



L'écartement de plantation affecte différemment la croissance végétative du *Jatropha curcas* L. en culture sur un sol surexploité au nord du Gabon

Renaud MASSOUKOU PAMBA^{1,2}, Vincent POIRIER² et
Pamphile NGUEMA NDOUTOUMOU^{3,4*}

¹Ministère des Eaux et Forêts, de la Mer, de l'Environnement, chargé du Plan d'Affectation des Terres.
Libreville, Gabon.

²Laboratoire de l'Unité de Recherche et Développement en Agriculture et Agroalimentaire de l'Abitibi-Témiscamingue. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue. Québec, Canada.

³Laboratoire de Biotechnologies Végétales. Département d'Agronomie Générale. Institut de Recherches Agronomiques et Forestières. Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique.
Libreville, Gabon.

⁴Laboratoire LaSciViT. Département des Sciences de la Vie et de la Terre. Unité d'Enseignement et de Recherche Sciences et Technologies. Ecole Normale Supérieure (ENS). Libreville, Gabon.

*Auteur correspondant ; E-mail : pamphilen@hotmail.com, Tel : +241066035460 / +241077770705

Received: 27-10-2021

Accepted: 21-01-2022

Published: 28-02-2022

RESUME

Jatropha curcas L. est une plante arbustive de la famille des Euphorbiaceae qui a la capacité de croître en s'adaptant à divers environnements. Cette étude visait à apprécier son développement lorsqu'il est conduit sur un sol surexploité. Spécifiquement, il s'agit de tester le type de matériel végétal, l'écartement de semis et les délais sur quelques paramètres morphométriques de cette espèce. Le modèle linéaire à effet mixte et le modèle linéaire généralisé ont été utilisés sous le logiciel R pour évaluer les performances de croissance du pourghère. Les analyses statistiques ont permis de comparer les moyennes. Les résultats révèlent que la croissance en hauteur des plantes de *Jatropha* est influencée de manière très significative ($P < 0.001$) par l'interaction du type de matériel végétal et de l'écartement de semis et que la croissance du diamètre au collet s'accroît avec le temps tout le long de l'année. L'émission des feuilles s'est accrue pendant les trois premiers mois, puis il y a eu une chute continue le reste du temps quel que soit l'écartement et le type de matériel végétal. Au regard des résultats obtenus, il ressort que *Jatropha curcas* développe plusieurs mécanismes pour s'adapter et croître sur un sol surexploité.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Jatropha curcas* L., graines, boutures, écartements, temps, croissance.

ABSTRACT

Jatropha curcas L. is a shrub in the Euphorbiaceae family that has the ability to grow adapting to various environments. This study aimed at assessing its development when it is carried out on overexploited soil. Specifically, it is a question of testing the type of plant material, the seedling spacing and the delays on some morphometric parameters of this species. The linear mixed-effect model and the generalized linear model were used under the R software to assess the growth performance of the jatropha. Statistical analyzes made it possible to compare the means. The results reveal that the height growth of *Jatropha* plants is influenced very significantly ($P < 0.001$) by the interaction of the type of plant material and the seedling spacing and that the growth of the diameter at the root collar is increased, over time throughout the year. Leaf emission increased for the first three

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i1.14>

8993-IJBSC

months, then there was continuous drop the rest of the time regardless of spacing and type of plant material. In view of the results obtained, it appears that *Jatropha curcas* develops several mechanisms to adapt and grow on overexploited soil.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Jatropha curcas* L., seeds, cuttings, spreads, time, growth.

INTRODUCTION

La régénération artificielle des plantes est conditionnée par plusieurs facteurs, notamment la qualité du type de matériel végétal utilisé, les techniques de plantation comme les écartements entre les plants et la profondeur de transplantation, ainsi que la conduite des plants en pépinières (Sarir et Benmahiou, 2017). A cela s'ajoute la qualité du sol utilisé, car il a une fonction biologique qui se caractérise d'abord par l'hébergement d'une large part de la biodiversité terrestre (Calvet, 2003), et ensuite par le rôle nutritif joué par le milieu édaphique. Le sol contient du P, Ca et Mg et la toxicité de l'Al et du Mn qui sont des ressources nécessaires et importantes pour la croissance et le développement des plantes et la productivité forestière (St Clair et al., 2008). Les sols sont continuellement dégradés par les activités humaines. En Afrique, et particulièrement au Gabon, cette dégradation est croissante et est liée à plusieurs facteurs comme la surexploitation des sols à vocation agricole, la fréquence des pluies, les techniques culturales sur brûlis et les labours, l'utilisation d'engins pour le travail du sol et l'extraction des minerais (PANLCDT, 2007).

Le secteur agricole au Gabon est le sixième pourvoyeur d'emplois. Le pays reste toujours tributaire des importations qui couvrent environ 60% des besoins alimentaires du pays (MEPNRT, 2007). Pour faire face à la baisse du Produit Intérieur Brut (PIB) relatif au secteur agricole, l'Etat s'est lancé dans l'agriculture intensive comme la culture du cacao et de l'hévéa à travers le pays. La résultante de cette vision est la dégradation des sols surexploités et subséquemment leur abandon par les cultivateurs. Il serait donc judicieux d'élaborer des techniques pouvant restaurer lesdits sols. *Jatropha curcas*, en français le pourghère, est une plante arbustive

monoïque et pérenne de la famille des Euphorbiaceae et originaire d'Amérique centrale (Henning, 2002 ; Sunil et al., 2009). Il s'adapte à de nombreuses conditions écologiques en raison de sa résistance à la sécheresse et de ses racines latérales qui se développent près de la surface du sol (Henning, 2002 ; Domergue et Pirot, 2008 ; Diakité, 2018). Il pousse presque partout en Afrique, notamment sur les sols caillouteux, secs, sablonneux, salins et même sur les sols marginaux pauvres en éléments nutritifs (Domergue et Pirot, 2008 ; Barro et al., 2013). Il peut pousser sur des sols dégradés (Üllenberg, 2007) et peut même pousser presque exclusivement grâce à l'humidité de l'air selon Domergue et Pirot (2008). Il est cultivé dans les régions tropicales et subtropicales en raison de sa capacité d'adaptation même dans les zones semi-arides (Datta et al., 2007). Il s'agit donc d'une plante plastique vis-à-vis de l'écologie (Nguema Ndoutoumou et al., 2019). *J. curcas* a de faibles besoins nutritionnels, et pousse jusqu'à un pH de 9 dans le sol (Tewari, 2007). Selon Behera et al. (2010) sur des sols très acides, le développement du *J. curcas* pourrait nécessiter une fertilisation en Ca et Mg. Il se multiplie par le semis et le bouturage (Yang et al., 2012). La multiplication végétative (bouturage) est la meilleure alternative pour la production rapide de fruits alors que la propagation générative (semis direct) est intéressante pour une production élevée de biomasse (Nguema Ndoutoumou et al., 2013). Les études sur le *Jatropha curcas* au Gabon sont rares, et il y a très peu des données scientifiques qui traitent de la croissance du pourghère sur un sol surexploité. Il y a aussi une insuffisance de connaissances sur la comparaison de croissance entre les plantes issues de graines et celles issues des boutures dans de telles

circonstances. Aussi, l'objectif principal de la présente étude était-il d'évaluer la capacité de ce modèle végétal à croître sur un sol dégradé par la surexploitation culturale intensive de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) et de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* L.). Nous cherchons à vérifier l'hypothèse selon laquelle, la multiplication avec les graines permet d'obtenir une meilleure croissance en hauteur et du diamètre au collet, et un meilleur développement foliaire du pourghère que la multiplication par bouturage. Précisément, il s'agit d'abord de tester l'effet du type de matériel végétal et de l'écartement sur les paramètres de croissance et ensuite, suivre l'évolution des plants dans le temps à court terme (14 mois environ). Cette étude souhaite démontrer le fait que *Jatropha curcas* peut croître sur un sol ayant comme précédent culturel, l'exploitation intensive et successive de cacaoyers et d'hévéas.

