

Évaluation morpho-physiologique et estimation des paramètres génétiques au stade juvénile de 30 accessions de pourghère (*Jatropha curcas* L.) au Burkina Faso

Kouka Fidèle TIENDREBEOGO¹, Nerbéwendé SAWADOGO^{1*}, Razacswendé Fanta OUEDRAOGO², Mahamadi Hamed OUEDRAOGO¹, Mahamadou SAWADOGO¹ et Jean-Didier ZONGO¹

¹ Université Joseph KI-ZERBO, École Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire Biosciences, Équipe Génétique et Amélioration des Plantes, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

² Université Joseph KI-ZERBO, École Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire Biosciences, Équipe Écophysiologie Végétale, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

* Correspondance, courriel : nerbewende@yahoo.fr

Résumé

Le pourghère (*Jatropha curcas*) est une espèce végétale pérenne prometteuse pour la production d'agrocarburant dans les régions tropicales à partir de son huile végétale. L'objectif de la présente étude est d'estimer les paramètres génétiques et de déterminer les caractéristiques morphologique et physiologique de cette espèce au stade juvénile. Ainsi, 30 accessions de *J. curcas* ont été évaluées en pépinière selon un dispositif en blocs de Fisher à 03 répétitions dans les conditions pédoclimatiques du Burkina Faso à l'aide de 05 caractères qualitatifs et de 06 caractères quantitatifs pendant les 06 premiers mois. Les résultats ont montré un monomorphisme de tous les caractères qualitatifs et l'absence de différences significatives entre les accessions évaluées pour toutes les variables quantitatives. La hauteur moyenne des plantes et le diamètre moyen de la tige six mois après semis ont été respectivement $45,800 \pm 7,314$ cm et $2,28 \pm 0,358$ cm. Un nombre de jours à la levée variant entre 06 et 15 jours après semis et un taux de survie de 100 % ont été enregistrés pour toutes les accessions. Des corrélations positives et significatives ont été notées entre les différents paramètres de croissance avec un facteur de corrélation de 0,821 entre la hauteur de la plante et le diamètre de la tige. L'estimation des paramètres génétiques a révélé des valeurs d'héritabilité au sens large plus élevées pour les paramètres relatifs aux dimensions des feuilles.

Mots-clés : *Jatropha curcas*, caractérisation morpho-physiologique, héritabilité, Burkina Faso.

Abstract

Morpho-physiological evaluation and estimate of the genetic parameters at the youthful stage of 30 accessions of physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Burkina Faso

Physic nut (*Jatropha curcas*) is a promising perennial plant species for the production of agrofuel in tropical regions from its vegetable oil. The objective of this study is to estimate the genetic parameters and to determine the morphological and physiological characteristics of this species in the youthful stage. Thus, 30 accessions of *J. curcas* were evaluated in the nursery using a Fisher block device with 03 replications under the pedoclimatic conditions of Burkina Faso using 05 qualitative characters and 06 quantitative characters during the first six months. The results showed a monomorphism of all qualitative traits and the absence of significant differences between accessions evaluated for all quantitative variables. The mean height of the plants and the mean diameter of the stem 06 months

after sowing were 45.800 ± 7.314 cm and 2.28 ± 0.358 cm, respectively. Positive and significant correlations were noted between the different growth parameters with a correlation factor of 0.821 between the height of the plant and the diameter of the stem. Estimation of the genetic parameters revealed higher broad sense heritability values for the parameters relating to leaf dimensions.

Keywords : *Jatropha curcas*, *morpho-physiological characterization*, *heritability*, *Burkina Faso*.

