

Evaluation de la durée de conservation de dix accessions de *Jatropha curcas* collectées en Côte d'Ivoire

Noupé Diakaria COULIBALY^{1*}, Mongomaké KONE¹, Lassina FONDIO²,
Mako FDP N'GBESSO² et Yatty Justin KOUADIO¹

¹ Université NANGUI ABROGOUA, UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

² CNRA (Centre National de Recherche Agronomique), 01 BP 633 Bouaké 01, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : noupediakaria@gmail.com

Résumé

Le Pourghère communément appelé *Jatropha curcas* est un arbuste de la famille des Euphorbiaceae qui se reproduit principalement par graines. Il est cultivé pour ses graines qui servent à la fabrication de biocarburants et de savons. Pour alimenter les industries et couvrir les besoins des consommateurs, il est nécessaire de mettre en place de vastes champs. Pour ce faire, des graines de bonne qualité doivent être mises à la disposition des producteurs. Car les graines de *Jatropha* perdent rapidement leur pouvoir germinatif. Cette étude vise à déterminer le meilleur stade de cueillette des capsules et d'évaluer la méthode et la durée de conservation des graines. Des accessions de *Jatropha curcas* ont ainsi été collectées dans dix villes de la Côte d'Ivoire. Les caractéristiques morphologiques ont été déterminées à partir de trois caractères quantitatifs. Ensuite, quelques paramètres physiologiques, notamment le taux d'humidité, le délai de germination et le taux de germination des graines ont été étudiés. Les résultats ont montré que lorsque les capsules mûrissent et sèchent sur l'arbre, les graines se conservent mieux et le taux de germination est élevé. De plus, lorsque les capsules sont récoltées en saison sèche, le taux d'humidité des graines dans ces conditions, permet une longue conservation avec un pouvoir germinatif élevé.

Mots-clés : *Jatropha curcas*, biocarburant, accessions, délai de germination, taux de germination, villes de la Côte d'Ivoire.

Abstract

Evaluation of the shelf life of ten accessions of *Jatropha curcas* collected in Ivory Coast

The *Jatropha* commonly called *Jatropha curcas* is a shrub of the Euphorbiaceae family, which reproduces primarily by seed. It is grown for its seeds used to make biofuels and soaps. To feed industries and cover the needs of consumers, it is necessary to set up vast fields. To do this, good quality seeds should be made available to producers. Because the *Jatropha* seeds quickly lose their germination. This study aims to determine the best stage of picking capsules and evaluate the method and the shelf life of seeds. *Jatropha curcas* accessions have been collected in ten cities of Côte d'Ivoire. The morphological characteristics were determined using three quantitative traits.

Then some physiological parameters, in particular the moisture content, germination time and the seed germination rate were studied. The results showed that when the capsules ripen and dry on the tree, the seeds store better and the germination rate is high. Moreover, when the capsules are collected in the dry season, the seeds of the humidity in these conditions allows a long shelf with a high germination capacity.

Keywords : *Jatropha curcas*, *biofuel*, *accessions*, *germination time*, *germination rate*, *cities of Côte d'Ivoire*.

1. Introduction

Jatropha curcas (L.), communément appelé *Jatropha*, est un arbuste appartenant à la famille des Euphorbiacées. La plante se développe dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales [1]. Elle est résistante à la sécheresse [2, 3], et peut croître dans des zones inadaptées à la plupart des cultures [4, 5]. Sa tolérance à divers sols et conditions climatiques permet sa large distribution géographique [6, 7]. Dans de nombreux pays, la plante est utilisée par les populations comme haie vive pour protéger les cultures contre les animaux et réduire les dommages ainsi que l'érosion causés par le vent et l'eau. Elle sert aussi de barrière pour séparer les propriétés des enclos pour le cheptel. Traditionnellement, les femmes utilisent les graines de *Jatropha* pour des traitements médicaux et la production locale de savon. L'huile issue des graines peut servir à la fabrication de biocarburants [8]. De nombreuses plantes non comestibles existent comme sources de biocarburant. Cependant, *J. curcas* occupe le premier rang de toutes ces cultures en tenant compte des aspects sociaux, économiques [2, 5, 9]. Les graines de *Jatropha* contiennent 25 à 32 % d'huile [3, 10], avec un rendement de 1,5 tonnes d'huile par hectare après cinq années de culture [1, 11].

Des plantations industrielles ont été installées dans presque toutes les régions tropicales du globe à partir du début des années 2000. En 2011, la superficie des plantations de *Jatropha* en Afrique était estimée à 95 300 ha [12]. Il existe cependant jusqu'à présent très peu de données scientifiques pour étayer la plupart des affirmations concernant les qualités quasi « miraculeuses » du *Jatropha*. Ceci est en grande partie dû au fait que la mise en place des plantations a précédé la conduite des recherches agronomiques indispensables pour assurer une production durable de la plante [13]. La plante se reproduit par bouturage et principalement par graine. Le bouturage est utilisé pour la mise en place de haies vives. Mais pour la mise en place des champs, les graines sont mieux indiquées. Par les graines, on obtient des plantes vigoureuses et pouvant vivre jusqu'à 50 ans [14, 15]. Un des défis majeurs de la réussite de la mise en place de la culture sur de vastes superficies ou la réalisation de plantations industrielles, est la production de semences de qualité. Très peu de données existent sur la méthode de conservation et la durée de vie des graines. Le présent article vise à proposer aux producteurs, des semences de bonne qualité. De façon spécifique, il s'agira de déterminer le stade de cueillette auquel les graines expriment le meilleurs taux de germination, de déterminer la méthode et la durée de conservation des graines.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Deux lots de capsules ont été constitués au cours des prospections :

- le premier lot est constitué de capsules récoltées à trois stades de maturité. Les fruits matures (couleur verte), les fruits mûrs (couleur jaune) et les fruits secs (couleur marron). Ces fruits ont été collectés sur plusieurs arbres dans une seule localité ;

- le deuxième lot est constitué des capsules de *Jatropha* qui ont été collectées dans dix zones administratives de la Côte d'Ivoire regroupées en cinq régions géographiques (**Figure 1**). Dans chacune de ces zones, la récolte des graines a été effectuée sur un seul arbre sélectionné sur la base de son âge avancé et le grand nombre de fruits qu'il porte. Le lot de graines de chacun des arbres échantillonnés représente ainsi une accession (**Tableau 1**).

