



## Etude de la régénération du *Jatropha curcas* L. dans les conditions écologiques du Nord du Gabon

Renaud Massoukou Pamba<sup>1\*</sup>, Pamphile Nguema Ndoutoumou<sup>2</sup>, Vincent Poirier<sup>3</sup>, Terence Epule Epule<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup>Ministère des Eaux - Forêts, de l'Environnement et du Climat. Service Chargé du Conflit Homme-Faune. BP 91 Libreville (Gabon). E-mail : [renpamba@yahoo.fr](mailto:renpamba@yahoo.fr)

<sup>(2)</sup>Institut de Recherches Agronomiques et Forestières. Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique. Laboratoire de Biotechnologies Végétales. Département d'Agronomie Générale. BP 2246 Libreville (Gabon).

<sup>(3)</sup> Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue. Laboratoire de l'Unité de Recherche et Développement en Agriculture et Agroalimentaire de l'Abitibi-Témiscamingue. BP 79, rue Coté Notre-Dame-du-Nord, J0Z3B0, Québec (Canada).

Reçu le 08 octobre 2025, accepté le 20 mars 2026, publié en ligne le 28 mars 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i1.19>

### RESUME

**Description du sujet.** L'agriculture intensive, notamment la culture du cacao et de l'hévéa est responsable de la dégradation des sols en milieu tropical humide. Il est donc judicieux d'étudier les possibilités de restauration de ces sols.

**Objectif.** Cette étude traite de la régénération du *Jatropha curcas* en semis direct sur un sol pauvre en éléments nutritifs au Nord du Gabon. La recherche vise à déterminer la meilleure méthode de régénération pour implanter un système de *J. curcas*.

**Méthodes.** L'expérience a été réalisée avec les graines semées et les boutures plantées en plein champ. Les paramètres de reprise et de germination ont été analysés grâce à des équations et à l'utilisation des modèles linéaires à effet mixte et généralisé sous le logiciel R.

**Résultats.** La régénération est plus lente pour les boutures ainsi que pour les graines, et les taux de régénération sont très faibles, 5 % pour les graines et 1,4 % pour les boutures. La hauteur et le diamètre au collet des plantules ainsi que la production foliaire varient suivant l'effet combiné du temps et du type de matériel végétal.

**Conclusion.** Pour la régénération du *J. curcas*, les graines sont recommandées en plein champs et il faut bien cibler la période pour éviter d'asphyxier les semences. L'implantation du *J. curcas* est une piste pour la restauration des sols tropicaux dégradés.

**Mots-clés :** *Jatropha curcas* L., graines - boutures, durée de reprise, taux de régénération, Gabon.

### ABSTRACT

#### Study of the regeneration of *Jatropha curcas* L. under the ecological conditions of northern Gabon

**Description of the subject.** Intensive agriculture, particularly the cultivation of cocoa and rubber trees, is responsible for soil degradation in humid tropical environments. It is therefore wise to study the possibilities for restoring these soils.

**Objective.** This study deals with the regeneration of *Jatropha curcas* through direct seeding on nutrient-poor soil in northern Gabon. The research aims to determine the best regeneration method for establishing a *J. curcas* system.

**Methods.** The experiment was conducted with seeds sown and cuttings planted in open fields. The recovery and germination parameters were analyzed using equations and linear mixed and generalized models in the R software.

**Results.** Regeneration is slower for cuttings than for seeds, and regeneration rates are very low, at 5 % for seeds and 1.4 % for cuttings. The height and diameter at the collar of the seedlings, as well as leaf production, vary depending on the combined effect of time and type of plant material.

**Conclusion.** For the regeneration of *J. curcas*, seeds are recommended in open fields and the timing must be carefully chosen to avoid suffocating the seeds. The establishment of *J. curcas* is one avenue for the restoration of degraded tropical soils.