1. Introduction

Au Burkina Faso, le pourghère (*Jatropha curcas* L.) est présent dans toutes les zones climatiques mais sa culture reste sporadique malgré ses atouts économiques avérés. Plusieurs prospections réalisées à travers tout le pays ont permis de faire un inventaire des accessions cultivées dans chaque région et de constituer une collection. Les études antérieures réalisées sur une partie des accessions de cette collection ont porté essentiellement sur la physiologie de la plante [1 - 3] et sur la diversité génétique de l'espèce au stade adulte [4, 5]. Cependant, aucune évaluation de la variabilité agro-morphologique au stade juvénile n'a été réalisée jusqu'à présent sur la collection. En effet, pour des espèces pérennes comme le pourghère, une variabilité révélée à un stade précoce de développement peut constituer une importante donnée pour la sélection. Les collections d'accessions ont ainsi besoin d'être précisément décrites, répertoriées et évaluées quant à leur diversité génétique pour qu'elles deviennent un outil précieux pour le sélectionneur [7]. L'évaluation de la diversité génétique des différentes populations de l'espèce constitue donc une étape primordiale dans la définition de toute stratégie de conservation [6]. Les caractères qualitatifs constituent des marqueurs morphologiques pouvant servir à l'identification de lignées en un temps relativement court [8]. Le développement de descripteurs sur des plantes pérennes comme *J. curcas* peut ainsi contribuer à une utilisation effective des germoplasmes dans les programmes d'amélioration [8]. En effet, l'utilisation et la gestion durable des arbres ou arbustes demandent une analyse de la variabilité de leur matériel végétal sur le plan morphologique afin de différencier les individus et de cibler les morphotypes intéressants à reproduire [9]. C'est dans cette optique que la présente étude vise à déterminer les caractéristiques morpho-physiologiques et d'estimer les paramètres génétiques de *J. curcas* au stade Juvénile.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Trente accessions de *J. curcas* ont été utilisées. Elles ont été collectées dans les 04 zones agroclimatiques du Burkina Faso dont 14 dans la zone sub-sahélienne de pluviométrie moyenne comprise entre 300 et 600 mm, 12 dans la zone nord-soudanienne (600-850 mm) et 02 dans chacune des zones sud-soudanienne (850-1000 mm) et sub-soudanienne (> 1000 mm). Dans cette étude, une accession est un ensemble de graines, issues de pollinisation naturelle, récoltées sur un même arbre lors de la prospection. Les graines ont été conservées pendant 03 mois après la récolte à la température du laboratoire sans aucun traitement chimique préalable.

2-2. Site expérimental

L'essai a été réalisé dans la parcelle expérimentale de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT) de l'Université Joseph KI-ZERBO située à 319 m d'altitude, $12^{\circ} 22' 45,6''$ de latitude Nord et $001^{\circ} 29' 52,3''$ de longitude Ouest. Le climat est caractérisé par l'alternance de deux saisons, à savoir une saison de pluies qui s'étend de juin à octobre et une saison sèche de novembre à mai. Les

températures moyennes pendant les mois pluvieux oscillent entre 35° C et 40° C pour les maximums et entre 18 °C et 19 °C pour les minimums [10]. Au cours de l'expérimentation, une pluviométrie de 767,4 mm a été enregistrée. La moyenne annuelle des températures relevée a été de 28,54° C.

2-3. Dispositif expérimental et technique culturale

Le dispositif utilisé est un bloc Fisher randomisé avec 03 répétitions. Chaque répétition est constituée de 300 sachets en polyéthylène encore appelés pots répartis en 30 lignes comprenant chacune 10 pots. La technique utilisée pour l'expérimentation est la culture en pépinière. Les semis ont été effectués dans des pots qui sont des sachets en polyéthylène noirs opaques, de 20 cm x 30 cm, souples, percés sur les côtés et remplis de terre, prélevée à proximité du site, composée essentiellement d'humus, de sable et d'argile. La terre a été remuée plusieurs fois pour obtenir un substrat homogène. Les pots ainsi préparés ont été rangés dans les différents blocs à raison de 10 par ligne, en plein air et à même le sol. Au total, 900 pots ont été utilisés. Chaque pot a reçu deux graines. Les graines ont été semées à une profondeur de 03 cm environ en réalisant une dépression au centre du pot. Elles ont été ensuite recouvertes avec la terre en effectuant un léger tassement. Un démariage à un plant a été effectué 45 jours après semis. Aucun apport de fertilisant ni de pesticide n'a eu lieu et le contrôle des adventices a été régulier.