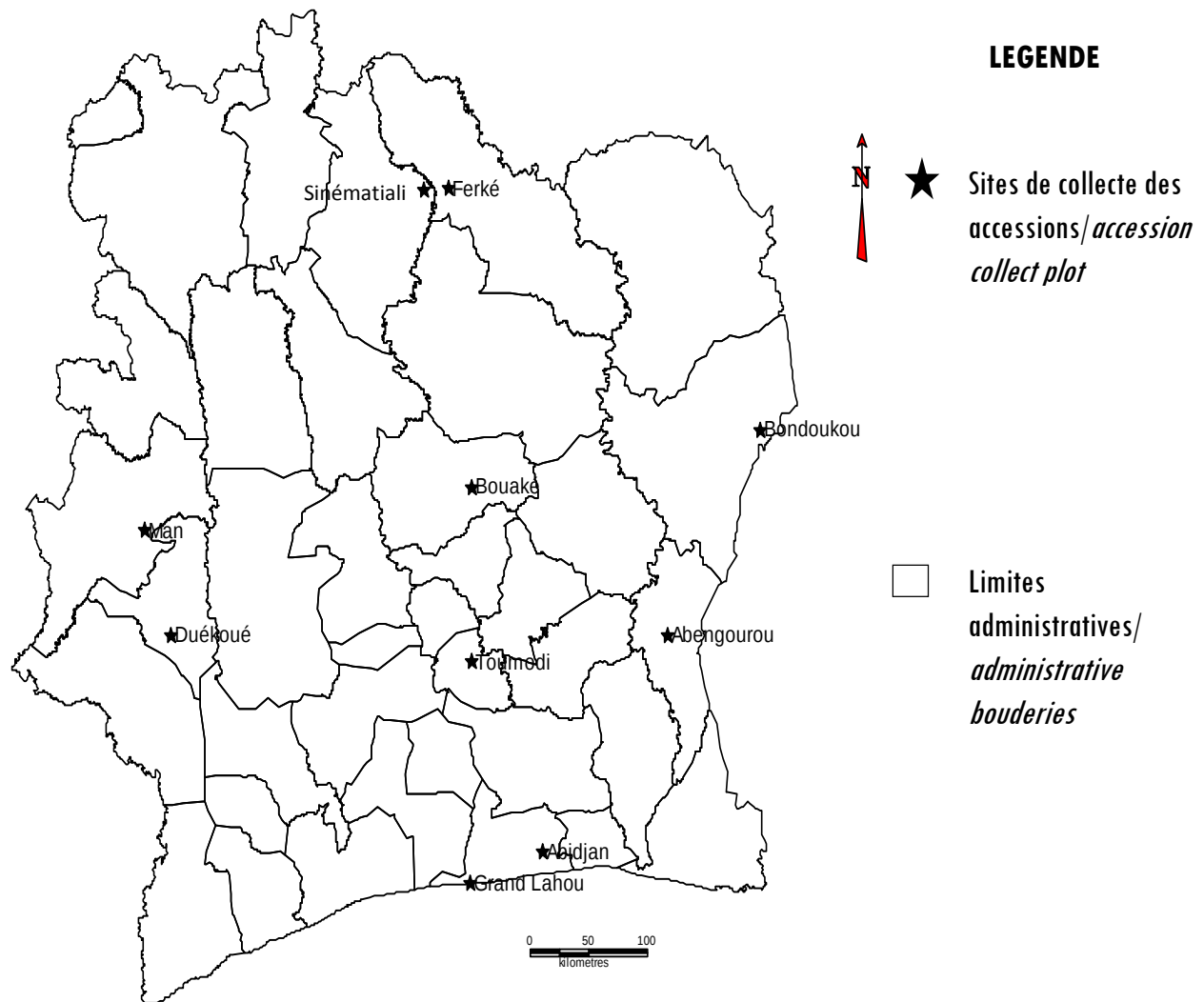


Figure 1 : *Cartographie des sites de collecte de Jatropha curcas en Côte d'Ivoire*

Tableau 1 : Couleurs et caractéristiques des gousses et graines des accessions de *Jatropha curcas* collectées dans différentes localités de la Côte d'Ivoire

Régions	Localités	Codes accessions	Couleur des gousses sèches	Couleur des graines
Nord	Sinématiali	AC1	Marron-clair	Noir-foncé
	Ferké	AC2	Marron-clair	Noir-foncé + rayures
Sud	Abidjan	AC3	Marron-foncé + points noirs	Noir-foncé
	Grand - Lahou	AC4	Marron	Noir-foncé
Centre	Toumodi	AC5	Marron+points noirs	Noir + rayure
	Bouaké	AC6	Marron	Noir + rayure
Ouest	Man	AC7	Marron+points noirs	Noir-foncé
	Duékoué	AC8	Marron+points noirs	Noir-foncé + rayures
Est	Bondoukou	AC9	Marron-clair	Noir-foncé + rayures
	Abengourou	AC10	Marron-foncé	Noir + rayures

2-2. Méthodes

2-2-1. Effet du stade de maturation sur la germination des graines

Pour tous les essais de germination, le coton est utilisé comme substrat. Le coton est placé au fond de petits bacs puis est imbibé avec de l'eau. 50 graines sont placées dans chaque bac sur le coton humide. Les bacs sont ensuite placés selon un dispositif complètement aléatoire (DCA) dans un germoir en condition d'obscurité totale. Les graines sont considérées comme ayant germées lorsque la radicule pointe, c'est le stade point blanc. Chaque jour, les graines germées sont comptées et retirées des bacs. A partir de la date de germination de la première graine, les pourcentages de germination cumulés sont calculés par mois selon la **Formule** suivante :

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{nombre total de graines mises à germer}} \times 100 \quad (1)$$

L'étude de l'effet du stade de maturation sur la germination des graines de *Jatropha* est une étude préliminaire à celle qui sera menée sur les différentes accessions de *Jatropha* collectées dans 10 villes ivoiriennes. Elle permettra de choisir le stade de maturation qui aura présenté les meilleurs résultats pour la suite de l'étude portant sur les dix accessions. L'étude de l'effet du stade de maturation sur la germination des graines de *jatropha* va prendre en compte les paramètres suivants :

- le stade de maturation qui porte sur le fruit matures (fruit vert), le fruit mûr (fruit jaune) et le fruit sec (fruit marron)
- la nature de la graine qui porte sur les graines contenue dans la coque (graines avec coque) et des graines sans coque (graines nues). Pour ce faire, dans chaque stade, les fruits ont été divisés en deux lots. Un des lots a été décortiqué pour obtenir des graines nues.

Le taux de germination cumulé mensuel a été déterminé à partir de ***l'Equation (1)***. Les délais de germination (temps mis pour obtenir la germination de la première graine est noté d_1 et celui mis pour observer la germination de la dernière graine est noté d_2). La différence entre d_1 et d_2 (d_2-d_1), donne le temps maximum de germination noté D. L'effet du stade de maturation sur la germination sera donc évalué en fonction du taux de germination, de la nature et de l'âge des graines.

2-2-2. Etude de la durée de conservation des différentes accessions

Cette étude a été conduite avec des fruits secs récoltés sur les arbres. Après la récolte, les fruits sont pesés (poids initial = P_i) et séchés à la température ambiante. Après une semaine de séchage, les fruits sont pesés à nouveau (poids final = P_f) afin de déterminer le taux d'humidité (TH) des graine selon la ***Formule*** [16].

$$TH = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (2)$$

Ensuite dans chaque accession, quelques fruits séchés ont été décortiqués pour obtenir 3 lots de 100 graines. A partir de ces graines, le poids moyen par graine, la longueur et le diamètre d'une graine ont été déterminés à l'aide une balance électronique (METTLER TOLEDO. 0,0001 g). La longueur et le diamètre des graines a été déterminé à l'aide de d'un pied à coulisse (STAINLESS HARDENED ; mm/inch). Pour l'étude de la durée de conservation des différentes accessions, les paramètres suivants ont été pris en compte :

- le taux de germination cumulé mensuel a été déterminé à partir de ***l'Equation (1)***
- les délais de germination (temps mis pour obtenir la germination de la première graine noté d_1 et celui mis pour observer la germination de la dernière graine noté d_2). La différence entre d_1 et d_2 (d_2-d_1) nous donne le temps maximum de germination noté D.