MATERIEL ET METHODES

Localisation du site d'étude

L'étude a été réalisée au nord du Gabon, dans département du Ntem de la province du Woleu Ntem, précisément au village Akam Effack situé à vingt-cinq (25) kilomètres de la ville de Bitam (Figure 1). Le climat est tropical de type humide (cf. climate-data.org). Le cycle climatique comporte quatre saisons réparties en fonction de l'intensité des pluies et de la sécheresse : une petite saison sèche (janvier et février) ; une grande saison des pluies (mars, avril, mai, juin) ; une grande saison sèche de (juillet, août et septembre) et une petite saison des pluies (octobre, novembre et décembre). La température moyenne annuelle dans cette province est de 23,3°C. La pluviométrie moyenne varie entre 1800 et 2300 mm/an. L'humidité relative de l'air avoisine 98% (Nguema Ndoutoumou et al., 2013).

Caractéristiques des sols

Les sols sont ferrallitiques fortement désaturés et sont formés sur des roches métamorphiques acides. La minéralogie est dominée par des argiles de type kaolinite. Les sols sont généralement acides et profonds (2 à 5 m) avec un horizon humifère peu épais

(0 à 5 cm) (Martin, 1977 ; Nasr et al., 1995 ; MEPNRT, 2007). Les caractéristiques physico-chimiques du site expérimental sont consignées dans le Tableau 1. Les prélèvements de sol ont été effectués sur deux horizons 0-10 cm et 10-20 cm dans chacune des 24 parcelles pour un total 48 prélèvements de sol pour l'ensemble du dispositif expérimental. Un prélèvement est constitué d'un composite de trois échantillons réalisés sur une même parcelle. Pour la texture du sol, la méthode décrite par Kroetsch et Wang, (2006) a été utilisée. Elle consiste à disperser les agrégats du sol en unités distinctes par un moyen mécanique suivi d'une séparation des particules en classes de la taille des sables (2 mm – 50 µm), des limons (50 µm – 2 µm) et des argiles (<2 µm) par sédimentation. Le pH du sol a été évalué par la méthode de Hendershot et al. (2006). La mesure est faite après la mise en suspension des échantillons de sol séché à l'air dans une solution de CaCl₂ à 0,01 M, selon un ratio sol : solution égale à 1 : 2. La détermination des éléments fertilisants tels que P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn et Al a été obtenue en utilisant la solution d'extraction Mehlich 3 d'après la méthode décrite par Ziadi et Sen Tran (2006). Le carbone et l'azote ont été mesurés à l'aide de l'appareil varioMAXcube de la compagnie Elementar. Ils sont analysés par combustion sèche à haute température (1150°C). Les gaz générés sont ensuite analysés par un détecteur à conductivité thermique.

Matériel végétal et transplantation

Le matériel végétal utilisé était composé de graines et boutures de *Jatropha curcas* L. importées du Burkina-Faso. Les boutures sont issues de rameaux lignifiés d'ordre 1 (première ramification), c'est à dire le fragment proximal relié à la tige principale. Elles sont coupées sur 30 cm de long, portant 3 nœuds en moyenne. Elles ont été prélevées sur des plants de *J. curcas* de quatre ans et après la deuxième fructification. Les graines proviennent des fruits de la deuxième fructification. Les plantules issues des graines et des boutures ont été conduites en pépinière avant d'être transplantées. La transplantation a

été effectuée trois mois après la levée des graines et la reprise des boutures en pépinière. Les sacs en polyéthylène noirs ont été coupés à l'aide d'un sécateur afin de récupérer les plantules pour les planter dans des trous de 30 cm x 20 cm x 20 cm à l'aide d'un plantoir. Pour éviter la concurrence avec les mauvaises herbes, un désherbage manuel à l'aide d'une machette (modèle Tramontina) a été effectué en rond de 40 cm de rayon autour de chaque plante une fois par mois. De plus, une débroussailleuse mécanique de marque Stihl® a été employée régulièrement afin de contrôler de manière plus générale les mauvaises herbes dans l'ensemble du dispositif expérimental.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de quatre blocs de 126 m x 36 m chacun espacés de 10 m les uns des autres. Chacun des quatre blocs renferme six parcelles de 12 m x 12 m recevant l'un des six traitements à l'étude. L'attribution des traitements aux parcelles à l'intérieur de chaque bloc est faite de manière complètement randomisée. Le dispositif expérimental est construit selon un plan d'expérience en blocs complets aléatoires et totalise 24 parcelles. Les variables indépendantes étudiées dans le cadre de cette étude sont : le type de matériel végétal avec deux niveaux (graine et bouture) et l'écartement de plantation avec trois niveaux (2 m x 2 m ; 2,5 m x 2,5 m et 3 m x 3 m correspondant respectivement à 25, 20 et 16 plantes par parcelle de 144 m²). Les trois écartements ciblés sont comparés pour les graines d'une part, et pour les boutures d'autre part. Le dispositif expérimental a été implanté sur un sol surexploité, dont le précédent cultural a été deux systèmes monocultureux industriels et successives pendant 43 ans au total. Il y a d'abord eu une cacaoyère pendant 23 ans de 1976 à 1999, puis l'hévéaculture pendant 20 ans (de 1999 à 2019). Plusieurs opérations techniques ont été faites sur une superficie entière de 6500 m² (130 m de longueur sur 50 m de largeur), afin de préparer le terrain. Le débroussaillage a consisté à couper avec la machette, le plus bas possible toutes les herbes se trouvant dans la superficie

identifiée pour la plantation. L'abattage a consisté à couper, à un mètre de hauteur du sol tous les arbres dont le diamètre était supérieur à 10 cm présents sur cette même superficie, à l'aide de la tronçonneuse et à la machette tous les autres arbres. Le nettoyage manuel a consisté à ramasser toutes les herbes et les troncs d'arbres pour les mettre hors de la plantation afin que toute la superficie soit débarrassée de résidus de coupe. Enfin, le dessouchage a été fait à l'aide de la machette et de la pioche, en retirant toutes les souches des troncs d'arbre de moins de 10 cm de diamètre. Les souches restantes ont été éliminées en recourant à la méthode traditionnelle qui consiste à faire un mélange de 15 litres d'huile de vidange de moteur de voiture et 5 litres de gasoil. Ce mélange a été reparti à l'aide d'un pinceau sur toutes les superficies supérieures des souches, une fois par semaine pendant un mois et au moment où le soleil est au zénith. Des précautions supplémentaires ont été prises pour éviter de polluer le sol d'une part, et pour limiter le recrû des hévéas d'autre part.

