

ÉTUDE DE LA SENSIBILITE DE TROIS ACCESSIONS DE *JATROPHA CURCAS* L. EN CONDITION DE STRESS SALIN

Mariama Dalanda DIALLO⁽¹⁾, Bakary DIAITE⁽¹⁾, Ibrahima DIEDHIOU⁽²⁾ & Papa Madiallacké DIEDHIOU⁽¹⁾

Résumé

L'objectif de cette étude était de suivre la tolérance au stress salin de trois accessions de *Jatropha curcas* L. (Burkina, Ouassadou et Bambèye Sérère). L'expérience a été réalisée sur milieu hydroponique avec 3 doses de concentrations de sels : 0 g/l, 8 g/l et 16 g/l. Les données collectées (15 jours après application du stress) ont porté sur le taux de reprise racinaire, la croissance en hauteur et le diamètre au collet, le nombre de feuilles, la biomasse sèche des racines et des parties aériennes. Les analyses statistiques ont été effectuées par l'analyse de la variance (ANOVA) à l'aide du logiciel XLSTAT 2011 (version 13.2). Les résultats obtenus ont montré un effet négatif du gradient croissant de la salinité sur les paramètres étudiés. L'effet du sel s'est traduit par un brunissement des racines, une chute des feuilles et un flétrissement des plants à 16 g/l. Pour toutes les accessions, les paramètres comme le développement racinaire, la croissance en hauteur et du diamètre au collet apparaissent comme les plus affectés par la concentration 16 g/l de sel, mais le développement racinaire reste le plus touché car affectée à partir de la dose 8 g/l de NaCl. Cette étude montre que *Jatropha curcas* peut évoluer en condition de stress salin mais cette tolérance au sel est limitée.

Mots clés : Tolérance, Stress salin, Accessions, *Jatropha curcas*

Abstract

Study of the sensitivity of three *Jatropha curcas* L. accessions in condition of salt stress

The objective of this study was to follow the salt stress tolerance of three *Jatropha curcas* L. accessions (Burkina, Ouassadou and Bambèye Sérère). The experiment was carried out in a hydroponic culture with 3 salt concentration levels: 0 g/l, 8 g/l, 16 g/l. The data collected (15 days after stress application) concerned the rate of root regeneration, the height growth and the diameter at the stump, the number of leaves, the root and aerial dry biomass. Statistical analyzes were performed by ANOVA using XLSTAT 2011 (version 13.2). The results obtained showed a negative effect of the increasing salinity gradient on the studied parameters. The effect of the salt resulted in browning of the roots, leaf fall and wilting of the plants at 16 g/l. The response to the salinity stress also differs between accessions. For all accessions, parameters such as the root development, the height growth and the diameter to the stump appear to be more affected by concentration 16 g/l of salt, but root development factor remains the most affected because affected from the dose 8 g/l of NaCl. This study shows that *Jatropha curcas* can evolve under salt stress conditions but this salt tolerance is limited.

Keywords : Tolerance, Salt stress, Accessions, *Jatropha curcas*

(1) Section Productions Végétales et Agronomie, UFR des Sciences Agronomiques, de l'Aquaculture et des Technologies Alimentaires, Université Gaston-Berger de Saint Louis, Saint-Louis, Sénégal

(2) Département des Productions Végétales, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) de Thiès, Université de Thiès, Thiès, Sénégal