**Keywords:** *Jatropha curcas* L., seeds - cuttings, recovery time, regeneration rate, Gabon.

## 1. INTRODUCTION

Le pourghère (*Jatropha curcas* L.) est un Euphorbiaceae originaire d'Amérique centrale (Sunil *et al.*, 2009; Sunil *et al.*, 2013). C'est donc un arbuste dont la taille varie entre deux et huit mètres de hauteur (Sunil *et al.*, 2013), mais peut atteindre 12 mètres (Domergue et Pirot, 2008). Il s'adapte à de nombreuses conditions écologiques (Labo *et al.*, 2016), car il résiste à la sécheresse (Domergue *et al.*, 2008). Cette plante a démontré sa capacité à restaurer la fertilité des sols dégradés en milieu tropical aride (Sop *et al.*, 2012) et humide (Massoukou Pamba *et al.*, 2024).

La régénération du *J. curcas* peut se faire soit par voie générative (graines) ou par voie végétative (boutures) (Nguema Ndoutoumou *et al.*, 2013; Touckia *et al.*, 2015b). Les graines et les boutures peuvent être installées directement en plein champ (Diop *et al.*, 2012; Nguema Ndoutoumou *et al.*, 2013). Les conclusions de toutes ces études sur la régénération du *J. curcas*, indiquent que : (1) le taux de reprise des boutures est plus élevé que celui de la germination des graines, (2) le taux de régénération des études menées dans le climat tropical humide est supérieur à celui obtenu dans le climat tropical sahélien. Cependant, il y a peu de connaissances scientifiques expliquant les raisons de ces différences sur le taux de régénération du *J. curcas*.

Les caractéristiques du sol et le type de climat influencent la croissance des plants (Singh *et al.*, 2013). Les conditions environnementales telles que la température et la lumière influencent la régénération du *J. curcas* (Cai *et al.*, 2011). Peu d'études scientifiques décrivent la croissance végétative du *J. curcas* sur des sols pauvres et dégradés en milieu tropical humide. *Jatropha curcas* permet de fertiliser les sols grâce aux résidus des cultures et à la chute de ses feuilles (Minengu *et al.*, 2015; Massoukou Pamba *et al.*, 2022).

Ainsi, le *J. curcas* pourrait permettre de reboiser et restaurer les sols dégradés, mais il y a peu d'informations sur cette question en milieu tropical humide. La régénération du *J. curcas* avec les boutures permet une meilleure durée de reprise, une bonne croissance en hauteur et un meilleur taux de reprise. Mais les plantes issues des boutures développent un système racinaire superficiel, résistent moins aux vents violents et montrent une durée de vie de production plus courte que les plantes issues des graines.

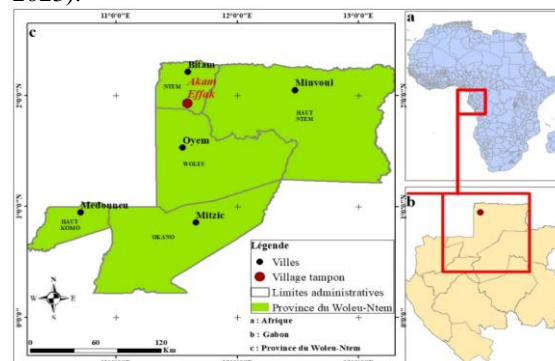
Cette étude a pour objectif d'étudier la régénération du *J. curcas* avec les graines et les boutures en

semis direct sur un sol pauvre en éléments nutritifs et surexploité par la culture successive de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) et d'hévéa (*Hevea brasiliensis* L.) au Nord du Gabon. Ce travail contribuera à combler le manque de données scientifiques qui traitent de la régénération et la croissance du *J. curcas* en milieu tropical humide sur sols appauvris.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Localisation du site de l'étude

L'étude a été réalisée d'août à novembre 2019, à 25 km de la ville de Bitam, dans la province du Woleu-Ntem au Nord du Gabon (Figure 1). La formation végétale dominante est la forêt humide. Selon la classification climatique de Köppen-Geiger, le climat est de type Af, soit de forêt tropicale humide (Geiger, 1954). Le climat 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 et juin), une grande saison sèche (juillet, août et septembre) et une petite saison des pluies (octobre, novembre et décembre). Lors de l'expérimentation, l'humidité relative de l'air était en moyenne de 92 %, la pluviométrie avoisinait les 2300 mm.an<sup>-1</sup> et la température moyenne était de 28 °C (Samson, 2023).



