;
- * **le nombre de ramifications secondaires** avant la taille de gestion (NR2AVT), le nombre de ramifications secondaires total un mois après la taille des plants (NR2APT);
- * **le taux de ramification** (Tx/Ram%) après la taille de gestion:

$$\text{Tx/Ram\%} = \frac{(\text{NR2APT} - \text{NR2AVT})}{\text{NR2AVT}} * 100$$

- * **le diamètre au collet** de la tige principale (DCTP);
- * **les diamètres du houppier** suivant la direction parallèle à la ligne de plantation et suivant la direction perpendiculaire à la ligne de plantations;
- * **les caractéristiques morpho - métriques des graines** (longueur: axe longitudinal, largeur: axe radial, épaisseur: axe latéral);

* **la qualité et la quantité de l'huile.**

Pour la détermination de la *quantité (ou teneur) de l'huile* des graines, la méthode au soxhlet a été utilisée. Pour le principe d'extraction, trois échantillons de chaque type de fruit (vert, jaune, marron/noir) de chaque provenance ont été prélevés au hasard et décortiqués; puis les graines obtenues ont été broyées à l'aide d'un broyeur et placées dans une cartouche en cellulose.

L'extracteur a été placé sur un ballon contenant du solvant (N-hexane) et chauffé, provoquant ainsi l'évaporation du solvant qui passe dans le tube adducteur, puis se condense grâce au réfrigérant, avant de retomber dans le corps de l'extracteur. Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du tube siphon, qui provoque le retour du liquide dans le ballon, accompagné des substances extraites. Le solvant contenu dans le ballon s'enrichit progressivement de composés solubles, principalement l'huile. Le cycle a été répété 6 fois dans les quatre heures jusqu'à épuisement complet de l'échantillon.

- * Le **pouvoir rotatoire** a été déterminé à l'aide du *polarimètre polartronic E* avec une cuve de 5 cm de long; ensuite la valeur du pouvoir rotatoire spécifique a été déduite.

Le pouvoir rotatoire de l'huile de *Jatropha curcas* a été déterminé en utilisant la conversion suivante:

$$[\alpha]_D = \frac{\alpha \text{ mesuré} \times 10}{M} \text{ (exprimé en degrés)}$$

M: masse de produit en g, α : pouvoir rotatoire lu de la substance, $[\alpha]_D$: pouvoir rotatoire spécifique de la substance

- * **Viscosité cinématique:** c'est l'une des propriétés les plus importantes, elle est caractérisée par la résistance de l'huile à l'écoulement. Elle est déterminée à la température 40 °C et 100 °C du fait qu'on suppose qu'un moteur hors service se met à une température de 40 °C et à 100 °C lorsqu'il est en service.

Un viscosimètre propre et sec qui couvre la zone de viscosité cinématique présumée a été utilisé. La viscosité du liquide a été déterminée par la formule suivante:

$$KV \text{ (cSt)} = T \times C \text{ (cSt)}$$

avec KV = Viscosité cinématique, C = Constante du tube, T = Temps d'écoulement en secondes.

- * **Point d'écoulement:** le point d'écoulement d'un produit lubrifiant correspond à la température en dessous de laquelle le produit est complètement figé et ne peut plus s'écouler, ce test s'applique à toutes les productions d'huiles lubrifiantes de moteurs.
- * **Point éclair (flash point):** le point éclair est la température minimale à laquelle les vapeurs d'un liquide s'enflamment, soit de manière spontanée (on parle alors d'auto inflammation), soit par l'intermédiaire d'une flamme pilote.

Le point éclair est la température la plus basse à laquelle un liquide fournit suffisamment de vapeurs pour former, avec l'air ambiant, un mélange gazeux qui s'enflamme sous l'effet d'une source d'énergie calorifique telle qu'une flamme pilote. La détermination du point éclair a été réalisée avec l'Appareil automatique de Cleveland (modèle Gd-3536D ASTM D92 Cleveland).

- * **Densité:** la densité ou masse volumique d'un liquide à une température donnée est le quotient entre sa masse et son volume; elle s'exprime en kilogramme par mètre cube. Dans le domaine du pétrole, elle est généralement donnée à 15 °C. Pour sa détermination, un thermo - densimètre est plongé dans l'échantillon à étudier jusqu'à ce que les chiffres indiquant la densité et la température soient stables. Ces deux valeurs sont ensuite converties à 15 °C, à l'aide d'un livre ASTM.

Analyses statistiques

Les données collectées ont été saisies sur Excel. Ensuite, le logiciel Statistix 10 a été utilisé pour effectuer une analyse de variance afin de déceler l'existence ou non de différences significatives entre les traitements, suivie du test de comparaison de moyennes de Tukey, en cas de différences significatives, pour identifier les traitements différents. Auparavant le test de Bartlett (1947) a permis de vérifier l'homogénéité des variances.