*Auteur correspondant; E-mail : mariama-dalanda.diallo@ugb.edu.sn

1. INTRODUCTION

Le processus de salinisation des terres connaît de nos jours un niveau de progression sans cesse évolutif. Dans le monde, près d'un milliard d'hectares de terre sont affectées par le sel ; soit 7% de la surface de la terre (Jain *et al.*, 1989). Au Sénégal, la salinisation des sols concerne plus de 1,7 millions d'hectares de terre (Biancalaniet *et al.*, 2009). Elle touche pratiquement toutes les régions du Sénégal en particulier les bassins des fleuves Casamance, Gambie, Sine Saloum et delta du fleuve Sénégal (Biancalaniet *et al.*, 2009). Malheureusement, ce phénomène de salinisation des sols constitue une menace grave pour la production végétale dans la mesure où la plupart des plantes voient leur croissance inhibée à cause de la salinité (Skriver et Mundy, 1990 ; Hamrouni *et al.*, 2010). L'utilisation d'espèces tolérantes à la salinité est l'une des alternatives envisageables pour coloniser les milieux salins et lutter contre la perte de terre. *Jatropha curcas*, comme plante adaptée à la sécheresse et aux sols hostiles à la production végétale est l'une des espèces ciblées dans les programmes de récupération et de valorisation des terres salées (Heller, 1996 ; Wahl *et al.*, 2012). Des études ont montré que *Jatropha* a une forte résistance à la sécheresse, se développe bien dans les sols très pauvres et a une faible sensibilité aux attaques de bio-agresseurs (Heller, 1996 ; Francis *et al.*, 2005). De ce fait, des

plantations industrielles ont été installées dans presque toutes les régions tropicales du globe à partir du début des années 2000 et en 2011, la superficie des plantations de *Jatropha* en Afrique est estimée à 95 300 ha (Wahl *et al.*, 2012). *Jatropha* préfère des sols profonds, de texture sableuse, à structure grumeleuse et bien drainants où son système racinaire peut se développer de manière optimale et les sols argileux ne lui conviennent pas (Gour, 2006). Un pH élevé se traduit par un risque de production de petites graines à faible teneur en huile (Wen *et al.*, 2012). Une bonne teneur en carbone organique du sol est favorable à la culture du *Jatropha* car elle favorise les propriétés physiques et la fertilité chimique du substrat. Le *Jatropha* est modérément tolérant à la salinité. Cette dernière peut entraîner, en cas de concentrations élevées, la réduction de la surface foliaire et retarder le développement normal des tiges (Patel *et al.*, 2010). Plusieurs études ont porté sur l'effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* (Patel *et al.*, 2010, Ly *et al.*, 2014) et sur la tolérance de *Jatropha* au stress salin en présence de mycorhizes (Lèyeet *et al.*, 2012).

La présente étude vise principalement à déterminer parmi trois accessions de *Jatropha curcas* soumises au stress, celle qui montre une meilleure tolérance à la salinité. L'objectif visé est d'identifier la provenance la plus performante pour les

programmes de restauration et de valorisation des terres salées.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Le site de l'étude

Cette étude a été conduite dans le département de Productions Végétales de l'École Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) de Thiès (**Figure 1**) située à 4 Km de la ville sur la route de Khombole (Latitude 14° 46' 44.30" N, Longitude 17° 13' 33.65" O, Altitude 19 m).

Le climat de la zone est de type sahélien chaud et sec marqué par une longue saison sèche de novembre à juin et une courte saison pluvieuse de trois mois (juillet à octobre). Les précipitations moyennes annuelles sont peu abondantes d'environ 300 mm/an en moyenne (**Zakari, 2003**). Les températures restent élevées toute l'année et varient entre 19 et 38°C (**Zante, 1983**). On y distingue quatre classes de sols : les sols hydromorphes, les sols minéraux bruts, les sols ferrugineux peu évolués et les sols à sesquioxides (**Zante, 1983**). Leur niveau de fertilité reste faible avec une teneur en matières organiques inférieure à 5% (**Zante, 1983**). La végétation naturelle est composée d'arbres et d'arbustes (*Grewia bicolor* L. (Tiliaceae), *Combretum micranthum* G. Don (Combretaceae), *Calotropis procera*, R. Br. (Asclepiadaceae), *Borassus aethiopicum*, Mart. (Arecaceae), *Faidherbia albida* A. Chev. (Fabaceae), etc.). Les herbacées y sont également représentées et constituées de plantes post culturales telles que *Alysicarpus ovalifolius* Schumacher & Thonn. (Fabaceae), *Pennisetum pedicellatum* Desv. (Poaceae), *Zornia glochidiata* J.F. Gmel. (Fabaceae).