2-4. Collecte des données

La collecte des données s'est étalée depuis la levée jusqu'au stade de 06 mois et a concerné 02 catégories de données à savoir les caractères qualitatifs et les caractères quantitatifs.

2-4-1. Caractères qualitatifs

En s'appuyant sur les travaux de [8], 05 caractères qualitatifs ont été choisis pour la caractérisation phénotypique des accessions. Il s'agit de la pigmentation de la base du pétiole (PBP), de la couleur de la tige (CTI), de la couleur des feuilles (CFE), de la couleur du latex (CLA) et de la phyllotaxie (PHY). Le **Tableau 1** présente les différents caractères avec leurs modalités.

Tableau 1 : Modalités des caractères qualitatifs étudiés de *J. curcas*

Variables	Modalités
Pigmentation de la base du pétiole (PBP)	Vert Brun Pourpre
Couleur de la tige (CTI)	Vert Gris
Couleur des feuilles (CFE)	Vert Vert clair Vert foncé
Couleur du latex (CLA)	Crème Rouge
phyllotaxie (PHY)	Alterné verticillé

2-4-2. Caractères quantitatifs

En se basant sur les travaux de [11, 12], 06 caractères quantitatifs ont été choisis pour évaluer les accessions, 06 mois après semis. Il s'agit de la largeur de la feuille (LAF) mesurée au niveau de la partie la plus large du limbe, de la longueur de la feuille (LOF) mesurée entre le point d'insertion du pétiole au niveau du limbe et le sommet du limbe, de la longueur du pétiole (LOP) mesurée entre le point d'insertion du pétiole au niveau de la tige et le point d'insertion du pétiole au niveau du limbe, du diamètre de la tige (DTI) mesuré au collet à l'aide d'un pied à coulisse et de la hauteur de la plante (HPL) mesurée entre le collet et le sommet de la tige principale. Ces différentes mesures ont été réalisées sur 03 plants échantillonnés par accession. Les paramètres liés aux dimensions des feuilles ont été mesurés sur 03 feuilles fraîches, totalement développées et non parasitées, aléatoirement choisies par individu. Le taux de survie (TAS) de chaque accession, qui représente le rapport en pourcentage entre le nombre de plants ayant survécu et le nombre total de plants à la levée, a été également évalué selon la **Formule (1)** suivante :

$$\text{TAS (\%)} = \frac{\text{Nombre de plants ayant survécu}}{\text{Nombre total de plants à la levée}} * 100 \quad (1)$$

2-5. Analyses statistiques et estimation des paramètres génétiques

Le logiciel XLSTAT 2020.3.1.11 a été utilisé pour estimer les paramètres statistiques descriptifs (moyennes, valeurs minimales et maximales, écarts-types, coefficients de variation) et pour l'analyse de variance (ANOVA) dans le but de montrer s'il existe des différences significatives entre les accessions. Les corrélations de Pearson aux seuils de 5 % et de 1 % ont été réalisées à l'aide du même logiciel. Pour l'ensemble des caractères quantitatifs, les paramètres génétiques ont été estimés à partir des composantes de l'analyse de variance pour déterminer la nature des effets géniques et la source de variabilité qui peut être d'ordre génétique ou environnemental. Les variances génotypique et phénotypique (VG et VP), les coefficients de variation génotypique et phénotypique (GCV et PCV), l'héritabilité au sens large (H^2) et le gain génétique attendu (GA) ont été calculés selon les formules utilisées par [13] présentées dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Formules utilisées pour l'estimation des paramètres génétiques