RESULTATS

Effet de la taille de gestion et de la provenance sur la croissance et l'architecture des plants de *Jatropha curcas* L.

La croissance des plants a significativement varié en fonction de l'interaction entre les niveaux de taille et les provenances (tableau 1). Les diamètres au collet des tiges principales des plants de JCL taillés à 100% ou à 25% ont été égaux mais significativement différents de ceux des plants taillés à 50% ($p = 0,0237$), quelle que soit la provenance considérée. Par ailleurs, la valeur moyenne de cette variable était plus faible ($p = 0,0173$) chez la provenance Casamance ($39,33 \pm 2,24$ cm) que chez la provenance Diobass ($47,889 \pm 2,24$ cm).

L'analyse a également montré que le diamètre moyen du houppier a varié ($p = 0,0454$) entre les provenances avec $2,5 \pm 0,136$ m pour la provenance Casamance et $2,92 \pm 0,136$ m pour Diobass. Cependant, le nombre de ramifications n'a pas varié entre les provenances avant les tailles de gestion. Après ces tailles, un effet significatif a été observé sur le nombre de ramifications secondaires ($p = 0,0069$) et sur le taux de ramifications ($p = 0,0020$). Ce taux était plus élevé pour les plants taillés à 100% que pour ceux taillés à 50% et 25% (respectivement $41,7 \pm 2,9\%$; $33,5 \pm 2,9\%$ et $25,48 \pm 2,9\%$) chez la provenance Casamance. La même tendance a été notée chez la provenance Diobass avec $44,3 \pm 2,9\%$; $32,29 \pm 2,9\%$ et $23,06 \pm 2,9\%$, respectivement sur les plants taillés à 100%, 50% et 25%.

Tableau 1: Effet de la taille de gestion et de la provenance sur la croissance et la ramification des plants de *Jatropha curcas* L.

VARIABLES	FACTEUR TAILLE DE GESTION DES PLANTS							FACTEUR PROVENANCE		
	PROVENANCE CASAMANCE			PROVENANCE DIOBASS			P>F*	CASAMANCE	DIOBASS	P>F
	100%	50%	25%	100%	50%	25%				
	TAILLEES	TAILLEES	TAILLEES	TAILLEES	TAILLEES	TAILLEES				
DCTP	40±3,18	34±3,18	43±3,18	51±3,18	41±3,18	51±3,18	0,0237	39,33±2,24	47,889±2,24	0,0173
NR2AV	54±10	42,33±10	53±10	76,33±10	40,33±10	95±10	0,0257	49,889±8	70,556±8	0,0905
NR2T	54±6,4	21±6,4	13,3±6,4	76,33±6,4	20±6,4	23,667±6,4	0,0002	29,44±9	40±9	0,4164
DH1	2,44±0,3	2,54±0,3	2,91±0,3	3,07±0,3	2,69±0,3	2,80±0,3	0,7847	2,63±0,18	2,85±0,18	0,3935
DH2	2,526±0,2	1,96±0,2	2,62±0,2	3,17±0,2	2,74±0,2	3,07±0,2	0,0187	2,37±0,13	2,99±0,13	0,0055
DHM	2,48±0,24	2,25±0,24	2,77±0,24	3,12±0,24	2,72±0,24	2,94±0,24	0,216	2,5±0,136	2,92±0,136	0,0454
NR2APT	130,3±18,6	84,33±18,6	91±18,6	197,67±18,6	77±18,6	147±18,6	0,0069	101,89±16,9	140,56±16,9	0,128
TX /RAM	41,7±2,9	33,5±2,9	25,48±2,9	44,3±2,9	32,29±2,9	23,06±2,9	0,0020	33,579±3,24	33,22±3,24	0,9382

*significatif au seuil de 0,05.

DCTP = diamètre au collet de la tige principale, NR2AV = nombre de ramifications secondaires avant taille,

NR2T = nombre de ramifications secondaires taillées, NR2APT = nombre de ramifications secondaires après

taille de gestion, TX/Ram = taux d'augmentation de la ramification

Effet de la provenance et du travail du sol sur la croissance des fruits de *Jatropha curcas*

La croissance des fruits de JCL (Figure 1) a duré 5 semaines soit 35 jours. A partir de la sixième semaine, l'épaisseur des fruits a plafonné à 26,25 mm, valeur qui est restée constante par la suite. L'épaisseur des fruits de la provenance Casamance, dans la parcelle travaillée (sous - solage), a sensiblement été supérieure à celle de la parcelle témoin (sans travail du sol). Cependant, pour la provenance Diobass, elle a été meilleure au niveau du témoin durant les trois premières semaines, ensuite aucune différence n'a été enregistrée entre l'épaisseur des fruits des plants de la parcelle témoin et celle des fruits des plants de la parcelle travaillée.