Mesure des paramètres morphométriques

La croissance en hauteur entre le sol et le premier bourgeon (exprimée en cm) a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban et le diamètre au collet à environ 3 cm du sol (exprimés en cm) a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (Figure 2). Ces deux paramètres ont été mesurés pour chaque écartement après la transplantation des plantules provenant de la pépinière. Sur ces parcelles, cinq plantes ont été sélectionnées arbitrairement et ont fait l'objet de mesures pendant un an, d'abord tous les sept jours (une fois par semaine) pendant cinq mois, puis tous les quatorze jours (deux fois par mois) pendant sept mois. Le nombre de feuilles présentes sur les cinq plants sélectionnés pour le suivi de la croissance foliaire a été déterminé par comptage pendant un an, suivant le même principe.

Analyse statistique

Pour évaluer les paramètres de croissance de *Jatropha curcas* (hauteur, diamètre au collet et nombre de feuille), à différentes modalités de plantation, deux

modèles d'analyse ont été utilisés sur la base des données collectées et des facteurs impliqués. L'application du test de Shapiro-Wilk a été utilisée pour tester la validité des conditions de l'ANOVA sur les variables hauteur et diamètre au collet, qui montre que ces données suivent une distribution normale. L'écartement de plantation, le type de matériel végétal et le temps ont été considérés comme des facteurs fixes, et le bloc en tant que facteur aléatoire. Le modèle linéaire à effets mixtes sur données longitudinale a été utilisé sur les variables « diamètre au collet » et « hauteur ». Les données sur le nombre de feuilles étant issus d'un comptage, le modèle linéaire généralisé à effet mixte a été appliqué au nombre de feuilles produites par les plantes. L'application de ces deux modèles a été faite grâce aux fonctions *lmer* et *glmer* (Kuznetsova

et al., 2017) respectivement des packages *lmerTest* et *lme4* téléchargés dans le logiciel R. Les résultats des différents tests ont été interprétés au seuil de signification de 5% ($p < 0,05$). A l'issue de chaque test de modèle linéaire à effet mixte, le test de structuration de Turkey a été appliqué sur les facteurs significatifs afin d'évaluer les différences par facteurs. Pour une représentation visuelle des facteurs significatifs, le package *ggplot2* a été utilisé. Le plan étant parfaitement équilibré, les statistiques descriptives (moyennes et écart-type) ont été calculées et ont servi à réaliser les courbes de tendances montrant l'évolution de chacun des paramètres dans le temps. Toutes ces analyses statistiques ont été réalisées dans le logiciel R version 3.5.6 (R Core Team, 2018).

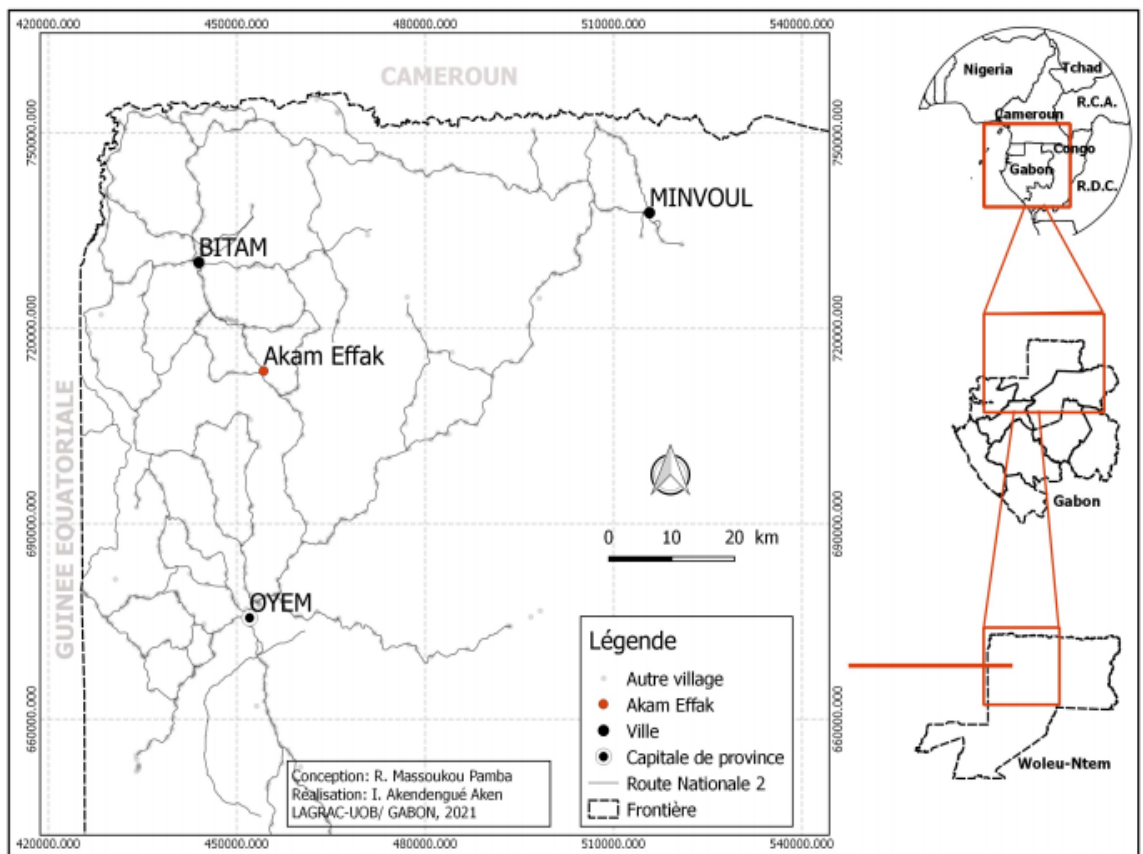


Figure 1 : Localisation du village Akam Effack dans le département du Ntem, province du Woleu-Ntem au Gabon.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques du site expérimental.

Paramètres physico-chimique	Profondeur 1, (0 à 10 cm)	Profondeur 2, (10 à 20 cm)	Moyenne
pH	3,6	3,6	3,6
Carbone-Azote (g/kg)			
Carbone	10,8	10,0	10,4
Azote	0,9	0,9	0,9
Ratio carbone/azote (C/N)	12,0	11,1	11,5
Métaux (mg/kg)			
Al	884,6	908,1	896,3
Ca	19,1	16,0	17,6
Cu	0,4	0,4	0,4
Fe	125,6	116,2	120,9
K	18,5	16,4	17,5
Mg	5,2	4,5	4,8
Mn	1,0	0,9	1,0
Na	3,2	2,7	2,9
P	3,2	2,7	2,9
Zn	0,4	0,3	0,4
Granulométrie (%)			
Argile	50,5	50,4	50,4
Sable	48,4	45,7	47,0
Limon	2,6	3,8	3,2