Paramètres	Formules utilisées
Variance génotypique (VG)	$VG = (MS_G - MS_E)/r$
Variance phénotypique (VP)	$VP = VG + (MS_E/r) = MS_G/r$
Héritabilité au sens large (H^2)	$H^2 (\%) = (VG/VP)*100$
Coefficient de variation génotypique (GCV)	$GCV (\%) = (\sigma_G/X)*100$
Coefficient de variation phénotypique (PCV)	$PCV (\%) = (\sigma_P/X)*100$
Gain génétique attendu (GA)	$GA = H^2 \sigma_P K$
Gain génétique attendu par rapport à la moyenne du caractère [GAx (%)]	$GAx (\%) = (GA/X)*100$

MS_G : carré moyen des génotypes, MS_E : carré moyen de l'erreur, r : nombre de répétitions, σ_G : écart-type de la variance génotypique, σ_P : écart-type de la variance phénotypique, K : constante, avec un coefficient de sélection de 5 %, K est égal à 2,06, X : moyenne du caractère.

3. Résultats

3-1. Analyse de la variabilité à l'aide des caractères qualitatifs

Les résultats de l'évaluation des caractères qualitatifs consignés dans le **Tableau 3** montrent un monomorphisme des 05 caractères qualitatifs choisis. Les plantules ont en effet une tige avec des feuilles et pétioles verts et exsudent un latex crème. Les feuilles sont alternées avec des pétioles dont la base est de pigmentation verte.

Tableau 3 : Résultats de l'évaluation des caractères qualitatifs de *J. curcas*

Variables	Modalités	Fréquences (%)
Pigmentation de la base du pétiole (PBP)	vert	100
	Brun	00
	Pourpre	00
Couleur de la tige (CTI)	Vert	100
	Gris	00
Couleur des feuilles (CFE)	Vert	100
	Vert clair	00
	Vert foncé	00
Couleur du latex (CLA)	Crème	100
	Rouge	00
Phyllotaxie (PHY)	Alterné	100
	verticillé	00

3-2. Performance moyenne des accessions étudiées

Les résultats de l'analyse de variance (**Tableau 4**) ont révélé qu'aucune variable quantitative ne discrimine significativement les accessions au stade juvénile. Pour l'ensemble des caractères étudiés, les écarts-types sont faibles. Les faibles valeurs des écart-types notés entre les performances des accessions pour les caractères étudiés signifient que l'amplitude autour de la moyenne est réduite. Les coefficients de variation sont par conséquent faibles (< 30 %) pour tous les caractères. Pour toutes les accessions étudiées, un taux de survie de 100 % a été noté avec une levée se situant respectivement entre 06 jours et 15 jours après semis.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de variance et performance moyenne des accessions étudiées

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	ET	CV (%)	F
LAF (cm)	10,567	17,450	13,437	1,472	10,954	0,639 ^{ns}
LOF (cm)	10,267	16,450	12,821	1,347	10,506	0,631 ^{ns}
LOP (cm)	12,225	23,000	17,041	1,972	11,572	0,639 ^{ns}
DTI (cm)	1,500	3,550	2,280	0,358	15,701	1,191 ^{ns}
HPL (cm)	31,250	70,500	45,800	7,314	15,969	1,088 ^{ns}

LAF : largeur de la feuille, LOF : longueur de la feuille, LOP : longueur du pétiole, DTI : diamètre de la tige, HPL : hauteur de la plante, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, F : valeur de Fisher, ns : non significative.

3-3. Corrélations entre les caractères

La matrice de corrélation du **Tableau 5** met en évidence de nombreuses corrélations significatives au seuil de 1 %. Des corrélations positives et significatives ont été notées entre la largeur et la longueur de la feuille ($r = 0,993$) et entre la largeur de la feuille et la longueur du pétiole ($r = 0,481$). Le diamètre de la tige est

significativement et positivement corrélé à la largeur de la feuille ($r = 0,799$) et à la longueur de la feuille ($r = 0,798$). Des corrélations positives et significatives ont été également notées entre la hauteur de la plante et la largeur de la feuille ($r = 0,819$), entre la hauteur de la plante et la longueur de la feuille ($r = 0,816$) et entre la hauteur de la plante et le diamètre de la tige ($r = 0,821$).