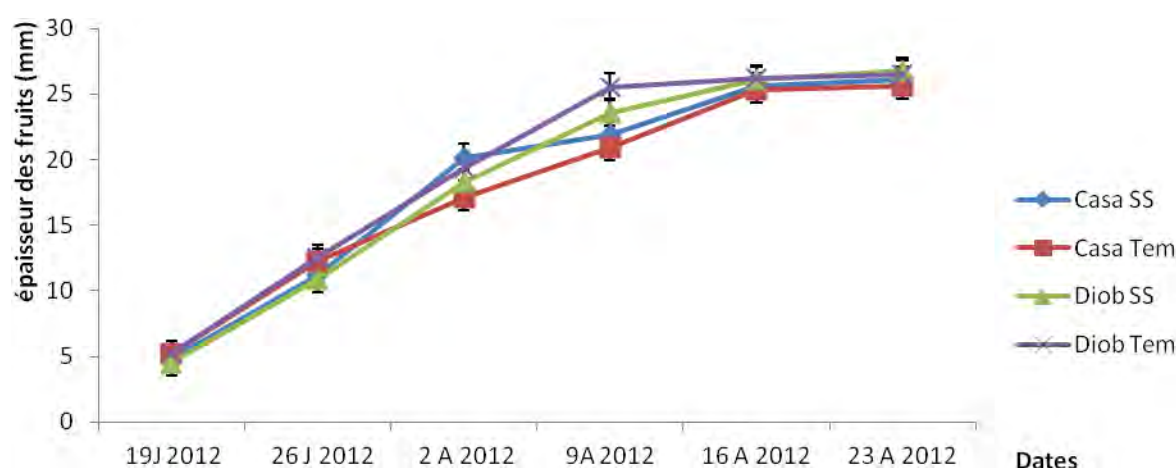


Figure 1. Effet de la provenance [Casamance (Casa), Diobass (Diob)] et du travail du sol [sous - solage (SS), témoin (Tem)] sur la croissance des fruits (J = Juillet, A = Août).

Effet de la provenance sur les caractéristiques morpho - métriques des graines de *Jatropha curcas*

La longueur ($p = 0,4647$), la largeur ($p = 0,5351$) et l'épaisseur ($p = 0,0887$) des graines de JCL n'ont pas varié en fonction de la provenance (tableau 2).

Tableau 2. Effet de la provenance sur les caractéristiques morpho - métriques (longueur, largeur et épaisseur) des graines de *Jatropha curcas* L.

VARIABLES	PROVENANCE	
	CASAMANCE	DIOBASS
LONGUEUR (MM)	17,279±0,097	17,403±0,097
LARGEUR (MM)	11,368±0,063	11,435±0,063
EPAISSEUR (MM)	8,75±0,024	8,86±0,024

Vigueur des graines en fonction de la maturité des fruits de *Jatropha curcas*

La germination des graines de JCL semées à faible profondeur (1 - 2 cm) a commencé le septième jour après semis. Elle a été progressive jusqu'au dixième jour. Le taux de germination des graines issues des fruits jaunes a été plus important (66%) que celui des graines issues des fruits noirs (28,5%) et des graines des fruits verts (3,5%). Les graines des fruits jaunes présentaient ainsi une plus grande vigueur que celles des fruits verts ou noirs.