La combinaison de ces paramètres nous permettrons d'apprécier la durée de conservation des semences. La perte du pouvoir germinatif par les graines en fonction de leur âge, est le principal critère d'évaluation de la durée de conservation.

2-2-3. Analyses statistiques

Les données expérimentales évaluées ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel Statistica 7.1. Les moyennes des mesures ont ensuite été séparées par les tests de comparaisons multiples de Newman-Keuls, au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Effet du stade de maturation sur la germination des graines

3-1-1. Taux de germination des semences avec coques (ac)

L'analyse de la ***Figure 2*** a montré que lorsque les semences sont conservées dans les coques, le taux de germination évolue différemment selon le stade physiologique des graines. Au cours des trois premiers mois, le taux de germination des graines sèches a augmenté progressivement, alors que ceux des graines mures et mures sont restés faibles. Quel que soit le stade physiologique de la graine, le taux de germination a été maximal au 4^e mois.

Toutefois, le taux de germination des graines sèches a significativement été plus élevé que ceux des graines mures et mûres. Après quatre mois de conservation, le taux baisse significativement au niveau de tous les stades de graines. Les faibles taux ont été exprimés par les graines mures.

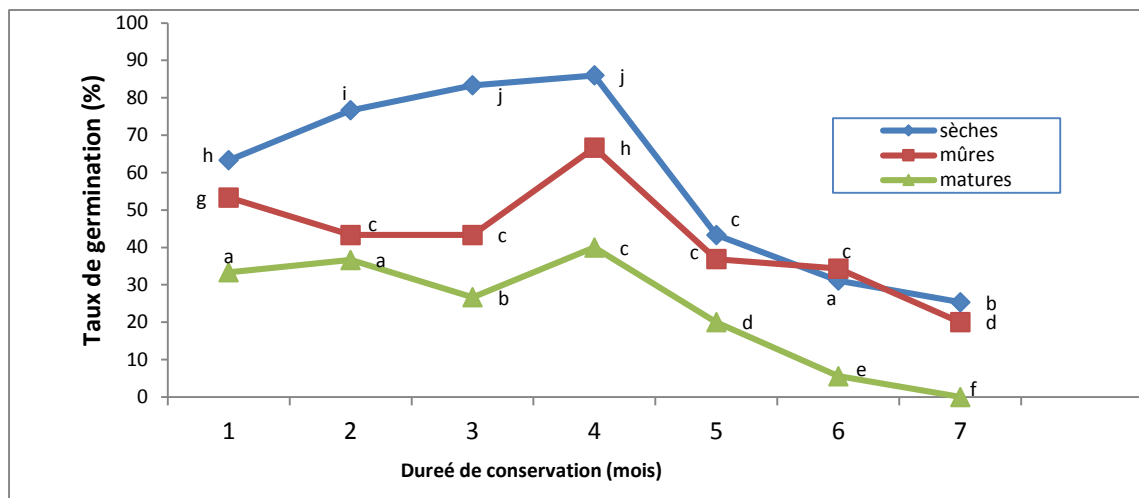


Figure 1 : Taux de germination en fonction du stade de maturation des semences avec coques

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présente aucune différence significative au seuil de 5 % (test de newman-keuls)

3-1-2. Taux de germination des semences sans coques (sc)

Le taux de germination des semences sans coques est représenté par la **Figure 3**. L'analyse de variance (ANOVA) a montré que lorsque les semences sont conservées sans coques, le taux de germination est faible au 1^{er} mois et a augmenté à partir du 2^e mois de conservation puis atteint le taux maximal au 3^e mois. Le plus fort taux a été exprimé par les graines sèches. A partir du 3^e mois de conservation, le taux de germination a chuté pour s'annuler au 6^e mois pour les graines mures et mures et au 7^e mois pour les graines sèches.

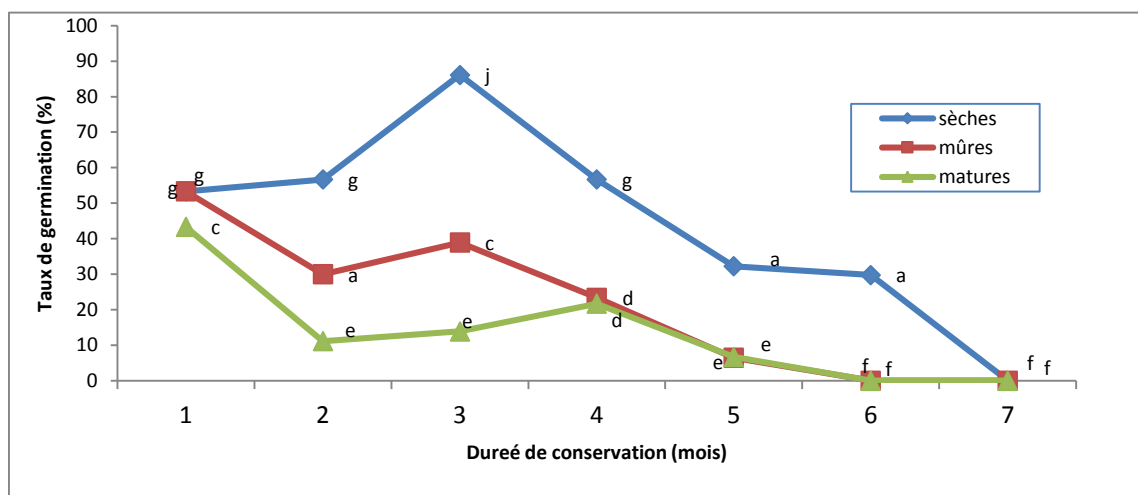


Figure 3 : Taux de germination en fonction du stade de maturation des semences sans coques

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présentent aucune différence significative au seuil de 5 % (test de Newman-keuls)

3-1-3. Temps maximum de germination

L'analyse de la **Figure 4** a montré que le temps maximum de germination a évolué différemment selon le stade physiologique des semences. Au cours des quatre premiers mois, le temps maximum de germination a évolué de façon constante chez les semences sèches avec coques puis a augmenté significativement au 5^e mois. A partir du 5^e mois, le temps maximum est resté constant jusqu'au 8^e mois. Cependant, chez les autres semences, et quel que soit leur stade physiologique, le temps maximum de germination a atteint une valeur maximale au 2^e mois avant de chuter brutalement au 3^e mois. Après le 3^e mois, le temps de germination des semences mûres sans coques a continué de diminuer pour s'annuler au 4^e mois. Alors que celui des semences mûres avec coques, des semences mûres sans coques, des semences sèches sans coques et des semences mûres sans coques a évolué de façon constante entre le 3^e et le 5^e mois. Mais la valeur du temps maximum des semences mûres sans coques s'est annulée au 6^e mois. Pour les semences mûres avec coques et celles sèches sans coques, les valeurs se sont annulées au 7^e mois. Quant aux semences mûres avec coques, les valeurs sont restées constantes après le 3^e mois jusqu'au 7^e mois.