Tableau 5 : Matrice de corrélations des caractères quantitatifs étudiés

Variables	LAF	LOF	LOP	DTI
LOF	0,993**			
LOP	0,481**	0,465**		
DTI	0,799**	0,798**	0,169	
HPL	0,819**	0,816**	0,470**	0,821**

LAF : largeur de la feuille, LOF : longueur de la feuille, LOP : longueur du pétiole, DTI : diamètre de la tige, HPL : hauteur de la plante, **: corrélation significative au seuil de 1 %.

3-4. Estimation des paramètres génétiques de *J. curcas*

Les paramètres génétiques de *J. curcas* estimés qui sont consignés dans le **Tableau 6** montrent que pour tous les caractères étudiés, les coefficients de variation phénotypique sont plus élevés que les coefficients de variation génotypique. Tous les caractères étudiés ont enregistré de faibles coefficients de variation génotypique et phénotypique (< 11 %). L'héritabilité au sens large est élevée (> 50 %) pour les caractères liés aux dimensions des feuilles mais faible (< 20 %) pour les caractères diamètre de la tige et hauteur de la plante. Le gain génétique attendu par rapport à la moyenne a varié de 1,572% pour le caractère hauteur de la plante à 6,617 % pour le caractère longueur du pétiole.

Tableau 6 : Paramètres génétiques de *J. curcas*

Variables	X	VG	VP	H ² (%)	\sqrt{VG}	\sqrt{VP}	GCV (%)	PCV (%)	GA	GAX (%)
LAF (cm)	13,437	0,295	0,523	56,532	0,543	0,723	4,046	5,382	0,842	6,267
LOF (cm)	12,821	0,253	0,433	58,416	0,503	0,658	3,925	5,136	0,792	6,181
LOP (cm)	17,041	0,530	0,938	56,498	0,728	0,968	4,273	5,685	1,127	6,617
DTI (cm)	2,280	0,007	0,048	15,972	0,087	0,219	3,840	9,609	0,072	3,161
HPL (cm)	45,800	1,517	18,856	8,048	1,231	4,342	2,689	9,481	0,719	1,572

LAF : largeur de la feuille, LOF : longueur de la feuille, LOP : longueur du pétiole, DTI : diamètre de la tige, HPL : hauteur de la plante. X : moyenne du caractère, VG : variance génotypique, VP : variance phénotypique, H² : héritabilité au sens large, \sqrt{VG} : écart-type de la variance génotypique, \sqrt{VP} : écart-type de la variance phénotypique, GCV : coefficient de variation génotypique, PCV : coefficient de variation phénotypique, GA : gain génétique attendu, GAX (%) : gain génétique attendu par rapport à la moyenne du caractère.