2.2. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était composé de trois accessions de *Jatropha curcas* que sont notamment Ouassadou, Burkina et Bambèye Sérère. Parmi celles-ci, deux sont originaires du Sénégal (Ouassadou et Bambèye Sérère) et la dernière provient du Burkina Faso (Burkina). Les graines des provenances locales ont été obtenues à partir de fruits récoltés entre juin et juillet dans les plantations de l'ENSA. Les graines ont, au préalable, subi un choc dans l'eau bouillante afin de faciliter la germination. Elles ont été, par la suite, trempées dans l'eau du robinet pendant 24 heures puis mises en germination dans des alvéoles. Les plantules issues de la germination des graines, après 2 mois de culture, ont été soumises au stress salin pendant 15 jours.

2.3. Détermination de la dose létale 50 (DL50)

L'étude a commencé par la détermination de la dose létale 50 (DL50) par la méthode de culture hydroponique. Les plantules ont été soumises à différents traitements de NaCl. Pour ce faire, elles ont été mises sur des plaques en polystyrène trouées et adaptées comme couvercles à des bacs en polystyrène contenant 32 l de solution traitée. Il a fallu s'assurer au préalable que les racines ont été en contact avec le substrat liquide. Sept bacs ont été utilisés à cet effet : un bac témoin non traité avec du sel (0g/l) et six bacs stress traités avec du sel à différents niveaux (2 g/l, 4 g/l, 8 g/l, 16 g/l, 32 g/l et 42 g/l). Chaque traitement comptait 4 plants.

2.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental mis en place est en split-plot, randomisé, avec deux facteurs (la provenance des variétés et la salinité). Le facteur salinité est à trois niveaux : le témoin (0g/l) et les deux concentrations (8g/l et 16g/l) retenues après la détermination de la DL50. Chaque traitement a été répété trois fois et comptait 13 plants par répétition : 5 plants pour l'accession Ouassadou et 4 plants pour chacun des deux autres accessions. Les quatre plants sont dus à l'absence de germination de certaines graines des deux autres accessions. Les plants de même provenance étant disposés sur une même ligne. La nutrition minérale des jeunes plants était assurée par un apport de 80ml de solution de macroéléments et 32ml de solutions microéléments dans les alvéoles. Les éléments nutritifs sont vendus dans le marché sous forme solide. La préparation des solutions nutritives consiste à solubiliser les éléments nutritifs dans l'eau suivant le dosage établi pour avoir la concentration adéquate. Ces apports étaient effectués chaque jour pendant toute la durée de l'essai. Les observations ont été effectuées au début de l'essai et à la fin de l'expérimentation.

2.5. Détermination des paramètres de croissance

Les paramètres mesurés ont concerné le taux de reprise racinaire, la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles, les biomasses sèches racinaire et aérienne.

La hauteur et le diamètre au collet ont été respectivement mesurés à l'aide de la règle graduée et du pied à coulisse. Le nombre de feuilles était obtenu par comptage. Les biomasses sèches ont été déterminées après pesage avec une balance de précision après séchage à l'étuve sous une température de 65°C pendant 24 heures. Le taux de reprise racinaire est attribué par appréciation de l'état des racines.

2.6. Analyse des données

Les données numériques issues de l'estimation des paramètres étudiés ont été soumises à des analyses de variance (ANOVA) avec le logiciel XLSTAT 2011 (version 13.2). Le test Fischer LSD au seuil de 5% a été réalisé afin d'identifier le niveau de probabilité de la différence observée entre les moyennes.