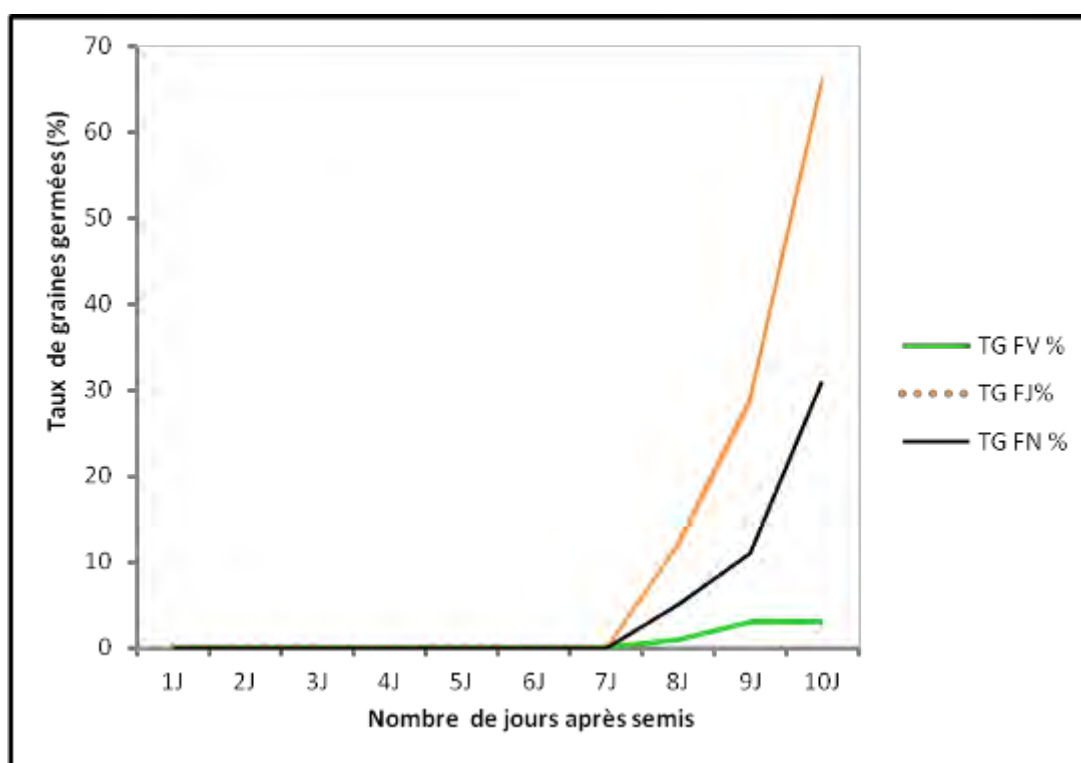


Figure 2. Vigueur des graines de *Jatropha curcas* L. en fonction de leur état de maturité

Légende: TG = taux de germination ; FV = fruit vert ; FJ = Fruit jaune ; FN = fruit noir.

Effet de la provenance et du stage de maturité des fruits sur la teneur en huile des graines de *Jatropha curcas*.

La masse de l'huile des graines de JCL et la masse du Marc ou masse de matière sèche n'ont pas varié significativement entre les provenances (respectivement $p = 0,8906$ et $p = 0,9674$). Par contre, le stade de maturité des fruits a eu un effet significatif sur la teneur en huile ($p = 0,0009$) et sur la masse du Marc ($p = 0,00034$). La teneur en huile a été plus élevée

dans les graines des fruits jaunes (30,217 g) que dans les fruits noirs (23,450 g) et dans les fruits verts (17,771 g). La masse du Marc dépend de celle de l'huile, elle diminue quand cette dernière augmente.

Tableau 3. Effet de la provenance et du stade de maturité des fruits sur la teneur en huile des graines de *Jatropha curcas* L.

VARIABLES	PROVENANCE		P>F*	STADE DE MATURITE DES FRUITS			P>F
	CASAMANCE	DIOBASS		VERT	JAUNE	NOIR	
MASSE HUILE	25,044	24,594	0,8906	17,771	30,217	23,450	0,0009
MASSE DU MARC	73,474	73,337	0,9674	80,921	68,567	73,950	0,0034

*significatif au seuil de 0,05.

Effet de la provenance et du stade de maturité des fruits sur la qualité de l'huile des graines de *Jatropha curcas*.

La provenance et le stade de maturité des fruits n'ont pas eu d'effets significatifs sur la densité (respectivement $p = 0,168$ et $p = 0,427$), le flash point ($p = 0,1835$ et $p = 0,500$) et la polarimétrie ($p = 0,4226$ et $p = 0,500$) de l'huile de JCL. Par contre, la viscosité ($p = 0,004$) a varié en fonction de la provenance mais elle a été la même pour tous les stades de maturité des fruits ($p = 0,319$). La viscosité moyenne de l'huile des graines de JCL était de $35,24 \pm 0,10$ cSt.

Tableau 4. Qualité de l'huile des graines de *Jatropha curcas* L. sous l'influence de la provenance et du stade de maturité des fruits.

VARIABLES	PROVENANCE		P>F*	STADE DE MATURITE DES FRUITS			P>F
	CASAMANCE	DIOBASS		VERT	JAUNE	NOIR	
DENSITE	873±0,56	874,7±0,56	0,168	872,1±0,69	874,1±0,69	874,50±0,69	0,427
FLASH POINT	186,67±0,47	188±0,47	0,1835	187±0,57	188±0,57	187±0,57	0,500

VISCOSITE	34,32±0,083	36,17±0,083	0,0040	35,08±0,10	35,37±0,10	35,285±0,10	0,319
POLARIMETRIE	-6,67	0,000	0,4226	0,000	0,000	-1 ,00	0,500

*significatif au seuil de 0,05.