4. Discussion

L'évaluation morphologique et physiologique de *J. curcas* au stade juvénile à l'aide de caractères qualitatifs n'a pas révélé de différences significatives entre les accessions étudiées. Des résultats similaires ont été rapportés par [14] entre des variétés toxique et non toxique de *J. curcas* en Inde et par [15] entre 42 accessions de *J. curcas* provenant de différentes régions de la Thaïlande. Cependant, [8, 16] ont indiqué une variabilité pour les caractères qualitatifs 03 ans après plantation. Le stade de développement semble donc influencer la variabilité des caractères qualitatifs. Par ailleurs, toutes les accessions étudiées ont présenté un début de levée 06 jours après semis et une fin de levée 15 jours après semis. [17] ont obtenu également des résultats similaires à savoir un début de levée 04 jours après semis et une fin de levée 14 jours après semis sur des accessions de *J. curcas* au Bénin. Pour [18], la germination des graines de *J. curcas* peut s'étendre même sur 01 à 04 semaines. Le taux de survie de 100 % des plantes obtenu au cours de cette étude est comparable aux résultats obtenus par [19] au Niger sur des accessions en provenance du Burkina Faso, de la Guinée-Bissau et du Mali ainsi que par [20] en République Centrafricaine. Par ailleurs, [19] ont obtenu un taux de survie de 80 % pour les accessions originaires de l'Inde. Selon [18], les taux de survie des plants issus de pépinière vont de 79 à 100 %. Le taux de survie très élevé des accessions étudiées s'expliquerait par le jeune âge des graines utilisées, une bonne vigueur des plantules à la levée, la technique culturale utilisée et une bonne adaptation des plants aux conditions pédoclimatiques locales. Par ailleurs, les résultats de l'analyse de variance à un critère de classification indiquent que le facteur accession n'influence pas les différents paramètres de croissance des plantules au stade juvénile. Des résultats similaires ont été rapportés par [21] en Centrafrique et [22] au Niger sur d'autres accessions. Cependant, [4, 13, 23] ont antérieurement montré une variabilité pour ces différents paramètres quantitatifs étudiés sur d'autres accessions à un stade de développement plus avancé. Le stade de développement de l'espèce influencerait donc la variabilité des paramètres quantitatifs à l'instar des paramètres qualitatifs.

Par ailleurs, la hauteur moyenne des plantes 06 mois après semis qui est de $45,800 \pm 7,314$ cm est proche des valeurs obtenues par [21] au Niger 07 mois après semis sur des accessions de la Guinée-Bissau ($47,93 \pm 10,45$ cm), du Mali ($58,77 \pm 12,28$ cm), du Mexique ($62,83 \pm 29,05$ cm) et du Sénégal ($61,27 \pm 15,60$ cm). Au Brésil, [12] ont antérieurement obtenu une hauteur moyenne des plantes estimée à $46,88 \pm 19,40$ cm 08 mois après semis. La valeur moyenne du diamètre de la tige de la présente étude qui est de $2,28 \pm 0,358$ cm est également proche de celle obtenue par [12] au Brésil ($3,82 \pm 1,191$ cm). Les dimensions moyennes des feuilles des accessions étudiées qui sont de $13,437 \pm 1,472$ cm pour la largeur de la feuille, $12,821 \pm 1,347$ cm pour la longueur de la feuille et $17,041 \pm 1,972$ cm pour la longueur du pétiole sont supérieures à celles obtenues par [12] au Brésil qui étaient de $11,66 \pm 1,63$ cm pour la largeur de la feuille, $11,39 \pm 1,60$ cm pour la longueur de la feuille et $11,51 \pm 2,86$ cm pour la longueur du pétiole. Ces différences enregistrées pourraient s'expliquer par la différence des environnements d'évaluation des géotypes des deux études. L'étude de la relation entre les caractères a montré des liens étroits entre les différentes parties de l'appareil végétatif. Ainsi, les plantules qui ont présenté de larges feuilles sont celles ayant de longues feuilles, donc une surface foliaire ou surface photosynthétique importante. De plus, les dimensions du limbe ont été fortement corrélées à la hauteur des plants. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que l'activité photosynthétique qui est indispensable la croissance des plants est proportionnelle à la surface foliaire. L'estimation des paramètres génétiques a montré que les valeurs élevées d'héritabilité au sens large pour la largeur de la feuille (56,532 %) et la longueur de la feuille (58,416 %) sont proches de celles obtenues par [12] qui sont respectivement de 54,5 % et 55,8 %. De plus, les caractères relatifs aux dimensions des feuilles telles que la largeur de la feuille, la longueur de la feuille et la longueur du pétiole ont présenté des valeurs d'héritabilité au sens large élevées associées à de faibles valeurs de gain génétique indiquant ainsi des effets géniques de type non additif pour ces caractères.