La méthode de calcul de la DL50 après traitement des données obtenue s'est aboutie à l'établissement d'une relation mathématique de type :

$$y = 1,26x - 2,60 \quad \text{avec } y : \text{ la concentration de NaCl (g/l), } x : \text{ la conductivité (ms)}$$

Pour un paramètre donné, il a été déterminé sa valeur initiale (Y_0) en remplaçant le x de l'équation par 0. La DL50 pour ce paramètre correspond à la valeur de x trouvée en remplaçant le y de l'équation par $Y_0/2$.

3. RÉSULTATS

3.1. Détermination de la DL50

Les équations des différents graphiques ont été utilisées pour déterminer la DL50. Par conséquent, pour plus de rigueur, il a été considéré comme DL50 le niveau de salinité 16g/l. Les résultats ont montré (**tableau 1**) que la variation n'est pas très significative entre la DL50 des différents paramètres de

croissance (entre 16,23 et 24,48).

Tableau 1 : Valeurs de DL50 obtenues à partir des équations de droites - LD50 values obtained from right-hand equations

Paramètres	DL50
Taux de reprise racinaire	16,23
Hauteur	24,48
Diamètre au collet	23,03
Nombre de feuilles	19,00
Biomasse sèche racinaire	19,56
Biomasse sèche aérienne	19,50

3.2.Effet de la salinité sur l'aspect général des plants

La **figure 2** indique les résultats de l'aspect général des plantules toute provenance confondue en fonction de la concentration de sels. Les résultats ont montré que le stress a été manifeste chez les plants soumis au traitement 16 g/l. L'effet du sel s'est traduit par un brunissement des racines, une chute des feuilles et un flétrissement. Tous ces symptômes varient en fonction de la salinité. Ce stress a abouti à une mortalité élevée des plantules pour le traitement de concentration 16 g/l. Pour ce qui est du traitement 8 g/l, l'effet n'a été perceptible qu'au niveau racinaire. En considérant les parties aériennes, les plants ne semblaient pas subir de stress comparé au témoin (pas de flétrissement, ni chute des feuilles).



8g/l : Bambeye Sérère-Oussadou-Burkina

Fig. 2. Aspect général des plantules suivant la dose de sel utilisée, toute provenance confondue
Fig. 2. General appearance of seedlings according the amount of salt used, any provenance

3.3.Effet de la salinité sur les paramètres de croissance

Les résultats sur la variation des paramètres de croissance des trois accessions de *Jatropha* en fonction des concentrations de NaCl ont été indiqués au niveau des **figures 3 à 6**.

L'analyse de la **figure 3** a révélé que quelle que soit la provenance, la formation de nouvelles racines était élevée chez les individus non stressés, faible chez les plantules traitées à 8 g/l, et nulle chez les plants soumis à un traitement de 16 g/l. A 8 g/l, il y a une différence significative au seuil de 5% entre les accessions et la provenance Ouassadou a enregistré la plus grande croissance (21,6%).

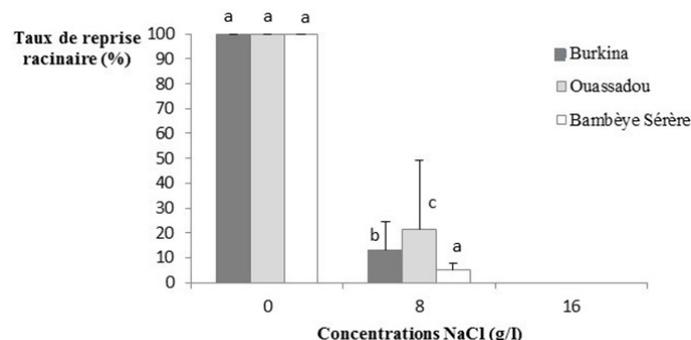


Fig. 3. Variation du taux de reprise racinaire en fonction des concentrations de NaCl. Les barres d'erreur ont été obtenues à partir des écart types. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% du test de Fischer LSD ($P \leq 0,05$; $n=3$)