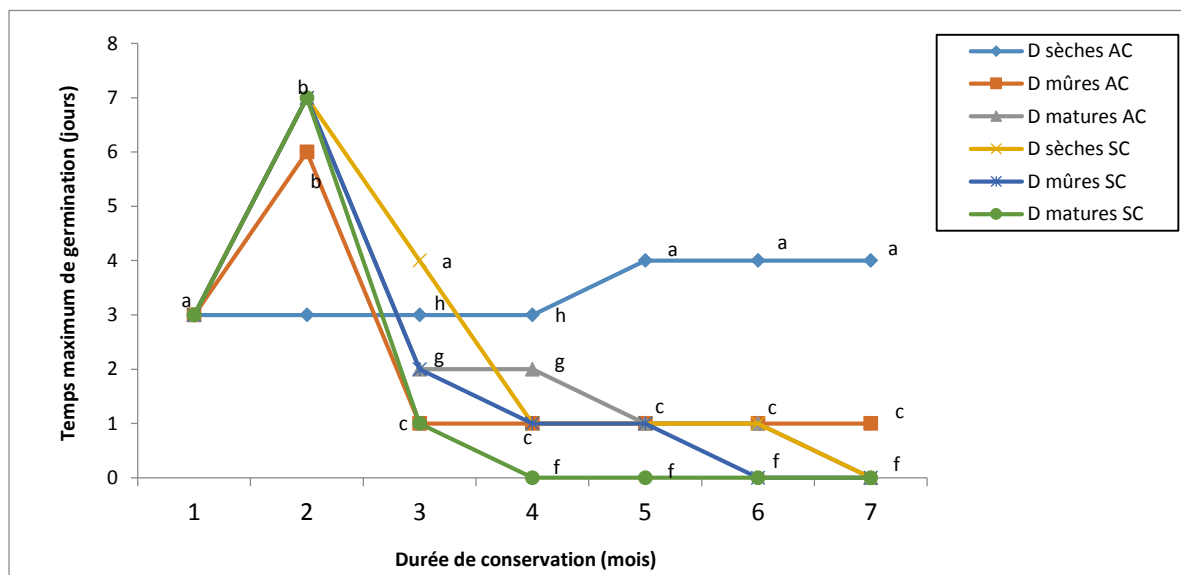


Figure 2 : Evolution du temps maximum de germination des semences au cours de la conservation

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présente aucune différence significative au seuil de 5 % (test de newman-keuls)

D = intervalle de temps entre le délai de germination de la première graine du lot et celui de la dernière graine germée = Temps maximum de germination

AC = semences avec coques

SC= semences sans coques

3-2. Etude de la durée de conservation des différentes accessions

3-2-1. paramètres morpho-métriques et taux d'humidité des graines

Les valeurs du poids moyen, de la longueur, du diamètre et du taux d'humidité des graines des différentes accessions, sont représentés dans le **Tableau 2**. L'analyse de variance des caractères quantitatifs a montré que la longueur des graines la plus élevée a été obtenue par les accessions AC1, AC3, AC4, AC5 et AC6. La longueur la plus faible a été enregistrée par AC9. Pour le diamètre des graines, la valeur la plus élevée a été exprimée par AC1. La valeur la plus faible a été obtenue par AC9. Quant au poids des graines, le poids le plus élevé a été obtenu par l'accension AC3. Par contre, le poids le plus faible a été enregistré par l'accension AC2. En ce qui concerne le taux d'humidité des graines, l'ANOVA a montré que les taux les plus élevés ont été obtenus par les accessions AC3, AC4 et AC7. Les taux les plus bas ont été exprimés par AC1, AC2, AC9 et AC10.

Tableau 2 : Poids moyen, longueur, diamètre et taux d'humidité des graines des différentes accessions

	Accessions									
	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	AC6	AC7	AC8	AC9	AC10
Poids moyen par graine (g)	0,77 ^a	0,67 ^d	0,86 ^e	0,77 ^a	0,75 ^a	0,71 ^{bc}	0,73 ^{abc}	0,68 ^b	0,73 ^{abc}	0,76 ^{ac}
Longueur moyenne par graine (cm)	2,1 ^b	1,9 ^{ab}	2,2 ^b	2,0 ^b	2,1 ^b	2,0 ^b	1,9 ^{ab}	1,7 ^{ab}	1,5 ^a	1,7 ^{ab}
Diamètre moyen par graine (cm)	4,0 ^c	3,6 ^{ab}	3,8 ^{ab}	3,8 ^{ab}	3,7 ^{ab}	3,6 ^{ab}	3,5 ^{ab}	3,5 ^{ab}	3,4 ^a	3,8 ^{ab}
Taux d'humidité (%)	6,31 ^a	6,26 ^a	8,02 ^b	8,34 ^b	6,91 ^{ac}	7,44 ^{bc}	7,96 ^b	7,47 ^{cb}	6,58 ^a	6,68 ^a

3-2-2. Taux de germination des semences des différentes accessions en fonction de la durée de conservation

L'analyse du **Tableau 3** montre que le taux de germination des graines évolue différemment selon la provenance des semences. Les accessions AC2, AC3, AC4, AC5 et AC9 sont des accessions chez les quelles le taux de germination a été maximal dès le 1^{er} mois. AC3 enregistre le taux le plus élevé significativement. Après avoir atteint leur taux maximal, les taux baissent progressivement au cours de la conservation pour atteindre des valeurs plus faibles le 8^e mois. AC3 enregistre la valeur la plus faible significativement. Les accessions AC6 et AC10 sont les accessions qui ont enregistré un taux de germination maximal au 2^e mois. Les taux ont baissé le 3^e mois pour remonter le 4^e mois avant de chuter progressivement pour atteindre des taux faibles ; avec la valeur la plus faible significativement observée chez AC6. Avec les accessions AC1, AC7 et AC8 les taux ont augmenté progressivement pour atteindre un taux maximal au 4^e mois. Après quatre mois de conservation, le taux baisse significativement chez ces accessions. Les plus faibles taux ont été exprimés par AC7 au 8^e mois.