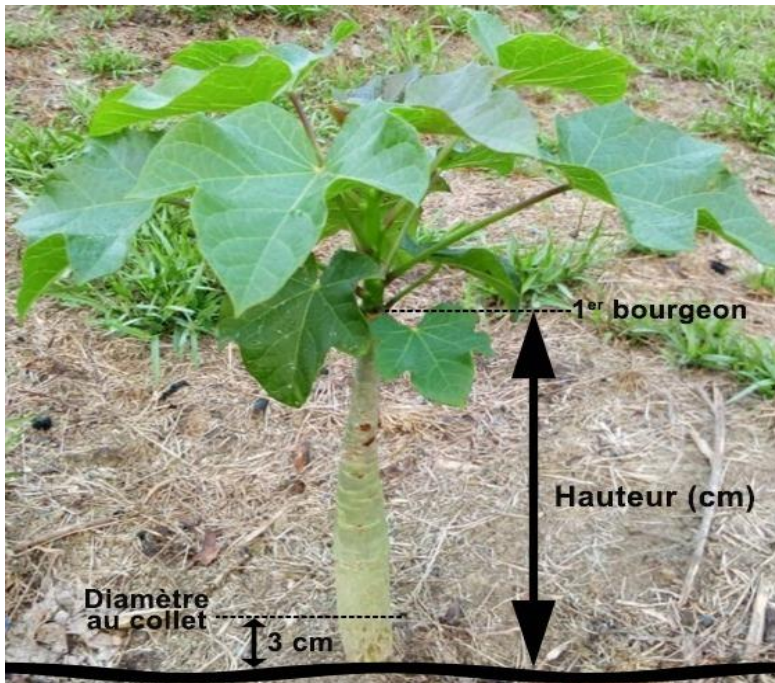


Figure 2 : Prise des mesures.

RESULTATS

Propriétés physico-chimiques du sol

Les résultats sur les analyses du sol sont contenus dans le Tableau 1. Le sol a un pH acide de l'ordre de 3,6. Il a une toxicité élevée avec une forte dominance en aluminium de près de 896,3 mg/kg de sol, suivi du fer avec 120,9 mg/kg de sol. Il en ressort que le sol ayant abrité le site expérimental est pauvre. Cette pauvreté se matérialise par de faibles quantités de nutriments, tels que l'azote (0,9 g/kg), le phosphore (2,9 mg/kg) et le potassium (17,5 mg/kg). Le carbone qui est un des éléments essentiels et constitutifs de la matière organique est également faible dans ce sol (10,4 g C/kg).

Croissance en hauteur et diamètre au collet des plants

Le Tableau 2 présente les résultats des modèles linéaires à effets mixtes testant l'effet des écartements, du type de matériel végétal et du temps sur la croissance en hauteur et le diamètre au collet des plantes de *Jatropha curcas*.

La croissance en hauteur des plantes de *Jatropha* est influencée de manière très significative ($P < 0.001$) par l'interaction du type de matériel végétal et de l'écartement de semis (Tableau 2 et Figure 3). Pour les écartements de semis 2 m x 2 m et 2,5 m x 2,5 m, la hauteur moyenne des plantes issues des boutures est significativement différente de celle des plantes provenant du semis direct, même si dans l'écartement 2 m x 2 m la hauteur moyenne des plantes issues des boutures est significativement plus petite que celle des plantes issues des graines et inversement dans l'écartement 2,5 m x 2,5 m. Aussi, pour les écartements 2,5 m x 2,5 m et 3 m x 3 m, les statistiques montrent que les plantes issues du bouturage ont une meilleure croissance moyenne comparativement à celles provenant des graines. Toutefois, pour l'écartement 2 m x 2 m, la croissance moyenne en hauteur des plantes provenant des graines est plus importante que celle provenant des boutures.

Quant à la croissance moyenne en hauteur du *J. curcas* dans le temps (Figure 4),

on remarque que les plantes ont une croissance moyenne suivant une allure exponentielle dans le temps qui tend vers un plateau à partir du neuvième mois, et ce peu importe l'écartement et le type de matériel végétal utilisé. Cette croissance se traduit en deux phases, l'une s'étale sur neuf mois, avec une croissance en hauteur marquée, et l'autre porte sur cinq mois avec une croissance relativement lente.

La croissance au diamètre au collet des plantes de *J. curcas* évolue avec le temps et demeure croissante tout le long de l'année. Cependant, le test de structuration de *turkey* ne montre aucune différence significative dans les écartements pendant les périodes de grande ou de petite saison sèche. En revanche, au cours de la petite saison de pluie ou de la grande saison pluvieuse, des différences significatives sont observées dans la croissance du diamètre au collet. Au cours des deux premiers mois de la grande saison pluvieuse, la croissance du diamètre des plantes issues des graines semées à 2 m x 2 m est meilleure que celle des plantes issues des graines semées à 2,5 m x 2,5 m. Par la suite, le dispositif de densité 2,5 m x 2,5 m, présente une valeur moyenne du diamètre au collet supérieure au dispositif de densité 3 m x 3 m d'écartement (Figure 5). Ce résultat révèle qu'avec un écartement de 2 m x 2 m, le *Jatropha curcas* s'exprime très bien en ce qui concerne la croissance du diamètre au collet des plantes pendant les saisons pluvieuses.

Evolution du nombre de feuilles

La Figure 6 illustre la croissance de la production foliaire du *Jatropha curcas* durant les deux premiers mois suivant sa transplantation. Une valeur moyenne maximale de 13 feuilles, peu importe le type de matériel végétal et l'écartement de semis est atteinte dans les mêmes délais. Cependant, sur le reste de la période d'observation, les plantes ont perdu considérablement leurs feuilles, aussi bien pour les plantes issues des boutures que pour celles issues des graines faisant ainsi passer la moyenne du nombre de feuilles de 13 à 5. Malgré ces deux scénarios, en considérant les différents écartements, on observe que sur la période d'étude, parmi les plantes provenant des boutures, l'écartement de transplantation

2 m x 2 m s'est révélé plus performant que les autres. En ce qui concerne les graines, la performance des plantes en production foliaire est rotative sur trois périodes. La première période s'étale sur 4 mois et elle est marquée par la performance de l'écartement 3 m x 3 m. la seconde période de 5 mois environs, révèle

que la densité de semis 2 m x 2 m s'illustre par une meilleure production des feuilles. Enfin, la troisième période est caractérisée par une expression favorable de la densité de semis 2,5 m x 2,5 m par rapport à la croissance foliaire.

Tableau 2 : Croissance du *Jatropha curcas* en hauteur, diamètre au collet et nombre de feuilles.

Source de variation	Hauteur (cm)		Diamètre (cm)	
	F value	Pr(>F)	F value	Pr(>F)
TMV	9,177	0,003	0,103	0,749
Ecartement	16,029	<0,001	3,680	0,025
Temps	3017,720	<0,001	31,990	<0,001
TMV:Ecartement	81,579	<0,001	2,309	0,099
TMV:Temps	0,566	0,882	0,432	0,959
Ecartement:Temps	1,086	0,348	1,747	0,011
TMV:Ecartement:Temps	1,023	0,431	0,627	0,929

Légende : **TMV** = Type de matériel végétale, **F value** = valeur de la statistique du test de Fisher.