Fig. 3. Change root recovery rates according NaCl concentrations. Bars represent standard errors and values with the same letter are not significantly different according to the test of Fishers LSD ($P \leq 0.05$; $n=3$)

L'analyse des données relatives aux biomasses sèches racinaire et aérienne (**figure 4**) a montré que ces paramètres diminuent en passant de la concentration de NaCl 8 g/l à 16 g/l. Et cela, pour toutes les provenances. Cependant, cette diminution était moins significative pour l'accession Burkina. Cette dernière ayant, en effet, enregistré des valeurs proches dans les trois concentrations. Quant aux autres accessions, ces paramètres ont significativement diminué en fonction de la valeur des concentrations de sel à 8 g/l et 16 g/l.

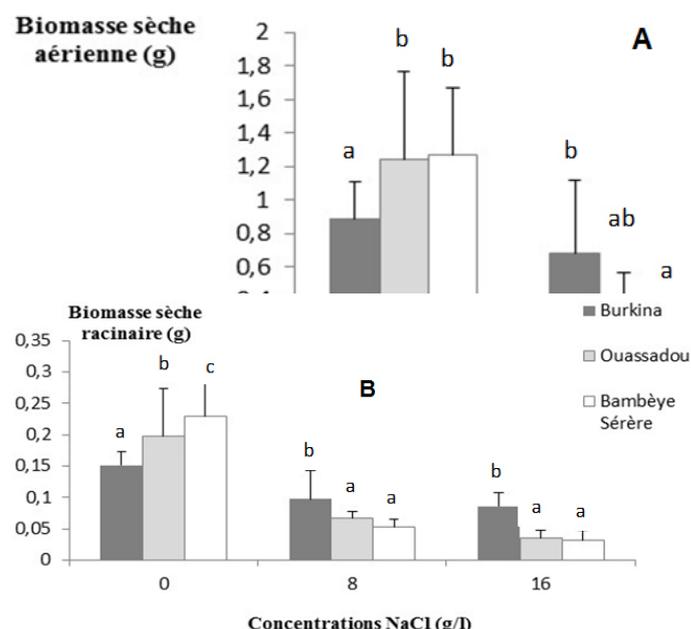


Fig. 4. Variation de la biomasse sèche aérienne (A) et racinaire (B) en fonction des concentrations de NaCl. Les barres d'erreur ont été obtenues à partir des écart types. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% du test de Fischer LSD ($P \leq 0,05$; $n=3$).

Fig. 4. Change in air dry biomass (A) and root (B) according NaCl concentrations. Bars represent standard errors and values with the same letter are not significantly different according to the test of Fishers LSD ($P \leq 0.05$; $n=3$).

La **figure 5** a montré que la concentration de NaCl a un effet négatif sur les paramètres de croissance en hauteur. Cette réduction était très nette pour la provenance Bambèye Sérère quand on passe de 0 g/l à 8 g/l comparée aux autres accessions pour lesquelles les valeurs relevées n'étaient pas éloignées de celles obtenues chez les plants témoins (soit une différence de 0,6 et 0,8 cm respectivement pour Burkina et Ouassadou tandis qu'elle était de 1,46 cm pour Bambèye Sérère).

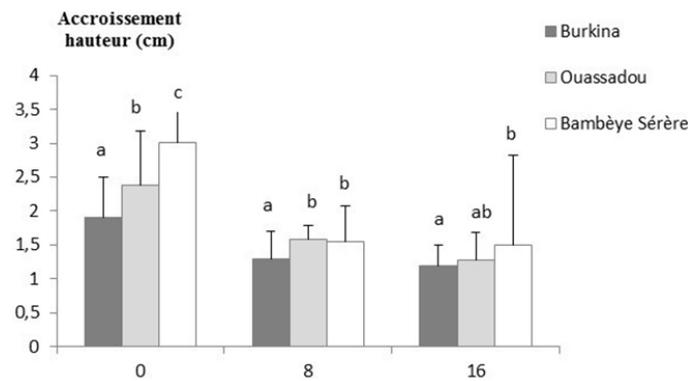


Fig. 5. Variation de l'accroissement relatif à la hauteur suivant les traitements de NaCl. Les barres d'erreur ont été obtenues à partir des écart types. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% du test de Fischer LSD ($P \leq 0,05$; $n=3$).