Tableau 3 : Taux de germination des semences des différentes accessions de *Jatropha curcas*

	Durée de conservation (mois)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
AC1	52 ± 03 ^{bc}	70 ± 05 ^{ab}	75 ± 05 ^a	78 ± 05 ^a	60 ± 04 ^b	48 ± 05 ^{bc}	38 ± 03 ^c	27 ± 03 ^{cd}
AC2	72 ± 06 ^a	58 ± 05 ^b	57 ± 05 ^b	58 ± 05 ^b	30 ± 04 ^{cd}	28 ± 04 ^{cd}	25 ± 04 ^{cd}	22 ± 04 ^{cd}
AC3	82 ± 06 ^a	68 ± 05 ^{ab}	60 ± 04 ^b	43 ± 04 ^c	40 ± 04 ^c	29 ± 04 ^{cd}	17 ± 04 ^d	03 ± 02 ^e
AC4	41 ± 03 ^c	28 ± 03 ^{cd}	20 ± 03 ^d	25 ± 03 ^{cd}	17 ± 03 ^d	13 ± 03 ^d	8 ± 02 ^e	05 ± 00 ^e
AC5	77 ± 05 ^a	65 ± 04 ^b	55 ± 03 ^{bc}	60 ± 05 ^b	58 ± 05 ^b	60 ± 04 ^b	45 ± 04 ^c	13 ± 01 ^d
AC6	70 ± 04 ^{ab}	78 ± 04 ^a	64 ± 05 ^b	70 ± 04 ^{ab}	62 ± 04 ^b	55 ± 04 ^{bc}	35 ± 03 ^c	12 ± 03 ^d
AC7	58 ± 04 ^b	58 ± 03 ^b	65 ± 05 ^b	75 ± 04 ^a	43 ± 04 ^c	32 ± 02 ^{cd}	7 ± 02 ^e	03 ± 00 ^e
AC8	60 ± 06 ^b	65 ± 04 ^b	67 ± 04 ^{ab}	75 ± 04 ^a	51 ± 04 ^{bc}	40 ± 03 ^c	22 ± 02 ^{cd}	10 ± 02 ^d
AC9	70 ± 04 ^{ab}	70 ± 06 ^{ab}	52 ± 03 ^{bc}	62 ± 03 ^b	50 ± 04 ^{bc}	55 ± 03 ^{bc}	48 ± 03 ^{bc}	32 ± 03 ^{cd}
AC10	70 ± 03 ^{ab}	75 ± 05 ^a	50 ± 03 ^{bc}	60 ± 04 ^b	55 ± 03 ^{bc}	50 ± 04 ^{bc}	44 ± 03 ^c	25 ± 02 ^{cd}

Dans une même ligne, les valeurs suivies d'une même lettre ne présente aucune différence significative au seuil de 5 % (test de Newman-keuls)

3-2-3. Temps maximal de germination des différentes accessions

Le **Tableau 4** représente les valeurs du temps maximal de germination des accessions au cours de la conservation. Avec AC1, le temps maximum de germination a évolué progressivement jusqu'au 4^e mois où il a baissé et est remonté au 5^e mois. Après le 5^e mois, le temps maximum est resté constant jusqu'au 8^e mois. Quant à AC2, le temps maximum a augmenté progressivement jusqu'au 4^e mois et a baissé au 5^e mois. A partir du 5^e mois, le temps maximum de germination est remonté pour atteindre une valeur maximale le 8^e mois. Au cours des quatre premiers mois, le temps maximum a évolué constamment chez AC3, avant de connaître une augmentation progressive pour atteindre une valeur maximale le 8^e mois. Pour l'accension AC4, le temps maximum a évolué de manière constante au cours des six premiers mois. A partir du 7^e mois, le temps maximum a augmenté et est resté constant jusqu'au 8^e mois. Le temps maximum a augmenté à partir du 2^e mois chez l'accension AC5 pour atteindre une valeur maximale. Puis cette valeur est restée constante jusqu'au 8^e mois. Pour les accessions AC6 et AC7, le temps maximum a évolué progressivement au cours de la conservation pour atteindre une valeur maximale le 8^e mois. Cependant, les valeurs sont significativement plus élevées chez AC7 que AC6. Au cours des trois premiers mois, le temps maximum a été constant chez AC8 puis a augmenté le 4^e mois. Le temps maximum baisse entre le 4^e et le 5^e mois. A partir du 5^e mois, les valeurs sont restées constantes jusqu'au 8^e mois. Chez AC9, le temps maximum est resté constant pendant la conservation. Sauf pour les 4^e et 5^e mois où il a baissé significativement. Avec l'accension AC10, dès le premier mois, les semences ont enregistré un temps maximum plus élevé significativement. Après cette valeur maximale, le temps maximum a chuté au cours des 2^e et 3^e mois. A partir du 4^e mois, le temps maximum est remonté et est resté constant jusqu'au 8^e mois.

Tableau 4 : Temps maximal de germination (jour) des différentes accessions de *Jatropha curcas*

	Durée de conservation (mois)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Accessions	AC1	2,66 ± 0,33 ^{bc}	2,66 ± 0,33 ^{bc}	3,66 ± 0,33 ^b	2,00 ± 0,33 ^c	4,00 ± 0,33 ^{ab}	4,00 ± 0,33 ^{ab}	4,00 ± 0,33 ^{ab}
	AC2	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	3,66 ± 0,33 ^b	3,66 ± 0,33 ^b	2,00 ± 0,33 ^c	3,33 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^{ab}
	AC3	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,33 ± 0,33 ^c	2,66 ± 0,33 ^{bc}	2,66 ± 0,33 ^{bc}	3,00 ± 0,33 ^b
	AC4	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	3,00 ± 0,33 ^b
	AC5	3,00 ± 0,33 ^b	5,00 ± 0,33 ^a	5,00 ± 0,33 ^a	5,00 ± 0,30 ^a	5,00 ± 0,33 ^a	5,00 ± 0,33 ^a	5,00 ± 0,33 ^a
	AC6	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,66 ± 0,33 ^{bc}	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^{ab}
	AC7	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	4,00 ± 0,33 ^{ab}	5,00 ± 0,33 ^a	5,00 ± 0,33 ^a	6,00 ± 0,33 ^a
	AC8	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	4,00 ± 0,33 ^{ab}	3,66 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b
	AC9	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	2,00 ± 0,33 ^c	2,00 ± 0,33 ^c	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b
	AC10	6,00 ± 0,33 ^a	3,00 ± 0,33 ^b	2,00 ± 0,33 ^c	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b	3,00 ± 0,33 ^b

Dans une même ligne, les valeurs suivies d'une même lettre ne présente aucune différence significative au seuil de 5 % (test de Newman-keuls)

4. Discussion

La germination des semences de *Jatropha curcas* semble, être sous l'influence de facteurs internes intrinsèques à la graine. Cependant, ces facteurs peuvent être aussi profondément modifiés par des facteurs externes appliqués aux semences pendant le processus de germination. Ainsi le stade de maturation des semences influence significativement le taux de germination. Plus le stade de maturation est avancé, plus le taux de germination est élevé. Les semences qui ont mûri et séché sur l'arbre ont toujours un taux de germination plus élevé que celui des semences mûres dont leur taux est aussi élevé que celui des semences mûres. Chez le palmier à huile, la germination des graines est possible qu'après l'acquisition de la maturité physiologique [17]. Selon cet auteur, les graines de palmier à huile atteignent progressivement la maturité physiologique après la récolte. Les graines mûres et mûres ont atteint la maturité morphologique. Les caractéristiques physiologiques et biochimiques de la maturité physiologique qui se mettent en place dans les semences mûres s'achèvent après le murissement. [18] définissent ainsi deux types de semences. Celles dont la maturité physiologique est décalée de la maturité morphologique et celle dont la maturité physiologique coïncide avec la maturité morphologique, dont semble fait partir les semences de *Jatropha*. En effet, les semences de *Jatropha* à maturité (couleur jaune), se dessèchent (couleur brune ou marron) progressivement par perte d'eau ; ce qui leur permet d'achever leur maturité physiologique.