DISCUSSION

Les variables de croissance notamment le diamètre au collet de la tige principale et le diamètre du houppier ont varié entre les provenances (Diobass et Casamace). Ces résultats sont en harmonie avec ceux d'Ahoton et al. (2011) qui ont observé des différences hautement significatives du diamètre au collet de la tige principale entre plusieurs provenances de *Jatropha curcas*. De même, Ly et al. (2014) ont montré que les taux de croissance du diamètre au collet des provenances Nioro et Kaffrine ont varié en fonction de la salinité du sol.

Pour toutes les provenances, la ramification a varié sous l'effet des tailles de gestion des plants de JCL. C'est la même tendance qui a été observée pour le taux de ramification chez les deux provenances. *Jatropha curcas* ne produisant que quelques fruits (entre 10 et 20) par branches (Formad environnement, 2013), il convient, par une gestion appropriée, de lui donner un port multicaule pour augmenter sa production. Dans notre étude, la taille a ainsi permis un plus important développement de branches latérales et de fleurs à l'extrémité des branches et par conséquent une augmentation de la production de fruits.

Le travail du sol a semblé améliorer la croissance des fruits chez la provenance Casamance durant les trois premières semaines. Par contre chez Diobass, la parcelle préparée a enregistré les plus faibles valeurs par rapport au témoin. Cependant, à la sixième semaine, tous les fruits avaient atteint leur maturité avec la même grosseur entre les parcelles (travaillées ou pas) et entre les provenances. D'après Heller (1996), la maturité est atteinte en 90 jours après l'anthèse. Certains résultats confirment que de la floraison à la maturité des graines, le fruit de JCL met 80 - 100 jours pour se développer (Formad environnement 2013), ce qui est en harmonie avec nos résultats.

L'étude de la vigueur des graines a montré que celles provenant des fruits verts germent en même temps (au septième jour) que les graines des fruits jaunes et noirs mais avec un taux plus faible. Nguema et al. (2013) ont observé une germination des graines de *Jatropha curcas* 6 jours après semis, avec un taux de 90%. La germination comparée des graines en fonction de leur stade de maturité a montré que les graines de fruits jaunes ont une vigueur germinative plus élevée que celle des graines des fruits noirs ou des fruits verts.

De même, la teneur en huile et la masse du Marc ou masse de matière sèche sont plus importantes chez les fruits jaunes que chez les fruits noirs ou verts. La récolte au stade optimal permet de maximiser le contenu en huile (Barbier et al., 2012). Le stade fruit jaune serait ainsi favorable pour une germination optimale et une quantité d'huile maximale.

La provenance et le stade de maturité des fruits n'ont pas un effet significatif sur les propriétés de l'huile notamment la densité, la polarimétrie et le flash point. Les valeurs du flash point sont comprises entre $186,67 \pm 0,47$ °C et $188 \pm 0,57$ °C et corroborent celles de Diop (2009) situées dans l'intervalle 177 - 199 °C. La polarimétrie est une technique expérimentale basée sur la mesure de la déviation du plan de polarisation d'une lumière polarisée traversant une solution composée d'une ou de plusieurs molécules chirales.

Cette méthode n'est applicable qu'aux molécules optiquement actives (chirales). Elle a été découverte par Biot en 1812 sur des cristaux puis en 1815 sur des molécules organiques. Selon la loi de Biot, un composé est considéré comme optiquement en activité si la lumière polarisée linéairement subie une rotation en passant au travers de celui-ci. L'huile de JCL manifeste une absence de molécules chirales, car elle donne un pouvoir rotatoire (polarimétrie) presque nul (tableau 4).

Par contre la viscosité de l'huile a varié entre les provenances. En outre, le stade de maturité des fruits a montré, en valeurs absolues, une viscosité légèrement plus élevée chez les graines de fruits jaunes que chez celles des fruits noirs et verts. Selon Diop (2009), la vis-

cosité est la propriété de l'huile, résultant de la résistance qu'opposent ses molécules à une force tendant à les déplacer par glissement.

L'huile de *Jatropha curcas* présente, selon Amoussou (2010), une viscosité plus élevée à 40° C ($39,13 \pm 0,159$ Cst) que celle du gasoil pour la même température ($3,37 \pm 0,042$ Cst). Les travaux de ce dernier confirment aussi que les résultats sur la viscosité (tableau 4) obtenus dans notre étude sont très élevés par rapport à ceux du gasoil. Agarwal et Agarwal (2007), ont noté que les huiles végétales sont dix fois plus visqueuses que le gasoil à 40° C et trente fois plus visqueuses à 0° C.

CONCLUSION

La croissance des plants de *Jatropha curcas*, notamment du diamètre au collet de la tige principale et du diamètre du houppier, a varié entre les provenances avec des valeurs plus élevées chez Diobass que chez Casamance. Par ailleurs, la gestion des plants a une influence sur la ramification secondaire et le taux de ramification mais le facteur « provenance » n'a pas d'effets significatifs sur la ramification ou sur les caractéristiques morpho - métriques des graines.