**Figure 1.** Localisation du village Akam Effak où est situé le site de l'étude

Les sols du site ont été cultivés pendant près de 43 ans par deux systèmes monocultureux industriels et successifs. 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). D'après Massoukou Pamba *et al.* (2022), les caractéristiques physico-chimiques des sols du site montrent qu'ils sont relativement pauvres en C organique et en N total, avec 10,4 et 0,9 g kg<sup>-1</sup> de C organique et d'N total respectivement, et qu'ils sont riches en Al (896,3 mg kg<sup>-1</sup>) et Fe (120,9 mg kg<sup>-1</sup>). Ces sols

contiennent 50 % d'argile, 47 % de sable et 3 % de limon (Massoukou Pamba *et al.*, 2022). D'après la Base de référence mondiale de ressources en sols IUSS Working Group WRB (2022), le sol du site d'étude est un Ferralsol car il contient une forte dominance de kaolinites et d'oxydes de Fe et Al (Chapelle, 2018).

## 2.2. Matériel

Le matériel végétal utilisé était composé des graines et boutures du *J. curcas*, importées du Burkina Faso. Les outils utilisés pour réaliser cette étude, la méthode de collecte et de transport du matériel végétal ont été décrit par Massoukou Pamba *et al.* (2022). Une machette de marque Tramontina et une débroussailleuse de marque Sthill® ont été utilisés pour les travaux d'entretien. Le matériel végétal utilisé fût trempé dans de l'eau froide durant 24 heures avant d'être planté ou semé en vue de faciliter la régénération (Domergue *et al.*, 2008; Soumana *et al.*, 2019). La plantation a eu lieu en saison pluvieuse juste après les premières pluies du mois d'octobre.

## 2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental mis en place pour l'expérience de semis direct est identique à celui décrit par Massoukou Pamba *et al.* (2022). Il est constitué de quatre blocs de 126 m x 36 m chacun et espacé de 10 m les uns des autres. Dans chaque bloc, il y avait six parcelles de 12 m x 12 m recevant les traitements (graines et boutures) selon trois modalités d'écartements, soit 2 m x 2 m, 2,5 m x 2,5 m et 3 m x 3 m. Il n'y a eu aucun arrosage car deux jours avant le semis, les premières pluies avaient commencé et ont été fréquentes sur quasiment deux semaines. D'après Samson (2023), il y a eu 21 mm de précipitations en moyenne pour le mois d'octobre 2019 dans la ville de Bitam. Ces précipitations naturelles abondantes ont permis à alimenter en eau les semis en plein champ. Une fois par mois, un désherbage manuel à l'aide d'une houe a été effectué en rond de 40 cm de rayon autour de chaque plante pour éviter la concurrence avec les mauvaises herbes. A l'aide d'une débroussailleuse mécanique, une coupe des mauvaises herbes entre les allées et entre les parcelles a été faite une fois tous les deux mois sur l'ensemble du dispositif expérimental.

## 2.4. Mesures des paramètres de régénération et de croissance juvéniles

Les données concernant la germination des graines et la reprise des boutures ont été collectées tous les jours et cela pendant 60 jours. Le taux de germination ( $TG$ , %) des graines ou de reprise des boutures a été calculé grâce à la formule suivante :

$$TG = \frac{Ng}{Ns} \times 100 \quad (\text{Éq. 1})$$

Où  $Ng$  représente le nombre de graines ou de boutures germées et  $Ns$  le nombre de graines semées ou de boutures plantées. Le temps d'obtention de 50 % de germination ( $T_{50}$ , jours) des graines et de levée des boutures représente le temps requis pour que la moitié des graines semées ou des boutures plantées aient germé et fût calculé grâce à la formule de Farooq *et al.* (2005) :

$$T_{50} = \frac{t_i + \left\{ \left[ \frac{N}{\left( \frac{100}{50} \right)} \right] - n_i \right\} - (t_j - t_i)}{(n_i - n_j)} \quad (\text{Éq. 2})$$