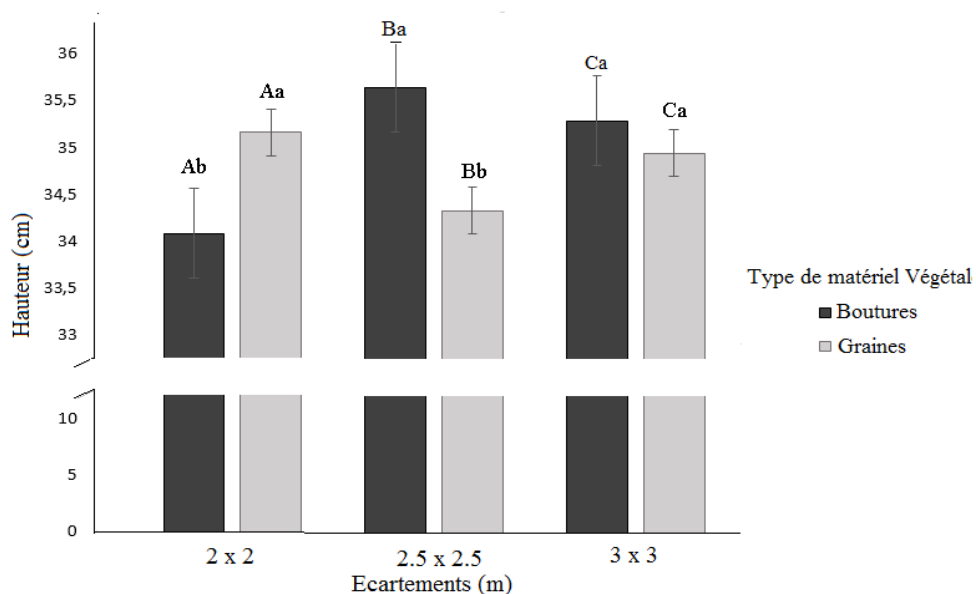


Figure 3 : Croissance en hauteur du *J. curcas* en fonction du type de matériel végétal et de l'écartement de semis après un an. La 1^{ère} lettre (majuscule) : comparaison entre les écartements pour un même type de matériel végétal, la 2^{ème} lettre (minuscule) : comparaison entre les plantes issues des graines et des boutures dans un même écartement.

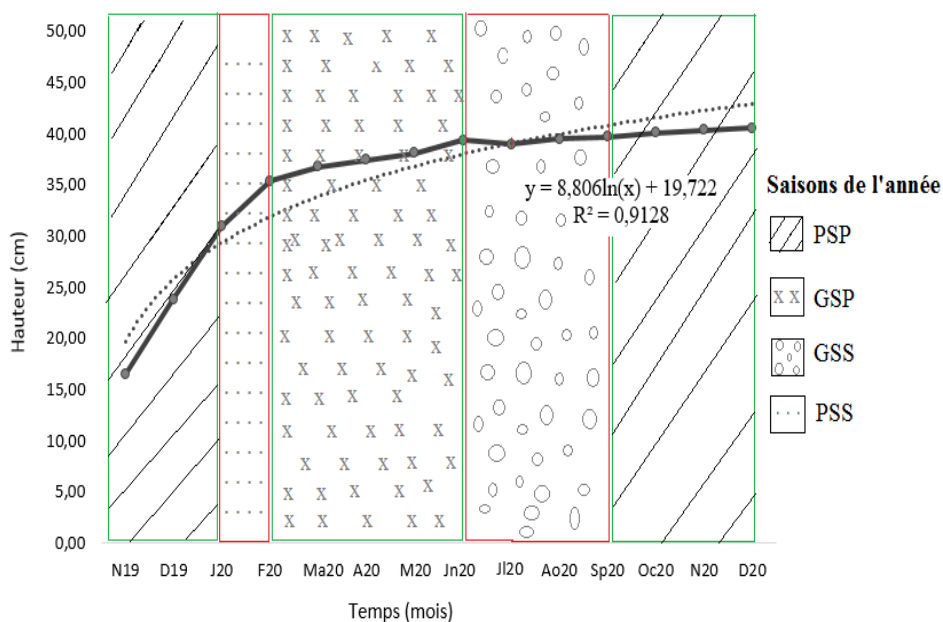


Figure 4 : Evolution de la hauteur des plants dans le temps. **PSP** = petite saison des pluies ; **GSP** = grande saison des pluies ; **GSS** = grande saison sèche ; **PSS** = petite saison des pluies.

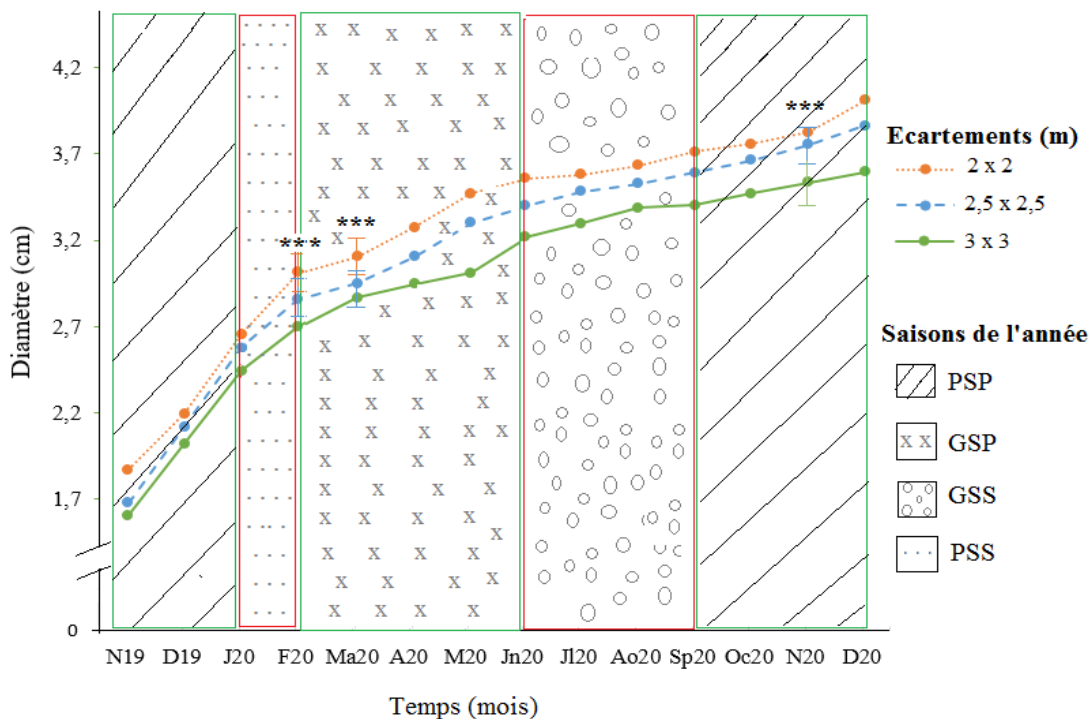


Figure 5 : Evolution du diamètre au collet suivant les écartements de semis et le temps. **PSP** = petite saison des pluies ; **GSP** = grande saison des pluies ; **GSS** = grande saison sèche ; **PSS** = petite saison des pluies.