La germination a commencé le même jour pour toutes les graines quel que soit le stade de maturité des fruits. Cependant, les graines des fruits jaunes ont une vigueur germinative plus importante que celle des graines de fruits noirs ou verts. La même tendance s'observe sur la teneur en huile et la masse du Marc. De même, la viscosité est plus élevée dans l'huile extraite des graines de fruits jaunes que dans l'huile des graines des autres stades de maturité.

En outre, la provenance et le stade de maturité des fruits n'ont pas un effet significatif sur les caractéristiques physicochimiques de l'huile, notamment sur la densité, le flash point et la polarimétrie. L'augmentation de la gamme de provenances à étudier pourrait favoriser un bon choix de taxons plus productifs et de meilleurs rendements en huile.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Monsieur Lamine Barro, premier auteur, mène des recherches sur *Jatropha curcas* dans le cadre de sa thèse de doctorat unique. Ce présent article a été extrait de son document de thèse. Il est encadré dans ses recherches par Pr Samba Arona Ndiaye Samba, directeur de thèse et Pr Léonard Elie Akpo, co - directeur de thèse qui ont validé le protocole expérimental et procédé à l'analyse critique et à la correction du document. Pr Malainy Diatta a joué le rôle d'interface entre la SOCOCIM, où sont localisées les plantations de *Jatropha curcas*, et les universités. Il a supervisé les travaux sur le terrain et participé à l'analyse des résultats obtenus. Dr Babacar Diop a contribué dans l'analyse statistique des données et dans l'interprétation des résultats.

REMERCIEMENTS

A travers Monsieur Mactar Diaw, Directeur de l'environnement, nous remercions le Directeur générale de la SOCOCIM Industrie et tout son personnel qui nous ont facilité l'accès aux plantations de JCL. Les auteurs remercient également le projet Sahel Environnement Energie Végétale (SEEV), Monsieur Ibrahima Ndiaye Maître de Conférence à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Professeur Mactar Seck à la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontologie (UCAD) et Monsieur Nicolas Cyrille Mensah Ayessou de l'Ecole Polytechnique de Dakar (UCAD), pour leur appui.

REFERENCES

- Agarwal D, Agarwal AK. 2007. Performance and emissions characteristics of *Jatropha* oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine. *Applied Thermal Engineering* **27**: 2314-2323. Doi: [10.1016/j.applthermaleng.2007.01.009](https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.01.009).
- Ahoton LE, Quenum F, Mergeai G. 2011. Evaluation agromorphologique et sélection des meilleures accessions de Pourghère (*Jatropha curcas* L.) introduites au Bénin. ISSN 1991-8631. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i4.25>.
- Amoussou KMA. 2010. Investigations des caractéristiques comme carburants de mélanges d'huiles végétales incorporées dans du gasoil. Laboratoire Biomasse Energie et Bio-carburant / 2ie. Mémoire de Master, Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. p 14. URL: http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=487.
- Barbier J, Cissao M, Cissé C, Loch F, Grand C, Mergeai G. 2012. Intérêt de mettre en place une filière courte basée sur la culture du *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) dans la communauté rurale de Dialocoto. Capitalisation du projet « Validation du système *Jatropha* en milieu rural sénégalais » de l'OPDAD et d'ADG. URL: http://ong-adg.be/bibliadg/bibliotheque/opac_css/doc_num/divers/document_synthese_jatropha_final.pdf. consulté le 01/06/2015 à 10 heures 18mn.
- Barro L, Samba NAS, Diatta M, Akpo EL. 2013. Effet du travail du sol sur la productivité de différentes provenances de *Jatropha curcas*. *OCL* **20**(3): 165-170. Doi: <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2013.0508>.
- CABEX-SARL 2000. Rapport final Audits urbains organisationnel et financier - préparation du contrat de la commune de Bargny. CABEX @ TELECOMPLUS.SN. URL: http://www.geradsn.org/etudes/audit/audit_bargny.pdf. consulté le 28/02/2014 à 17h42mn.