Où  $N$  est le nombre final de graines germées, et  $n_i$  et  $n_j$  sont le nombre total de graines germées aux temps  $t_i$  (date de la première germination) et  $t_j$  (date de la dernière germination). La durée de reprise ( $DR$ , jours) se calcule en comptant le nombre de jours qui séparent la première ( $t_i$ ) et la dernière ( $t_j$ ) reprise des boutures et la première et la dernière germination des graines pendant la période d'observation. Le temps de latence ( $TL$ , jours) a été déterminé en comptant le nombre de jours qui s'écoulent entre la mise en terre et l'apparition du premier bourgeon pour chaque type de matériel végétal. La mesure de la croissance en hauteur ( $H$ , en cm) fût calculée en mesurant la distance entre la surface du sol et le premier bourgeon à l'aide d'un mètre ruban. La mesure du diamètre au collet ( $D$ , en cm) fût calculée en mesurant le diamètre de la tige à 3 cm du sol à l'aide d'un pied à coulisse. Les mesures de croissance en hauteur et au collet furent effectuées sur tous les plants marqués (voir plus bas), tous les jours à partir du dixième jour suivant la germination et ce pendant deux mois. Le nombre de feuilles ( $Fnb$ ) a été dénombré quotidiennement pendant deux mois sur les mêmes plants marqués pour mesurer  $H$  et  $D$ .

Cinq plants issus des graines et des boutures ont été marqués dans chacune des parcelles pour prendre les mesures de  $H$  et  $D$ . Un désherbage régulier a été effectué dans la plantation pour éviter la compétition avec les mauvaises herbes. Il n'y a eu aucun apport d'engrais. Les observations ont commencé le 10<sup>ème</sup> jour. Ce temps d'attente correspond à la période de distinction entre les feuilles et la tige (Rutishauser, 1995), il va de la reprise des boutures et à la levée des graines.

## 2.5. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R 4.0.2 (R core.team, 2020). Au total, trois types d'analyses ont permis de suivre la régénération et la croissance de *J. curcas*. Pour les paramètres de germination, une analyse statistique descriptive a été appliquée et le package *SeedCalc* de R a été utilisé pour calculer les paramètres de

régénération tels que le  $TG$  (Éq. 1), le  $T_{50}$  (Éq. 2) et le  $TL$ . Pour les paramètres de croissance, des analyses statistiques comparatives ont été effectuées. Les postulats de l'analyse de la variance (ANOVA) ont été testés sur chacune des variables  $H$  et  $D$ .

L'évaluation de la distribution normale des résidus a été faite avec le test de Shapiro-Wilk et celle de l'homogénéité de la variance avec le test de Levene. Les résultats de ces deux tests ne montrent qu'aucun des postulats n'était respecté et une transformation logarithmique des données a été faite afin de réaliser l'ANOVA dans les règles de

l'art. Compte tenu de la nature longitudinale des données et de leurs mesures répétées dans le temps, un modèle linéaire à effets mixtes a été utilisé pour les variables  $H$  et  $D$ . Un modèle linéaire généralisé à effet mixte ayant une distribution de Poisson a été utilisé sur la variable  $Fnb$ , puisqu'elle est issue d'un comptage. Le seuil de significativité permettant de distinguer les différences entre les modalités fût fixé à 5 % (i.e.,  $P \leq 0.05$ ). Les figures ont été réalisées avec le package *ggplot2* du logiciel R 4.0.2 pour observer l'évolution des effets des traitements sur  $H$ ,  $D$  et  $Fnb$  dans le temps.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Régénération du *Jatropha curcas*

Les paramètres caractérisant la reprise des boutures et la germination des graines semées directement en plein champ sont présentés dans le Tableau 1. Les résultats montrent des périodes plus lentes pour les boutures que pour les graines, à savoir 14 jours contre 10 pour la  $DR$  et 9 jours contre 7 pour le  $TL$ . En ce qui concerne le  $T_{50}$ , il ne fût pas possible de l'évaluer car aucun de deux types de matériel végétal n'a atteint ce seuil. Enfin, le taux de régénération est très faible et ce autant pour les graines (i.e., 5,0 %) que pour les boutures (i.e., 1,4 %).