5. Conclusion

La présente étude menée sur la caractérisation morphologique et physiologique de 30 souches locales de *Jatropha curcas* en pépinière à l'aide de paramètres qualitatifs et quantitatifs n'a révélé aucune différence significative entre les accessions étudiées au stade juvénile. La levée pour toutes les accessions a débuté 06 jours après semis et a pris fin 15 jours après semis. Un taux de survie de 100 % a été enregistré pour toutes les accessions évaluées. Des corrélations positives et significatives au seuil de 1 % ont été enregistrées pour différents paramètres de croissance. L'estimation des paramètres génétiques a révélé des valeurs d'héritabilité au sens large élevées associées à de faibles valeurs de gain génétique pour les paramètres relatifs aux dimensions des feuilles indiquant ainsi des effets géniques de type non additif pour ces caractères. Une évaluation progressive de ces accessions à plusieurs stades évolutifs pourrait permettre de déterminer la période à partir de laquelle la variabilité apparaît.

Références

- [1] - R. F. OUEDRAOGO, G. ZOMBRE et D. DIANOU, Effets des contraintes hydrique et lumineuse sur des caractères morphologiques de jeunes plantes de *Jatropha curcas*. In *Les Annales de l'Université de Ouagadougou* - Série C, Vol. 009, (2013) 30 - 64 p.
- [2] - R. F. OUEDRAOGO, Etude des paramètres morpho-physiologiques, biochimiques et moléculaires de trois écotypes de *Jatropha curcas* soumis à des contraintes lumineuse et hydrique au Burkina Faso, Thèse de doctorat unique, Université de Ouagadougou, (2014) 168 p.
- [3] - R. F. OUEDRAOGO, C. GNOULA, S. D. KAROU, G. ZOMBRE and J. SIMPORE, Comparative Effects of Light and Water Stresses on Antioxidant Enzymes Activity of Three Ecotypes of *Jatropha curcas* Seedlings. In *Annual Research & Review in Biology*, 10 (5) (2016) 1 - 10 p.
- [4] - K. F. TIENDREBEOGO, N. SAWADOGO, K. R. NANÉMA, R. E. TRAORÉ, P. BATIONO-KANDO, J. D. ZONGO et M. SAWADOGO, Evaluation de la diversité génétique du pourghère (*Jatropha curcas* L.) au Burkina Faso. In *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16 (1) (2016) 155 - 165
- [5] - K. F. TIENDREBEOGO, N. SAWADOGO, M. H. OUEDRAOGO, Z. KIEBRE, W-P. M. S. F. ZIDA, K. R. NANÉMA, T. B. J. BATIONO, R. E. TRAORE, P. BATIONO-KANDO, J. D. ZONGO and M. SAWADOGO, Diversity of *Jatropha curcas* in Burkina Faso revealed by microsatellite markers. In *European Scientific Journal*, Vol. 15, N° 15 (2019) 229 - 243. Doi:10.19044/esj.2019.v15n15p229
- [6] - M. L. AVANA, Z. TCHOUNDJEU, J. M. BELL, A. VAILLANT et M. H. CHEVALLIER, Diversité génétique du *Prunus africana* (Hook.f.) Kalkman au Cameroun. In *Bois et forêts des Tropiques*, N° 282 (4) (2004) 41 - 49 p.
- [7] - P. LEBRUN, L. BAUDOIN, M. SEGUIN, Y. P. N'CHO et R. BOURDEIX, Etude de la diversité génétique du cocotier par RLFP. *OCL. In Oléagineux, corps gras, lipides*, 2 (6) (1995) 418 - 421 p.
- [8] - N. SUNIL, V. KUMAR, M. SUJATHA, G. R. RAO and K. S. VAPRASAD, Minimal descriptors for characterization and evaluation of *Jatropha curcas* L. germplasm for utilization in crop improvement. In *Biomass and Bioenergy*, 48 (2013) 239 - 249
- [9] - A. M. KOUYATÉ et P. VAN DAMME, Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au sud du Mali. In *Fruits*, 67 (04) (2002) 231 - 238
- [10] - S. GUINKO, *Végétation de la Haute-Volta*, Thèse de doctorat, Université de Bordeaux III (France), (1984) 394 p.
- [11] - J. HELLER, Physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. In *International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)*, 1 (1996) 1 - 66 p.