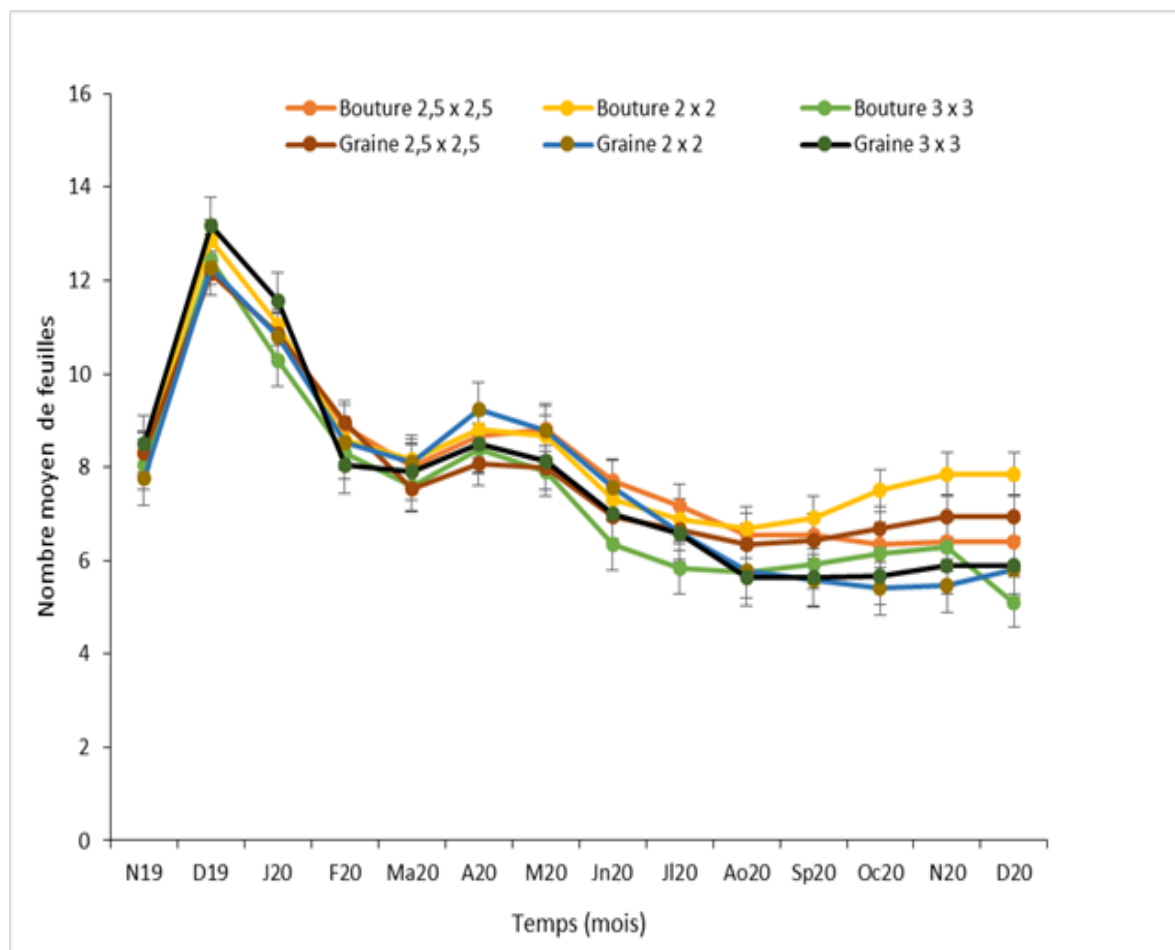


Figure 6 : Evolution du nombre de feuilles de *Jatropha curcas*, selon le type de matériel végétal et la densité de plantation.

DISCUSSION

Le niveau identifié pour les particules fines (<50 μm , argile + limon), soit 53,7%, suppose que la concentration en C du sol entier du site expérimental pourrait atteindre environ 23 g/kg selon le modèle développé par Six et al. (2002) pour les sols dominés par les argiles de type 1 :1 en considérant que 85% du C du sol entier est retenu par la fraction fine du sol (Angers et al., 2011). Cependant, la concentration en carbone du sol dans cette étude est en deçà de la moitié de ce qu'elle pourrait être.

Nos résultats montrent que les plantes issues des boutures ont une croissance moyenne en hauteur plus élevée que les plantes

provenant des graines pour l'écartement 2,5 m x 2,5 m, contrairement à l'écartement 2 m x 2 m. Ces conclusions rejoignent celles de Domergue et Pirot (2008) qui affirment que dans un environnement favorable et humide, les plantes de *J. curcas* issues des boutures se développent plus vite que celles issues des graines. Elles sont similaires à celles obtenues par Gautry et al. (2002) sur des essences forestières ligneuses. En effet, le site expérimental est situé dans une zone où l'humidité relative de l'air avoisine 98% (Nguema Ndoutoumou et al., 2013). En outre, Feldmann et Feyt (2002) arguent que les boutures contiennent des réserves en oligo-éléments, des proportions d'azote, de

phosphore et de potassium beaucoup plus élevées que les graines et de ce fait, elles sont moins exigeantes que les graines pour se développer. Aussi, cette variation de la croissance en hauteur en fonction du type de matériel végétal est probablement liée au génotype et semble être influencée par le type de système racinaire développé lors du bouturage. Les racines se développent plus rapidement chez les boutures que chez les graines (Diop et al., 2012). Cependant nos résultats sont contradictoires à ceux réalisés sur le *Jatropha curcas* au Niger par Habou et al. (2014) et Moussa et al. (2017) qui n'ont trouvé aucune différence significative de la croissance en hauteur entre les écartements. Cette différence peut être liée au climat, qui est plutôt sec au Niger et humide dans notre cas, car la croissance des plantes est également influencée par le patron génétique d'une part (Baudoin et al., 2002), et la compétition intraspécifique d'autre part (Domergue et Pirot, 2008). Selon Minengu et al. (2014), l'écartement de semis influence le développement végétatif des plantes et doit être choisi en fonction des objectifs poursuivis, du système de production et des conditions pédoclimatiques du site d'implantation. Le développement végétatif des plantes varie, en revanche, fortement en fonction des caractéristiques du sol et du climat (Singh et al., 2013). La différence de croissance entre les écartements peut également être liée à l'effet combiné de la compétition entre les plantes et les carences du sol. En effet, notre site expérimental étant implanté dans une zone forestière acide, il existerait des carences en P, Ca et Mg et la toxicité de l'Al et du Mn qui sont des contraintes importantes pour la croissance des plantes (St Clair et al., 2008). Parallèlement, on remarque que les plantes de *J. curcas* ont une croissance en hauteur continue qui forme un plateau à partir du 9^{ème} mois peu importe l'écartement et le type de matériel végétal. Ce ralentissement de croissance peut se justifier par des carences en éléments nutritifs, certaines caractéristiques physico-chimiques du sol, et aussi des aspects physiologiques intrinsèques à

la plante (Nguema Ndoutoumou, 2007). En effet, selon la loi du minimum de Liebig, la croissance des plantes devrait être limitée par la seule ressource dont l'offre est la plus faible par rapport aux besoins (Bergeret et Dufumier, 2002). La croissance observée au début de la transplantation est due à l'utilisation des réserves d'eau accumulées lors de l'arrosage régulier en pépinière.