D'après Legendre [19], les graines d'Euphorbiacée se comportent en général bien au stockage. Selon eux, la longévité des semences mures est accrue en réduisant l'humidité et la température de stockage. Aussi, selon [20], l'ensemble des facteurs qui interviennent au moment de la germination ; mais aussi tout long de la vie d'une semence, depuis sa formation sur la plante mère jusqu'à sa récolte, exerce une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer. Ainsi la qualité germinative d'une semence est fonction de son génome mais aussi de multiples facteurs que [20] regroupe en quatre catégories : les facteurs avant la récolte, les facteurs de la récolte, les facteurs après la récolte et les facteurs de la germination. Concernant les facteurs de la récolte, c'est certainement le stade de la maturité des semences ou de leur récolte qui intervient principalement dans la germination ; la date de récolte est donc importante. Effectivement, les résultats confirment cette assertion car les semences mures, mures et sèches ont été prélevées au même moment et conservées dans les mêmes conditions. Les taux de germination vont croissants avec le stade de maturation c'est-à-dire que le taux de germination est corrélé au stade de maturation ; plus la semence est mure, plus le taux de germination augmente. C'est ce qui explique les forts taux de germination chez les semences qui ont mûri et séché sur l'arbre. Chez ces graines, la maturité physiologique semble achevée alors que chez les semences mures et mures, elle ne l'est pas encore. Outre les facteurs internes de la germination, les facteurs externes ont une influence sur la germination des graines de *Jatropha*. C'est par exemple les facteurs après la récolte. Tous les traitements auxquels les semences sont soumises après la récolte, peuvent avoir une incidence sur leurs propriétés germinatives. Parmi ces traitements, on peut noter la durée et les conditions de conservation puis l'âge des semences.

Les travaux de [21, 22] ont mis en évidence le rôle de la déshydratation dans la maturation des semences. Selon eux, la maturation s'établit dans le temps au fur et à mesure que les semences perdent de l'eau par ouverture du hile lorsque celles-ci sont placées en atmosphère sèche. [23] notent que les graines fraîches ont un taux d'humidité d'environ 30 % alors que les graines sèches ont un taux d'humidité de 7-8 %. Il semble que les semences doivent perdre progressivement leur teneur en eau pour avoir un bon potentiel de germination. Mais le fait de débarrasser immédiatement les graines de leurs coques après récolte, provoque une chute brutale de la teneur en eau. Ce qui a un impact négatif sur le processus de la maturité physiologique qui va s'achever en partie, donnant ainsi un faible potentiel de germination des graines. Selon [20], il est clairement établi que la durée et les conditions de conservation des semences jouent un grand rôle. L'âge des semences peut aussi modifier les conditions nécessaires à leur germination. Les résultats confirment cela, car les semences constituées de graines protégées dans la coque, présentent un taux de germination significativement élevé que celui des semences dont les graines sont nues c'est-à-dire que les graines sont débarrassées de leurs coques.

En effet, il semble que la maturation des graines dans la coque mobilise la présence des substances biochimiques ou physiologiques en quantité suffisante ; ce qui confère aux graines une capacité germinative élevée. Les résultats ont aussi montré que les graines nues expriment un taux de germination qui atteint rapidement le taux maximal avant celui des graines protégées par les coques. Puis les taux de germination chutent jusqu'à s'annuler en fin d'expérience. Les graines nues ne contiennent pas la même quantité de ces substances biochimiques ou physiologiques qui leur permettraient d'exprimer pendant longtemps leur germination. Le temps de dormance est quasi identique chez toutes les semences quel que soit leur nature (semences constituées de graines protégées dans des coques et semences faites de graines nues). Il semble que les semences de *Jatropha* ne développent pas de dormance. Les graines, dès qu'elles ont été placées dans les conditions de germination, ont germé au bout de trois jours. [24] en conduisant des tests de germination sur des semences de *Jatropha*, ont aussi montré que les graines ne sont pas dormantes. Lorsque les conditions de germination (support, eau, température etc.) sont réunies, les semences germent de facto en trois jours. [25] distingue trois catégories d'espèces en raison de leur grande variabilité de comportement par rapport aux délais de germination.

La première catégorie correspond aux espèces qui germent plus ou moins rapidement, car ne sont pas dormantes quel que soit la température. Ces espèces sont considérées comme opportunistes. La 2^e catégorie rassemble les céréales et d'autres espèces à graines, dont les semences sèchent et achèvent leur maturation physiologique sur la plante. Une fois les conditions de germination réunies, les graines sortent leur dormance et germent quelques jours après leur semis. Ceux sont les semences dites orthodoxes. La 3^e catégorie renferme les espèces dont la dormance disparaît très lentement. Ces espèces sont qualifiées de récalcitrantes ou semi-récalcitrantes. Les résultats montrent que les semences de *Jatropha* sont de la 2^e catégorie. D'après les résultats obtenus dans ce travail, le temps maximum de germination diminue au cours de la conservation chez toutes les semences. En effet, les semences perdent leur pouvoir germinatif avec le temps. Mais cette perte est plus accrue chez les semences mures et celles sans coques (graines nues). Il ressort donc de ce constat que le pouvoir germinatif est lié au stade de maturation et à la nature des semences (protégées ou nues). La perte importante du pouvoir germinatif chez les semences mures est essentiellement d'ordre physiologique. Cette perte rapide du pouvoir germinatif serait due à un épuisement des réserves de la graine. La maturité de la graine n'étant pas achevée, la semence n'a pu accumuler assez de réserves.

Les résultats ont aussi montré que lorsque la graine est protégée, elle présente un taux de germination plus élevé que celui des graines nues. Ainsi chez les graines sèches, celles qui sont protégées dans la coque ont un taux de germination plus élevé que celui des graines nues. La même tendance est observée chez les graines mures et mûres. Dans tous les cas, les semences avec coques présentent de meilleurs résultats par rapport à celles sans coques. Cela s'explique par le fait que les graines protégées par une coque sont insérées dans la coque au niveau des micropyles ; ce qui protège les embryons contre les attaques des insectes et des champignons. Les travaux de [24] ont montré que malgré une bonne capacité de conservation des graines de *Jatropha*, le pouvoir germinatif diminue avec le temps. D'une manière générale, les conditions de préparation et de stockage vont directement influencer la qualité des graines. Ils estiment qu'un lot de graines de *Jatropha* perd 30 et 50 % de son pouvoir germinatif en un an. En effet, la survie des semences de *Jatropha* est très limitée au vu des résultats obtenus. Au bout de sept mois, les graines sèches conservées dans les coques ont exprimé 25 % de leur pouvoir germinatif. Dans ce même temps, les graines mures conservées dans les coques en ont présenté 20 %.