- [12] - R. G. FREITAS, R. F. MISSIO, F. S. MATOS, M. D. V. RESENDE and L. A. S. DIAS, Genetic evaluation of *Jatropha curcas* L.: an important oilseed for biodiesel production. *In Genetic and Molecular Research*, 10 (3) (2011) 1490 - 1498 p.
- [13] - M. SHABANIMOFRAD, M. Y. RAFII, M. P. E. WAHAB, A. R. BIABANI and M. A. LATIF, Phenotypic, genotypic and genetic divergence found in 48 newly collected Malaysian accessions of *Jatropha curcas* L. *In Industrial and Crops Products*, 42 (2013) 543 - 551 p. stage. *In Forage Research*, 27 : 43 - 45
- [14] - D. V. N. S. PAMIDIMARRI, S. SINGH, S. G. MASTAN, J. PATEL and M. P. REDDY, Molecular characterization and identification of markers for toxic and non-toxic varieties of *Jatropha curcas* L. using RAPD, AFLP and SSR markers. *In Molecular Biology Reports*, (2008) 8 p.
- [15] - W. SUKARIN, Y. YAMADA and S. SAKAGUSHI, Characteristics of physic nut, *Jatropha curcas* L. as a biomass crop in the Tropics. *Jpn. In Agricultural Research Quart. (Japan)*, 20 (4) (1987) 302 - 303 p.
- [16] - K. F. TIENDRÉBÉOGO, Etude de la diversité génétique d'une collection de pourghère (*Jatropha curcas* L.) au Burkina Faso, Thèse de doctorat unique, Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO, (2017) 154 p.
- [17] - Ch. B. GANDONOU, N. R. HOUMBA, L. E. AHOTON, S. DESQUILBET, K. FAKAMBI, B. DATINON et E. MARSHALL, Evaluation de la levée et de la croissance chez douze accessions de pourghère (*Jatropha curcas*) au Bénin. *In Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAD)*, (2012) 12 - 18 p.
- [18] - M. DOMERGUE et R. PIROT, *Jatropha curcas* L. *Rapport de synthèse bibliographique*. CIRAD, AGRO generation, (2008) 188 p.
- [19] - Z. A. HABOU, B. KATKORÉ, T. ABASE et F. J. VERHEGGEN, Evaluation du potentiel de dix accessions de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) au Niger. *In Journal of Applied Biosciences*, 77 (2014) 6456 - 6461
- [20] - G. I. TOUCKIA, O. D. YONGO, K. D. ETSE, S. NZAMBO, S-F. GUEMAMADOU et K. KOKOU, Evaluation des performances de *Jatropha curcas* L. dans les conditions pédoclimatiques du village de Nzila en République Centrafricaine (RCA). *In Afrique SCIENCE*, 11 (6) (2015) 205 - 219 p., <http://www.afriquescience.info>
- [21] - G. I. TOUCKIA, O. D. YONGO, K. F. ABOTSI, F. WABOLOU et K. KOKOU, Essai de germination et de croissance au stade juvénile des souches locales de *Jatropha curcas* L. en République Centrafricaine. *In European Scientific Journal*, Vol. 11, N° 15 (2015) 260 - 276 p.
- [22] - M. MOUSSA, I. CHAIBOU, O. M. LAMINOUE et M. BANOIN, Effet de l'écartement sur la croissance des jeunes plants de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) de quelques provenances au Sahel Niger. *In Afrique SCIENCE*, 13 (1) (2017) 24 - 39 p., <http://www.afriquescience.info>
- [23] - N. SUNIL, M. SUJATHA, V. KUMAR, M. VANAJA, S. D. BASHA and K. S. VARAPRASAD, Correlating the phenotypic and molecular diversity in *Jatropha curcas* L. *In Biomass and Bioenergy*, 35 (2011) 1085 - 1096 p.