Pour le diamètre au collet, les résultats montrent qu'en toutes saisons, la croissance est continue, mais elle est plus marquée en saison de pluies. Nguema Ndoutoumou et al. (2013) sont parvenus aux mêmes résultats au sud-est du Gabon, où le climat est de type tropical humide. Ils ont également obtenu une croissance du diamètre moyen au collet continue dans le temps. Cependant, nos résultats sont en contradiction avec ceux réalisés en Afrique de l'Ouest où le climat est plutôt de type tropical semi-aride par Ouédraogo (2006) au Mali, rejoint par Moussa et al. (2017) au Niger qui ont observé que la croissance moyenne du diamètre au collet des plantes de *J. curcas* n'est pas continue dans le temps, car elle diminue pendant la saison sèche. Cette variation de la croissance moyenne au diamètre au collet des plantes de *J. curcas* est essentiellement due à la différence notable des conditions climatiques entre les zones d'études. Pour faire face au déficit en eau, la plante réagirait en diminuant la croissance moyenne de son diamètre au collet. C'est un caractère adaptatif qui permet au *Jatropha curcas* de résister à la sécheresse (Ouédraogo, 2006), car le diamètre des jeunes troncs de la plante diminue pendant les saisons sèches pour reprendre leurs dimensions normales pendant les saisons pluvieuses (Domergue et Pirot, 2008). Ceci suggère que le *J. curcas* est une plante plastique d'abord parce qu'elle s'adapte aux changements d'humidité et de température de l'air du milieu (Henning, 2002 ; Ouédraogo, 2006 ; Diakité, 2018 ; Nguema Ndoutoumou et al., 2019), mais aussi en raison de sa capacité d'adaptation dans plusieurs régions tropicales, subtropicales et semi-arides (Datta et al., 2007).

Concernant la production foliaire, l'évolution du nombre de feuilles est croissante pendant les trois mois qui ont suivi la transplantation des plantes de *J. curcas*, puis une décroissance progressive de leur nombre s'ensuit durant le reste de la période d'observation, et quel que soit la saison. Cette tendance baissière est également observée pour les plantes issues des graines comme pour celles issues des boutures, même si quelques variations existent. Nos résultats sont contradictoires à ceux de Domergue et Pirot (2008) qui estiment qu'en général, dans les zones humides, les plantes pérennes comme le *Jatropha curcas* gardent leurs feuilles toute l'année. Les travaux réalisés par Nguema Ndoutoumou et al. (2013), dans une zone humide et Moussa et al. (2017) dans une zone semi-aride montrent également une croissance moyenne continue en production foliaire dans le temps pour les plantes issues des boutures comme pour celles issues des graines. Selon Singh et al. (2013), le développement végétatif des plantes varie fortement en fonction des caractéristiques du sol et du climat. La divergence des résultats est liée aux caractéristiques du sol de notre site expérimental, car les sols argileux ne conviennent pas au *Jatropha curcas* (Gour, 2006), or le nôtre contient 53,03% d'argile. Lorsque le sol présente des carences, les plantes carencées s'adaptent en montrant un ralentissement ou un arrêt de croissance des racines qui affecte ensuite l'ensemble de sa croissance du système végétatif des plantes (Abdel Nasser et Abdel Aal, 2002). La chute continue des feuilles quel que soit la saison, lors de nos observations est surtout liée aux caractéristiques du sol expérimental.

Conclusion

Le développement végétatif (croissance en hauteur et du diamètre au collet, production foliaire) pour les plantes issues des boutures comme pour celles issues des graines du *J. curcas* est influencé par les conditions climatiques et la qualité du sol. Les plantes issues des boutures ont une meilleure

croissance en hauteur que celles issues des graines et que cette croissance est plus performante pour l'écartement 2,5 m x 2,5 m. Les plantes issues des boutures contiennent des réserves nutritives qui leur permettent de se développer plus vite que les plantes issues des graines et la différence de croissance entre les écartements est lié à l'effet combiné de la compétition et des carences du sol du site expérimental. Cependant, quel que soit la saison, la croissance du diamètre au collet est continue avec de légères variations en fonction des écartements. Le *Jatropha curcas* perd progressivement ses feuilles quel que soit la saison et le type de matériel végétale pendant notre période d'observations. La perte des feuilles est le résultat de la pauvreté du sol qui limite la croissance des racines et du reste de la plante. Le jatropha est donc une plante plastique capable de croître sur un sol dégradé par la monoculture successive et intensive de cacaoyers et d'hévéas.

CONFLIT D'INTERETS

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

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

La rédaction principale a été assurée par RMP, VP et PNN. L'expérimentation a été menée par RMP.

REMERCIEMENTS

Pour la publication de ce premier article, je remercie du fond du cœur le Programme Canadien des Bourses de la Francophonie (PCBF) pour cette très belle opportunité de poursuivre mes études au Canada. Mes remerciements vont aussi à l'endroit l'Université du Québec en Abitibi Témiscamingue à travers le programme de soutien à la réalisation des projets courts FIRC/FUQAT (2021-2022), dont nous avons bénéficié d'une bourse de soutien. Je tiens également à remercier Mesdames MAKOUBI BOKOKO Bibiane et MAMBENDA BOKOKO Mouna pour leur énorme soutien financier pendant la réalisation de ces travaux.