- Datta MM, Priyanka M, Biswajit G, Timir BJ. 2007. *In vitro* clonal propagation of biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.). *Current Science*, **93**(10): 1438-1442. URL: <http://www.ias.ac.in/currsci>.
- Deepak A, Avinash KA. 2007. Performance and emissions characteristics of *Jatropha* oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine, *Applied Thermal Engineering* **27**: 2314 - 2323. Doi:10.1016/j.applthermaleng.2007.01.009.
- Diallo A, Diakhaté MA, Bâ A, Diarra B, Sow M. 2006. Profil de développement durable de la commune de Bargny. Agenda 21 de la commune de Bargny, 2006. p 4. URL: http://www.geradsn.org/etudes/audit/audit_bargny.pdf consulté le 22 Mai 2015.
- Diédhiou I. 2009. Impacts potentiels de l'introduction de *Jatropha curcas* L. dans un contexte de variabilité et changement climatiques: impacts agricoles et environnementaux, intérêts économiques pour les ménages et communautés rurales. Atelier de clôture Cotonou, Bénin, 18-21 octobre, Université de Thiès, Sénégal.
- Diop M. 2009. Production de biodiesel à partir de l'huile de *Jatropha*. Projet de fin d'études, Ingénieur de conception en électromécanique. Ecole supérieure polytechnique centre de Thiès, département de génie mécanique. P 5. <http://www.beep.ird.fr/collect/thies/index/assoc/HASH013b.dir/pfe.gm.0536.pdf>
- Formad environnement 2013. <http://www.formad-environnement.org/formad-jatropha-2013.pdf> consulté 10/09/2014 à 14heures 56 minutes
- France volontaire: <http://www.reseau-espaces> volontariats. Org/ documents / présentation régions. PDF. 26/09/2014 à 11heures 18mn.
- Heller, J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, International Plant Genetic Resources Institute, Rome.

- Jayasingh M. 2004. The use of biodiesel by the Indian railways pp. 31-33. *In*: N.G. Hegde, J.N. Daniel & S. Dhar (editors), *Jatropha and other perennial oilseed crops*, BAIF Development Research Foundation, Pune.
- Kemmitt SJ, Wright D, Goulding KWT, Jones DL. 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.*, **38**, 898-911.
 Doi:10.1016/j.soilbio.2005.08.006.
- Legendre B, Mergeai G, Terren M. 2009. Etablissement de plantation de *Jatropha*. Note agronomique n°3 du programme EESF. Technologies for Human Development, mars 2009. P 7. URL: [http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/153475/1/Jatropha_Curcas_-_Note_agronomique_3_-_090330\(1\)%20Copy.pdf](http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/153475/1/Jatropha_Curcas_-_Note_agronomique_3_-_090330(1)%20Copy.pdf) consulté le 10 avril 2015.
- Ly MO, Kumar D, Diouf M, Nautiyal S, Diop T. 2014. Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **8**(1): 46-56. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i1.5>.
- Nguema NP, Bouanga EB, Massounga YC, Boussiengui BG. 2013. Etude comparée de trois méthodes de multiplications de *Jatropha curcas* L. dans les conditions climatiques du sud-est du Gabon. *Journal of Applied Biosciences* **65**: 4989 - 4998. Published online at www.m.elewa.org on 29 th May 2013.
- Pirot R, Hamel O. 2012. <http://unep.org/energy/Portals/50177/publications/realites-du-jatropha-confrontees-aux-mecanismes-carbone-intermediaire-28juin2012.pdf> consulté le 26/02/2014 à 23h22mn.

Annexe 3. Extrait de la première récolte « Casamance avec sous-solage »

Blocs	Nombre de plants	Nombre de fruits	Moyennes
Bloc 1	708	4930	6,96
Bloc 2	504	4101	8,14
Bloc 3	504	3063	6,077
Bloc 4	756	5030	6,65
Bloc 5	392	3248	8,28
Bloc 6	252	1711	7,79

Annexe 4. Extrait de la première récolte « Casamance témoin »

Blocs	Nombre de plants	Nombre de fruits	Moyennes
Bloc 1	252	1613	6,4
Bloc 2	252	3265	12,956
Bloc 3	252	2315	9,186
Bloc 4	252	847	3,36
Bloc 5	252	1550	6,15
Bloc 6	252	948	3,76

Annexe 5. Extrait du rapport du nombre de fruits de l'année (2008/2009) un an après plantation

Blocs/ μ /Récolte	I	II	III	IV	μ = moyenne
Sol travaillé sans culture	9,24	13,87	20,62	19,21	15,73
Sol travaillé avec culture	11,64	14,55	11	14,37	12,89