**Tableau 1.** Régénération du *J. curcas* plantées en plein champ

Paramètres de régénération	Boutures	Graines
Durée de reprise ( $DR$ , en jours)	13,0	10,0
Temps de 50% de régénération ( $T_{50}$ , en jours)	nd	nd
Temps de latence ( $TL$ , en jours)	12,0	8,0
Taux de régénération ( $TG$ , en pourcentage, %)	1,4	5,0

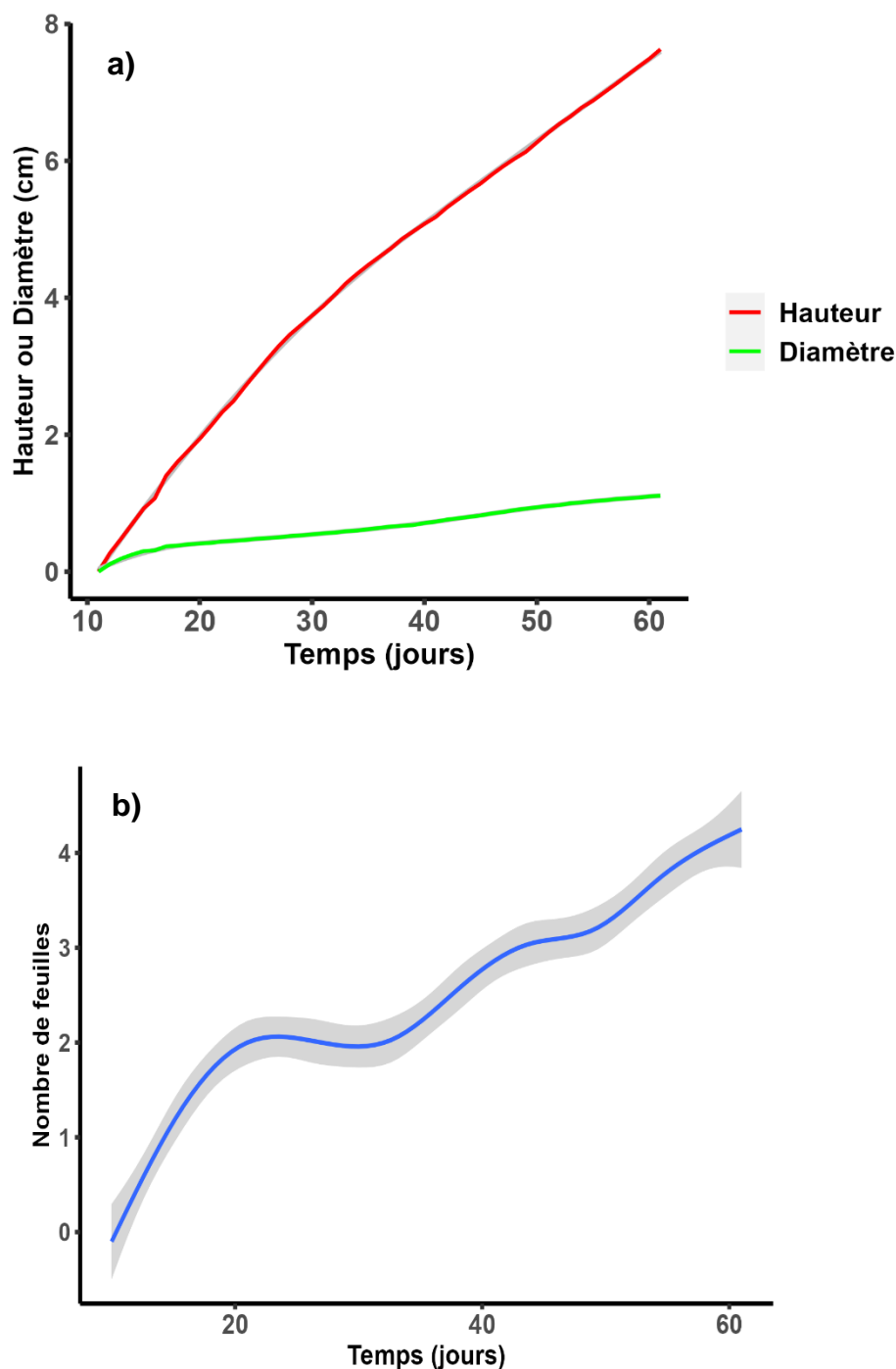
#### 3.2. Croissance de *Jatropha curcas*