REFERENCES

- Abdel Nasser LE, Abdel Aal AE. 2002. Effect of Boron Deficiency on Some Physiological and Biochemical Aspects During the Developmental Stages of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Plant. *Journal of Biological Sciences*, **2**: 470-476. DOI: 10.3923/jbs.2002.470.476
- Angers D, Arrouays D, Saby N, Walter C. 2011. Estimating and mapping the carbon saturation deficit of French agricultural topsoils. *Soil Use and Management*, **27** : 448-452. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00366.x>
- Barro L, Samba NAS, Diatta M, Akpo EL. 2013. Effet du travail du sol sur la productivité de différentes provenances de *Jatropha curcas*. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, **20**(3): 165-170. DOI: 10.1051/ocf.2013.0508
- Baudoin JP, Demol J, Louant B, Maréchal R, Otoul E. 2002. *Amélioration des Plantes. Application aux Principales Espèces Cultivées en Régions Tropicales*. Les Presses Agronomiques de Gembloux: Gembloux, Belgique. 581 p.
- Behera SK, Srivastava P, Tripathi R. Singh J, Singh N. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass—a case study. *Biomass and Bioenergy*, **34**(1): 30-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.09.008>
- Bergeret P, Dufumier M. 2002. Analyser la diversité des exploitations agricoles. In *Mémento de l'agronome*. Jouve, 11, bd de Sébastopol, 75001 Paris (France); 321-344.
- Calvet R. 2003. Le Sol : Propriétés et Fonctions. Tome 1: *Constitution et Structure, Phénomènes aux Interfaces*. Editions France Agricole: Dunod; 456 p.
- Datta MM, Mukherjee P, Ghosh B, Jha TB. 2007. In vitro clonal propagation of biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.). *Current Science*, **93**(10): 1438-1442. DOI: <http://www.jstor.org/stable/24099357>
- Diakitè A. 2018. Extraction et caractérisation des extraits cireux de graines de *Jatropha curcas* pour application biopesticide. Mémoire de Maîtrise ès Sciences. université de Laval, Canada. 76 p.
- Diop B, Samba S, Akpo LE. 2012. Caractéristiques morphologiques et croissance de jeunes plants de *Jatropha curcas* L. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(2): 677-691. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.12>
- Domergue M, Pirot R. 2008. *Jatropha curcas* L. Rapport de synthèse bibliographique, 118 p.
- Feldmann P, Heyt H. 2002. L'amélioration des plantes et la production de matériel végétal. In *Mémento de l'agronome*. Jouve, 11, bd de Sébastopol, 75001 Paris (France), 567-582.
- Gautry J, Bourlon V, Permingeat J. 2002. Comparaison du comportement en forêt de plants de Douglas issus de semis et de boutures: résistance à la tempête. In : 3^{ème} rencontre du Groupe de la Sainte-Catherine sur la " Multiplication végétative des ligneux forestiers, fruitiers et ornementaux", Orléans, 22-24 novembre 2000 (pp. 98-111).
- Gour V. 2006. Production practices including post-harvest management of *Jatropha curcas*. In : *Proceedings of the Biodiesel Conference Towards Energy Independence. Focus of Jatropha*, Hyderabad, India, June 9-10, pp. 223-251.
- Habou ZA, Katkore B, Abasse T, Verheggen FJ. 2014. Évaluation du potentiel de dix accessions de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) au Niger. *J. Appl Biosci.*, **77**: 6456-6461. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v77i1.1.1>
- Hendershot W, Lalande H, Duquette M. 2006. Soil reaction and exchangeable acidity. In *Soil Sampling and Methods of Analysis* (Second edition), Carter MR, Gregorich

- EG (Eds). CRC Press: Boca Raton, FL; 8 p.
- Henning RK. 2002. Utilisation des savoirs locaux sur le *Jatropha*. Utilisation de l'huile de *Jatropha curcas* comme matière première et carburant. Notes sur les connaissances autochtones, n°47. Banque Mondiale, 4 p.
- Kroetsch D, Wang C. 2006. Particle Size Distribution. In *Soil Sampling and Methods of Analysis* (Second edition), Carter MR, Gregorich EG (Eds). CRC Press: Boca Raton, FL; 16 p.
- Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RH. 2017. lmerTest package: tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software*, **82**(13): 1-26. DOI: 10.18637/jss.v082.i13
- Martin D. 1977. Les sols des cacaoyères du Woleu-Ntem (Gabon). *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, **15**(3): 303-318.
- MEPNRT. 2007. Rapport annuel du Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature, de la Recherche et de la Technologie, Cellule de Coordination de Mise en Œuvre la Convention sur la lutte Contre la Désertification (CCMO/CCD), 76 p.
- Minengu JdD, Mobambo P, Mergeai G. 2014. Influence de l'environnement et des pratiques culturales sur la productivité de *Jatropha curcas* L. en Afrique subsaharienne. *BASE*, **18**(2): 290-300. DOI: <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=11132>
- Moussa M, Chaibou I, Laminou OM, Banoïn M. 2017. Effet de l'écartement sur la croissance des jeunes plants de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) de quelques provenances au Sahel Niger. *Afrique Science*, **13**(1): 24-39.
- Nasr N, Delpech B, Flitner M, Hulshof M, Toreilles J, Twagiramungu F. 1995. Quelle agriculture vivrière pour le nord du Gabon? *Agriculture et Développement* N°8, décembre 1995 pp 59-67.
- Nguema Ndoutoumou P, Ndoutoume Ndong A, Oye Anda CC, Nzola Midoumbou FP, Ognalaga M, Ella Missang C. 2019. Régénération du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) sur un substrat à base de compost de *Jatropha curcas* L. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(2): 1043-1053. DOI: 10.4314/ijbcs.v13i2.37
- Nguema Ndoutoumou P, Bouanga EB, Massounga CY, Boussiengui Boussiengui G. 2013. Étude comparée de trois méthodes de multiplication de *Jatropha curcas* L. dans les conditions climatiques du sud-est du Gabon. *J. Appl. Biosci.*, **65**: 4989-4998. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v65i0.89641>
- Nguema Ndoutoumou P. 2007. Étude histologique de l'embryogenèse chez *Phaseolus coccineus* L. et *P. vulgaris* L. et chez les hybrides réciproques entre ces deux espèces. Thèse de Doctorat. Faculté universitaire des sciences agronomiques. Gembloux (Belgique). 172 p.
- Ouédraogo M. 2006. Etude biologique et physiologique du pourghère: *Jatropha curcas* L. (Euphorbiacée) en vue d'une meilleure production de carburant de substitution. Thèse de Doctorat. Université de Ouagadougou (Burkina Faso). 281 p.
- PANLCDT. 2007. Mise en œuvre de la Convention sur la lutte contre la Désertification (CCD). (Programme d'Action National de Lutte Contre la Dégradation des Terres au Gabon), 76 p.
- Sarir R, Benmahiou B. 2017. Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes (chêne vert, chêne liège et chêne zéen) cultivés en pépinière. *Agriculture and Forestry Journal*, **1**(1): 42-48. DOI: <http://ojs.univ-tlemcen.dz/index.php/AFJ/>
- Singh B, Singh K, Rao GR, Chikara J, Kumar D, Mishra DK, Saikia SP, Pathre UV, Raghuvanshi N, Rahi TS, Tuli R. 2013. Agro-technology of *Jatropha curcas* for

- diverse environmental conditions in India. *Biomass and Bioenergy*, **48**: 191-202. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.11.025
- Six J, Conant R, Paul E, Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, **241**: 155–176. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1016125726789>
- St Clair SB, Sharpe WE, Lynch JP. 2008. Key interactions between nutrient limitation and climatic factors in temperate forests: a synthesis of the sugar maple literature. *Canadian Journal of Forest Research*, **38**(3): 401-414. DOI: <https://doi.org/10.1139/X07-161>
- Sunil N, Sivaraj N, Anitha K, Abraham B, Kumar V, Sudhir E, Varaprasad K. 2009. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). *Genetic Resources and Crop Evolution*, **56**(1): 115-119. DOI: 10.1007/s10722-008-9350-x
- Team RC. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>.
- Tewari DN. 2007. *Jatropha & Bio-Diesel*. Ocean Books (P) Ltd: Prabhat Prakashan.
- Üllenberg A. 2007. *Jatropha in Madagaskar*. Sachstandsbericht. Commissioned by Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ), Madagascar. 32 p.
- Yang C-Y, Fang Z, Li B, Long Y-f. 2012. Review and prospects of *Jatropha* biodiesel industry in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**(4): 2178-2190. DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.043
- Ziadi N, Sen Tran T. 2006. Mehlich 3-Extractable elements. *Soil Sampling and Methods of Analysis* (Second edition), Carter MR, Gregorich EG (Eds). CRC Press, Boca Raton, FL, 8 p. <https://fr.climate-data.org/afrique/gabon/woleu-ntem-1377/>, consulté le 16 mai 2021.