Auteur : Lamine BARRO

Résumé

*Jatropha curcas*L., de la famille des euphorbiaceae est l'un des cultures potentiellement utilisables pour fournir la matière première indispensable pour la production de biocarburant. La présente étude s'intéresse d'une part, à l'effet de la provenance et du travail du sol sur le développement et sur les traits fonctionnels de *Jatropha curcas*L., d'autre part à l'effet de la gestion des plants de JCL sur les performances de l'espèce et à l'effet du stade de maturité des graines sur la teneur et sur la qualité de l'huile, en fonction de diverses provenances. La zone d'étude appartient au climat soudano-sahélien. Il se situe à une altitude moyenne de 20 m avec une nappe phréatique profonde de 12 à 36 m. Quatre facteurs (travail du sol, taille de gestion des plants, état de maturité des fruits et provenance) ont été étudiés. Certains résultats ont montré un effet significatif des quatre facteurs ($p < 0,05$) sur la croissance, la ramification des plants, la quantité et la qualité de l'huile des graines de JCL. Les variables de croissance (diamètre au collet de la tige principale, diamètre du houppier) n'ont pas varié significativement sous l'effet des facteurs travail du sol et provenance après 3ans de plantation à l'exception de la hauteur qui a significativement variée sous l'effet de l'interaction des facteurs. De même, la ramification et les traits fonctionnels n'ont pas variés significativement sous l'effet des facteurs (provenance et sous solage). Cependant, la teneur en matière sèche de la feuille (LDMC) enregistre des valeurs largement plus importantes à celles de la Surface Spécifique de Feuille (SLA) sous l'effet des facteurs (provenance et sous-solage). Par ailleurs, le sous-solage a un effet significatif sur la ramification en floraison avec un taux plus élevé dans la parcelle travaillée (69,38 en moyenne) que dans son témoin (43,17 en moyenne). Les branches fructifères enregistrent sous l'effet du travail du sol ($p=0,0205$), un nombre plus important dans le témoin ($5,2\pm 5,6$) que dans la parcelle préparée ($0,1\pm 5,6$). La taille de gestion a favorisé la production de plusieurs rameaux d'où une meilleure production de fruits. Par ailleurs, les graines récoltées sur les fruits jaunes (après 7 jours de séchage) ont donné une teneur en huile (30,21g) et une viscosité ($35,37\pm 0,10$ cSt) plus élevées que celles obtenues à partir des graines récoltées sur les fruits noirs (respectivement 23,45g ; $35,285\pm 0,10$ cSt) ou sur les fruits verts (17,771g ; $35,08 \pm 0,10$ cSt). Ces résultats permettent de dire que la stimulation de la ramification grâce à la gestion des plants de JCL permet d'augmenter la production de fruits et que le fruit jaune constitue le stade de maturité optimal pour une teneur en huile plus élevée. Cette étude révélant d'autres pistes de recherche, évalue en particulier l'effet du sous-solage, de la provenance, de la taille de gestion sur le développement mais aussi sur la productivité des plants de *Jatropha curcas* dans la zone industrielle de la commune de Bargny (Sénégal).

Effect of tillage and management of the plants on the production-activity of different provenances of *Jatropha curcas*L. to Bargny.

ABSTRACT

Jatropha curcas L. belongs to the *Euphorbiaceae* and is one potential crop to supply the essential raw material for the production of biofuel. This research aimed to study the effects of sub soiling and tree management on the performances of different JCL provenances but also the effect of fruits maturity stage on the oil content and oil quality of their seeds. Four factors (sub soiling, tree management intensity, fruit maturity stage and seeds origins or provenances) were studied. The study area belongs to the Sudano-Sahelian climate. It is located at an average altitude of 20 m with a deep water table from 12 to 36 m. Results have shown a significant effect of the factors ($p < 0.05$) on growth and branching of plants and on the quantity and quality of JCL seed oil. Growth variables (collar diameter of the main stem, crown diameter) have not varied significantly under the influence of tillage 3 years after planting except for plant height that significantly varied as a result of the interaction of factors. Similarly, branching and functional features have not varied significantly as a result of factors (provenance and subsoiling). Furthermore, subsoiling had a significant effect on flowering with a higher rate in the worked plot (average 69.38) than in the control (average 43.17). Fruiting branches recorded under the effect of tillage ($p = 0.0205$) were higher in the control (5.2 ± 5.6) than in the prepared plot (0.1 ± 5.6). Tree management favored the production of several branches resulting in better fruit production. Seeds harvested on yellow fruits (after 7 days of drying) gave a higher oil content (30,21g) and viscosity (35.37 ± 0.10 cSt) than those obtained from black (23,45g respectively; 35.285 ± 0.10 cSt) or green fruits (17,771g; 35.08 ± 0.10 cSt). These results mean that the stimulation of branching by managing JCL plants can increase fruit production in one hand and that the yellow fruit stage is the optimal one for a higher oil content. This study revealed other avenues of research, in particular the effect of subsoiling, provenance, tree management intensity on the development but also the productivity of *Jatropha curcas* plants in Bargny (Senegal).

Key words: *Jatropha curcas* L., Development, Productivity, Provenance, Tillage, tree management, growth, branching, oil content, oil quality.

Discipline : Biologie végétale

Mot clés : *Jatropha curcas* L., développement, Productivité, provenance, Travail du sol, gestion, croissance, ramification, teneur en huile, qualité de l'huile.

INSERM UER 301 : Ecologie et Agroforesterie, Faculté des Sciences et Techniques