L'effet du temps et du matériel végétal sur la croissance du *J. curcas* semé en plein champs sont présentés dans le Tableau 2. Les résultats montrent que le temps influence la croissance en hauteur, le diamètre au collet et le nombre de feuilles des plantules ( $P < 0.001$ ). Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de différence entre la croissance des plantes issues des boutures et des graines semées en plein champs ; la hauteur, le diamètre au collet et le nombre de feuilles observées sont les mêmes peu importe le type de matériel végétal. Chez les plantules issues des graines, la hauteur et le diamètre au collet augmentent avec le temps (Figure 2a) et que le nombre de feuilles produites varie entre 1 et 5 (Figure 2b).

**Tableau 2.** Effet du temps sur la croissance du *J. curcas* en en plein champ

Sources de variation	Hauteur ( $H$ )		Diamètre ( $D$ )		Nombre de feuilles ( $Fnb$ )	
	F value	Pr > F	F value	Pr(>F)	F value	Pr(>F)
TMV*	1,2388	0,2662	0,0690	0,7929	0,1369	0,7115
Temps	909,7262	<0,001	236,8235	<0,0010	333,9368	<0,0010
TMV:Temps	0,0162	0,8989	1,8385	0,1757	0	1

**Légende :** TMV= Type de Matériel Végétal



**Figure 2.** Croissance des plantules de *J. curcas* dans le temps en plein champs. La zone ombragée représente l'intervalle de confiance à 95 %. À la figure 2a, l'intervalle de confiance est masqué par les courbes.

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Régénération

Les taux de régénération observés à la suite du semis direct en plein champ sont très faibles. Il n'y a que 5,0 % des graines et 1,4 % des boutures qui ont régénéré en plein champ. Ces très faibles taux de régénération pourraient s'expliquer par le fait que les graines semées et les boutures plantées ont été asphyxiées par une grande quantité d'eau dans le sol. En effet, le semis direct en plein champs a

été fait au début de la saison des pluies, les précipitations étaient en moyenne de 21 mm par jour. Ouattara *et al.* (2011) ont eux aussi obtenu un faible taux de régénération du *J. curcas* dans l'expérimentation où la quantité d'eau était la plus élevée. L'excès d'eau a des effets négatifs sur la régénération et la croissance des plantes (Zhou *et al.*, 2020); il entraîne l'asphyxie des semences et bloque la capacité d'absorption des nutriments (Sairam *et al.*, 2008). En somme, tout indique que les conditions trop humides en plein champs ont

influencé négativement la régénération du *J. curcas*.

#### 4.2. Croissance

La croissance en hauteur des plants issus des graines et des boutures en plein champs est continue dans le temps et ne diffère pas entre les deux types de matériel végétal. Les résultats de cette étude rejoignent ceux des travaux de Nguema Ndoutoumou *et al.* (2013) réalisés en plein champ également, ainsi que ceux de Moussa *et al.* (2017) au Niger qui n'ont trouvé aucune différence statistiquement significative sur la croissance en hauteur des plantules issues des graines et des boutures régénérées en plein champ. Ces mêmes observations ont été faites aussi par Ouedraogo (2000) dans des plantations de *J. curcas* au Mali. Ceci pourrait s'expliquer par la variation des réserves en eau du sol. En effet, en période humide, la plante trouve suffisamment d'eau dans le sol pour sa croissance.