Par contre les graines mures conservées dans les coques et toutes les autres graines conservées nues, ont exprimé un pouvoir germinatif nul. [26] a classé les graines en trois catégories selon leur durée de vie. Les semences macrobiotiques qui vivent plus de 15 ans. Les semences mésobiotiques, les plus nombreuses, qui ont une durée de vie comprise entre 3 et 15 ans. Les semences microbiotiques qui ne survivent pas plus de 3 ans. Les semences de *Jatropha curcas* appartiennent à ce dernier groupe eu égard à l'évolution des taux de germination et du pouvoir germinatif exprimés au cours de la conservation. Les temps de latence (3 jours) ne varient pas selon l'accession. C'est pourquoi [27, 28] ont affirmé que le temps de latence est une caractéristique liée à l'espèce et non à la provenance. Le taux de germination des graines des différentes accessions varie au cours de la conservation. Les semences se regroupent en trois lots distincts sur toute la période de conservation. Généralement chaque lot contient les semences dont les caractéristiques pédoclimatiques de leur provenance sont voisines. En clair, le milieu écologique (climat, température, le type de sol etc.) sur lequel les semences ont été produites, peut avoir une influence sur la germination pendant la conservation. En effet, les zones de collecte des semences constituent des milieux agroécologiques différents. Ces zones ne possèderaient pas les mêmes constituants minéraux et organiques. Et les conditions climatiques y sont différentes. Les accessions AC1, AC2, AC9 et AC10 ont présenté un taux d'humidité de l'ordre de 6 %. Ces semences proviennent des zones à une seule saison pluvieuse. De plus, les capsules ont été récoltées dans la période de décembre à janvier qui correspond à la saison sèche (harmattan). Alors que cette période correspond à la petite saison pluvieuse dans la zone d'où proviennent les accessions AC3 et AC4 dont le taux d'humidité est de l'ordre de 8 %. Les accessions AC5, AC6, AC7 et AC8 renferment des graines dont les zones d'origine sont proches pour les unes du Nord et du Sud pour les autres. Le taux d'humidité pour ces semences varie entre 6,5 et 7,5 %.

Cette différence au niveau des taux d'humidité est à l'origine de la variabilité des taux de germination entre les différentes semences. Car il semble que le taux d'humidité exprimé par les semences au moment de leur récolte influence la germination. Sans doute, cette différence des taux de germination entre les semences du Nord et celles du Sud peut s'expliquer par la différence des taux d'humidité observés à la récolte. Plus le taux d'humidité est faible à la récolte, plus les taux de germination sont élevés et surtout la conservation des semences est plus longue. La variabilité des taux de germination suivant l'accession de *Jatropha* est expliquée par [29] par la différence au niveau de la période de récolte des fruits. Selon eux, des fruits récoltés pendant une saison sèche, se conservent mieux que ceux récoltés en saison humide. [30] dans une étude sur la germination des semences des accessions de *Jatropha* récoltées à la même période dans une même localité, ont observé une variabilité des taux de germination. Selon eux, la variabilité observée doit être liée à la différence au niveau de la levée de dormance.

Les résultats obtenus sont en concordance avec le point de vue de [29]. Les essais ont certes porté sur des semences récoltées au même moment et mises dans les mêmes conditions de conservation. Mais les conditions pédoclimatiques au moment de la récolte ne sont pas les mêmes dans les zones de collecte. Les résultats ont aussi montré que le taux de germination est plus élevé avec les graines qui sont plus volumineuses. C'est le cas chez les accessions AC1 et AC10. L'effet de la taille des graines sur le taux de germination serait lié à la quantité de réserves contenues dans les cotylédons. Pour achever la maturation, les teneurs en composés phénoliques et en protéines diminuent dans la graine pour ne garder que des teneurs de réserve [17]. Les graines plus volumineuses vont accumuler plus de protéines (substances de réserve) dans leurs cotylédons que les graines moins volumineuses. Cela pourrait permettre aux graines volumineuses d'exprimer une germination plus vigoureuse. Cependant, il est à noter que le taux de germination n'a pas été élevé chez d'autres graines volumineuses telles que celles de AC3 et AC4. Cela pourrait être lié au taux d'humidité élevé chez ces graines. Un autre facteur est à prendre en compte dans l'expression de la germination par les graines pendant leur conservation. C'est celui de leur constitution biochimique. En effet, *J. curcas* est une plante oléagineuse contenant 43 à 60 % d'huile [31, 32]. Cette huile végétale dont la composition et les caractéristiques varient en fonction des écotypes est très riche en triglycérides [33-35]. Ces triglycérides peuvent être hydrolysés par les triacylglycérols hydrolases dont les actions sont néfastes pour les graines en stockage car elles sont responsables de leur altération [36]. Cette altération des graines contenant de l'huile par les lipases au cours du stockage est à l'origine des faibles taux de germination enregistrés au niveau de ces dernières lorsqu'elles sont semées après leur déstockage. Les méthodes de conservation sont alors importantes lorsque les graines doivent être conservées pendant une longue durée avant leur mise en germination.

5. Conclusion

A l'issue de cette étude, on note que les graines qui ont séchées sur l'arbre, ont présenté les meilleurs taux de germination. Elles ont aussi exprimé les meilleurs délais de conservation. La durée de conservation est longue lorsque la graine a achevé sa maturation en plus d'être conservée dans la coque. Au vu des résultats, on peut noter que la germination des graines de *Jatropha* est sous l'influence de plusieurs facteurs dont la période de la récolte, les conditions pédoclimatiques de la zone de récolte et la taille de la graine. Cette étude nécessite d'autres recherches complémentaires. Notamment la réalisation d'essais métaboliques afin de mieux comprendre la biochimie de la germination des semences de *Jatropha curcas* qui perdent rapidement leur pouvoir germinatif.