La croissance du diamètre au collet et la production des feuilles des plantules à la pépinière était continue dans le temps. Les résultats de cette étude sont similaires à ceux obtenus dans les sacs par Diallo (2017) et Diop *et al.* (2012) au Sénégal, Moussa *et al.* (2017) au Niger et Nguema Ndoutoumou *et al.* (2013) au Gabon. Cette croissance du diamètre au collet et en production des feuilles témoigne d'un bon déroulement du développement végétatif des plantules de *J. curcas*. Les conclusions des études de Touckia *et al.* (2015a) en Centrafrique corroborent avec ceux de Trabucco *et al.* (2010) qui arguent qu'en Afrique, les zones les plus favorables au bon développement végétatif de *J. curcas* sont celles de régions tropicales humides situées au cœur du continent tel que le Gabon. La température et l'eau sont deux facteurs particulièrement importants pour la régénération et le développement des plantes (Gairola *et al.*, 2011).

#### 5. CONCLUSION

Cette étude a consisté à analyser la régénération du *J. curcas* en utilisant les graines et les boutures, installées en plein champ. La durée de reprise et le temps de latence sont plus lents pour les boutures que pour les graines. Les taux de germination des graines et de reprise des boutures sont très faibles lors de la régénération directe au champ (i.e., 5,0 % et 1,4 %, respectivement). La croissance en hauteur, au diamètre au collet et la production foliaire des plantules régénérées en semis direct en plein champs est continue dans le temps.

Les résultats de cette étude montrent que dans des conditions tropicales humides comme celles de cette étude, il est préférable de régénérer le *J. curcas* en utilisant les graines plutôt que des

boutures et de bien cibler la saison pour la régénération. Ces conclusions peuvent permettre de mieux orienter les équipes de recherches et les paysans qui souhaitent planter des systèmes de *J. curcas* dans la zone tropicale humide. L'implantation du *J. curcas* peut aider à restaurer les sols tropicaux dégradés et freiner la pression sur les forêts naturelles.

#### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Programme Canadien des Bourses de la Francophonie (PCBF) pour l'appui financier apporté à la réalisation de cette étude.

#### Références

- Cai F., Mei L., An X., Gao S., Tang L. & Chen F., 2011. Lipid peroxidation and antioxidant responses during seed germination of *Jatropha curcas*. *International Journal of Agriculture and Biology*, **13**(1), 25-30. URL : <http://www.fspublishers.org/.../4.pdf>
- Chapelle J., 2018. Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014. Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. Mise à jour 2015. *Rapport sur les ressources en sols du monde*-N° 106.
- Diallo M. D., 2017. Étude de la sensibilité de trois accessions de *Jatropha curcas* L. en condition de stress salin. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 4(2).
- Diop B., Samba S. & Akpo L. E., 2012. Caractéristiques morphologiques et croissance de jeunes plants de *Jatropha curcas* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(2), 677-691. DOI : <http://dx.doi.org/610.4314/ijbcs.v4316i4312.4312>.
- Domergue M. & Pirot R., 2008. *Jatropha curcas* L., *Rapport de synthèse bibliographique*, 118 p.
- Farooq M., Basra S., Ahmad N. & Hafeez K. J., 2005. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47(2), 187-193.
- Gairola K., Nautiyal A. & Dwivedi A., 2011. Effect of temperatures and germination media on seed germination of *Jatropha curcas* Linn. *Advances in bioresearch*, 2(2), 66-71. URL: [www.soeagra.com/abr.htm](http://www.soeagra.com/abr.htm)
- Geiger R., 1954. *Klassifikation der Klimate nach W. Köppen [Classification des climats d'après W. Köppen]. Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie*. Berlin : Springer. Vol. 3., pp. 603–607.
- IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. In *International Soil Classification for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps*, 4th ed.; International Union of Soil (IUSS): Vienna, Austria.
- Labo A. D., Sane S., Ngom D. & Akpo L. E., 2016. Effet du sel sur le comportement des jeunes plants de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Basse Casamance. *International Journal of Biological and Chemical*

- Sciences*, 10(3), 1312-1328. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.32>
- Massoukou Pamba R. M., Poirier V. & Nguema Ndoutoumou P. N., 2022. L'écartement de plantation affecte différemment la croissance végétative du *Jatropha curcas* L. en culture sur un sol surexploité au nord du Gabon. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(1), 158-172. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i1.14>
- Massoukou Pamba R. M., Poirier V., Nguema Ndoutoumou P. N. & Epule T.E., 2024. Growing *Jatropha curcas* L. Improves the Chemical Characteristics of Degraded Tropical Soils. *Forests*, 15, 1709. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15101709>
- Minengu JDD., Mobambo P. & Mergeai G., 2015. Etude des possibilités de production de *Jatropha curcas* L. dans un couvert permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Schwartz en association avec le maïs (*Zea mays* L.) et le soja (*Glycine max* (L.) Merr.) dans les conditions du Plateau des Batéké à Kinshasa. *Tropicultura*, 33(4), 309-321.
- Moussa M., Chaibou I., Laminou O. M. & 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.
- 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), 49. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v65i0.89641>
- Ouattara B., Ndir K., Diedhiou I., Diouf D. & Akpo L. E., 2011. Effect of water regimes and pre-sowing treatments on seeds germination of different provenances of *Jatropha curcas* L. *Senegal. Int. J. of Sci. Adv. Tech.*, 1(9), 151-156.
- Ouedraogo M., 2000. Études biologique et physiologique du pourghère : *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) en vue d'une meilleure production de carburant de substitution. Thèse de Doctorat ès-sciences naturelles, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 290 p.
- R Core Team, 2020. *Platform: x86\_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)*; The R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria.
- Rutishauser R., 1995. Developmental patterns of leaves in Podostemaceae compared with more typical flowering plants: saltational evolution and fuzzy morphology. *Canadian Journal of Botany*, 73(9), 1305-1317. DOI : <https://doi.org/10.1139/b95-142>
- Sairam R., Kumutha D., Ezhilmathi K., Deshmukh P. & Srivastava G., 2008. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. *Biologia plantarum*, 52(3), 401-412.
- Samson T., 2023. *Historique Météo : archive météo pour le monde entier*. <https://www.historique-meteo.net/Afrique> (17/08/2023).
- Singh K., Singh B. & Tuli R., 2013. Sodic soil reclamation potential of *Jatropha curcas*: a long-term study. *Ecological Engineering*, 58, 434-440. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.006>
- Sop T. K., Kagambega F. W., Bellefontaine R., Schmiedel U. & Thiombiano A., 2012. Effects of organic amendment on early growth performance of *Jatropha curcas* L. on a severely degraded site in the Sub-Sahel of Burkina Faso. *Agroforestry Systems*, 86(3), 387-399.
- Soumana D., Moustapha A. M., Kolafane A., Issa A. & Nouhou B. A., 2019. Effet du régime d'irrigation sur la germination et la croissance en pépinière de *Parkia biglobosa* (Jacq.) G. Don. *Journal of Animal & Plant Sciences (J. Anim. Plant Sci.)*, 40(1), 6573-6583.
- Sunil N., Kumar V. & Varaprasad K. S., 2013. Origin, Domestication, Distribution and Diversity of *Jatropha curcas* L. *Jatropha, challenges for a new energy crop*, pp. 137-151. DOI 10.1007/978-1-4614-4915-7\_9,
- Sunil N., Sivaraj N., Anitha K., Abraham B., Kumar V., Sudhir E. et al., 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.
- Touckia G. I., Yongo O. D., Abotsi K. E., Wabolou F. & Kokou K., 2015a. Essai de germination et de croissance au stade juvénile des souches locales de *Jatropha curcas* L. en République centrafricaine. *European Scientific Journal*, 11(15).
- Touckia G. I., Yongo O. D., Abotsi K. E., Wabolou F. & Kokou K., 2015b. Endogenous knowledge and local perception about *Jatropha curcas* in, Central African Republic. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 3(1).
- Trabucco A., Achten W. M., Bowe C., Aerts R., Orshoven J. V., Norgrove L. & Muys B., 2010. Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *Gcb Bioenergy*, 2(3), 139-151. DOI : 10.1111/j.1757-1707.2010.01049.x
- Zhou W., Chen F., Meng Y., Chandrasekaran U., Luo X., Yang W. & Shu K., 2020. Plant waterlogging/flooding stress responses: From seed germination to maturation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 228-236. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.020>