Références

- [1] - A. J. KING, W. HE, J. A. CUEVAS, M. FREUDENBERGER, D. RAMIARAMANANA, I. A. GRAHAM, Potential of *Jatropha curcas* as source of renewable oil and animal feed. *J. Exp. Environ. Bot.*, 60 (10) (2009) 2897-2905. DOI : 10.1093/jxb/erp025
- [2] - SK. BEHERA, P. SRIVASTAVA, R. TRIPATHI, JP. SINGH, N. SINGH, Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass - A case study. *Biomass Bioenerg.* 34 (2010) 30-41.
- [3] - MF. POMPELLI, DTRG. FERREIRA, PPGS. CAVALCANTE, TL. SALVADOR, BS. HSIE, L. ENDRES, Environmental influence on the physico-chemical and physiological properties of *Jatropha curcas* L. seeds. *Aust. J. Bot.* 58(6) (2010) 421-427. DOI: 10.1071/BT10102
- [4] - K. OPENSHAW, A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Energy* 19(2000) 1-15.
- [5] - B. REUBENS, WMJ. ACHTEN, WH. MAES, F. DANJON, R. AERTS, J. POESEN, B. MUYS, More than biofuel ? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. *J. Arid. Environ.* 75(2011): 201-205. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2010.09.011
- [6] - JONGSCHAAP REE, WJ. CORRÉ, PS. BINDRABAN et WA. BRANDENBURG, Claims and Fact on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation, Plant Research international (2007).
- [7] - B. DIOP, S. DIATTA, E. CODJO AGBANGBA, L. BARRO, S. ARONA N'DIAYE SAMBA, L. E. AKPO, Seedsmorpho-Metric Characteristics And Germination Capacity Of Some *Jatropha Curcas* L. provenances. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 6(4) (2012) 215-221. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.12>
- [8] - R. BRITTAINE, N. LUTALADIO, *Jatropha* : a smallholder bioenergy crop. The potential for pro-poor development. Roma : FAO, Integrated Crop Management, Vol. 8, <http://www.fao.org/docrep/012/i1219e/i1219e.pdf>, (2010) (06/05/2012)
- [9] - W. MJ. ACHTEN, L. NIELSEN, R. AERTS, A. G. LENGKEEK, E. D. KJAER, A. TRABUCCO, J. K. HANSEN, W. H. MAES, L. GRAUDAL, F. K. AKINNIFESI, B. MUYS, Towards domestication of *Jatropha curcas*. *Futura Science*, 1(1) (2010) 91-107. DOI 10- 4155/bfs 09.4
- [10] - M. MISRA, A. MISRA, *Jatropha* : The Biodiesel Plant Biology, Tissue Culture and Genetic Transformation — A Review. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.* 1(1) (2010) 11-24. DOI: www.ijopaasat.in
- [11] - A. K. TIWARI, A. KUMAR, H. RAHEMAN, Biodiesel production from *jatropha* oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: An optimized process. *Biomass & Bioenergy*, 31(8) (2007) 569-575. DOI: 10.1016/j.biombioe.2007.03.003
- [12] - N. WAHL, H. TINA, M. CHRISTINE, L. FLORIAN, A. KATHARINA, B. ROBERT, B. KAMINI, B. ROGER, G. JANNA, K. ALEXANDRA-MARIA, K. MARTIN, W. DAVID, S. R. STEFAN, Z. THILO, Insights into *Jatropha* projects worldwide. Key Facts & Figures From a Global Survey (2012) 72 pages.
- [13] - M. MINENGU, Etude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa en République Démocratique du Congo (RDC). Thèse de Doctorat. Université de Liège-Gembloux Agro-bio Tech (Belgique) (2014) 178 p.
- [14] - M. ARBONNIER, Arbres, arbustes et lianes des zones sèches de l'Afrique de l'Ouest (2000) P 300.
- [15] - H. A. M. VAN DER VOSSEN, G.S. MKAMILO, Ressources végétales de l'Afrique tropicale 14. Oléagineux édition Prota. (2007) 116-120 p.
- [16] - ISTA (International Seed Testing Association), International Rules for Seed Testing International Seed Testing Association, (2000). Bassersdorf, Suisse : 204 p.
- [17] - D. COULIBALY NOUPE, Etude de quelques aspects du métabolisme des composés phénoliques au cours de la levée de dormance et de la germination des graines de palmier à huile (*Elaeis guineensis jacq.*). Mémoire de DEA (2007). Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan-Côte d'Ivoire), 59 pages.

- [18] - B. OUATTARA, K. N. NDIR, I. DIEDHIOU, D. DIOUF, L. E. AKPO, Effect of water regimes and pre-sowing treatments on seeds germination of different provenances of *Jatropha curcas* L. in Senegal. *Int. J. of Sci. Adv Tech.* 1(9) (2011) 151-156. DOI: <http://www.ijstat.com>
- [19] - B. LEGENDRE, *Jatropha curcas* (Tabanani). Note agronomique. Technologies for Human development (2008) 8 p.
- [20] - D. COME, Rôle des facteurs du milieu dans la germination et la survie des semences. In Les problèmes de semences forestières, notamment en Afrique, L.M. Somé, M. de Khan (eds), Backhuys Publishers, Leiden, (1993) 131-142.
- [21] - E. O. C. HYDE, The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa, *Ann. Bot. N.S.*, 18(1954) 241-256.
- [22] - D. COME, Germination. In Croissance et développement. Physiologie Végétale II, P. Mazliak (ed.), Hermann, Paris, (1982) 129-225.
- [23] - M. DOMERGUE et R. PIROT, *Jatropha curcas* L. - Rapport de synthèse bibliographique CIRAD, UPR Agro-Generation - Biomasse Energie - Systèmes de Culture Annuels. Montpellier, Paris. France (2008) 118 p.
- [24] - R. PIROT, H. OLIVIER, Les réalités du *Jatropha curcas* confrontées aux opportunités des mécanismes financiers liés au carbone. (Fantasme, aubaine ou réelle opportunité ?) (2012) 32 pages.
- [25] - R. COIN, Variabilité spatio-temporelle des communautés végétales artificielles sur les ouvrages des aménagements hydroélectriques ; enseignements en vue d'améliorer les techniques de végétalisation, thèse, Grenoble (1992) 192 p.
- [26] - EWART, Proceedings of the Royal Society of Victoria. Melbourne. (1) (1908) 21p.
- [27] - S. DIATTA, Modes de propagation de ligneux fourragers sahéliens : germination et avant-premières de Étapes Croissance de *Maerua crassifolia* Forskau laboratoire, mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, (2002) pp 23.
- [28] - I. SALIFOU, Contribution à la domestication de deux espèces fourragères spontanées: *Alysicarpus ovalifolius* (Schum. et J. Thorn). Léonard et *Maerua crassifolia* Forsk. Doctorat 3è cycle Biologie végétale, Université Abdou Moumouni, Niamey, (2002) pp 124.
- [29] - L. E. AHOTON, F. QUENUM, G. MERGEAI, Evaluation agromorphologique et sélection des meilleures accessions de Pourghère (*Jatropha curcas* L.) introduites au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(4) (2011) 1619-1627. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i4.25>
- [30] - CH. B. GANDONOU, N. R. HOUMBA, L. E. AHOTON, S. DESQUILBET, K. FAKAMBI6, B. DATINON, E. MARSHALL, Evaluation de la levée et de la croissance chez douze accessions de Pourghère (*Jatropha curcas*) au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). <http://www.slire.net> (2012) 7 pages.
- [31] - P. BEERENS, Screw-pressing of *Jatropha* seeds for fuelling purposes in developed countries. MSc dissertation, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, (2007) 63 p.
- [32] - TEWARI, *Jatropha* and biodiesel. New Delhi: Ocean Books Ltd (2007).
- [33] - HPS. MAKAR, K. BECKER, F. SPORER, M. WINK, Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J. Agric. Food Chem.*, 45(8) (1997) 3152-3157. DOI: 10.1021/jf970036j
- [34] - W. M. J. ACHTEN ACHTEN, L. VERCHOT, YJ. FRANKEN, E. MATHIJS, VP. SINGH, R. AERTS, B. MUYS, *Jatropha* bio-diesel production and use: review, *Biomass and Energy*. 32(12) (2008) 1063-1084. DOI: 10.1016/j.biombioe.2008.03.003
- [35] - G. A. TEKLIT, M. B. AFEWORK, Physicochemical Characterization and Phytochemical Screening of *Jatropha Curcas* L. Seed Oil Cultivated in Tigray Ethiopia, *Advances in Biochemistry*. 3(3) (2015) 35-39. Doi : 10.11648/j.ab.20150303.11
- [36] - P. FICKERS, D. JACQUELINE, T. PHILIPPE, Les lipases sont des hydrolases atypiques : principales caractéristiques et applications. *Base*. 2(12) (2008) 119-130. DOI: <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=2307>