Fig. 5. Change in the height increase according NaCl treatments. Bars represent standard errors and values with the same letter are not significantly different according to the test of Fishers LSD ($P \leq 0.05$; $n=3$).

L'analyse des données concernant l'accroissement du diamètre au collet et du nombre de feuilles a démontré que le stress salin entraîne une réduction du diamètre au collet et du nombre de feuilles par plant aussi (**figure 6**). Cette réduction était marquée pour toutes les accessions. Les valeurs enregistrées n'étaient pas proches de celles des témoins. L'accroissement des paramètres précités était négatif à partir de 8 g/l pour les provenances Burkina et Bambèye Sérère. Quant à la provenance Ouassadou, l'accroissement était proche de zéro à 8 g/l et nul à 16 g/l.

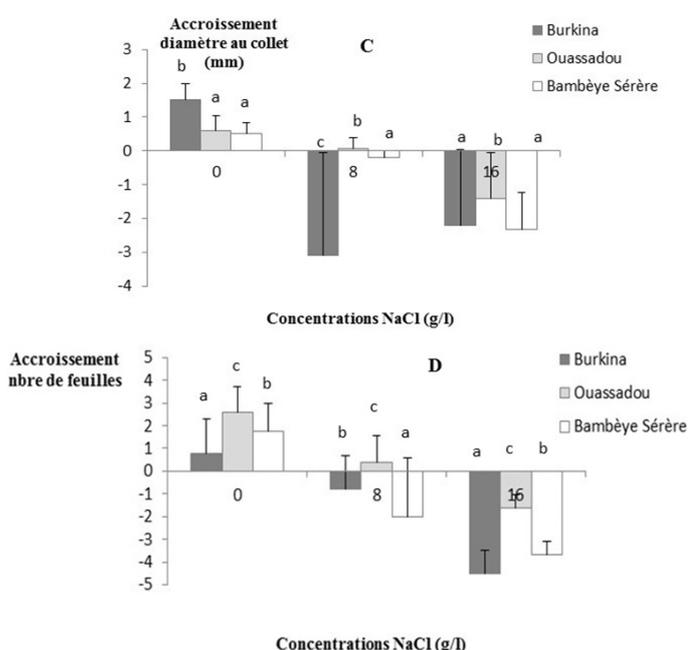


Fig. 6. Variation de l'accroissement relatif au diamètre au collet (C) et du nombre de feuille (D) suivant les traitements. Les barres d'erreur ont été obtenues à partir des écart types. Les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% du test de Fischer LSD ($P \leq 0,05$; $n=3$).

Fig. 6. Variation in growth relative to the collar diameter (C) and the number of leaves (D) according treatments. Bars represent standard errors and values with the same letter are not significantly different according to the test of Fishers LSD ($P \leq 0.05$; $n=3$).

4.DISCUSSION

Les résultats obtenus ont montré que les effets de la salinité sur des plantules de *Jatropha curcas* cultivées sur milieu hydroponique pendant 15 jours varient en fonction du niveau de salinité et selon la provenance. De l'analyse des données relatives à l'aspect général, il apparaît que ce paramètre a été affecté par le stress salin. À 16 g/l, les taux de levée étaient de 50% par rapport aux valeurs obtenues chez les plants non stressés (0%). Les résultats ont montré aussi que la croissance racinaire est affectée à partir de la dose de NaCl 8 g/l. Cet effet serait lié au choc osmotique causé par une accumulation excessive des ions Na^+ et Cl^- dans le substrat. En effet, les racines, à défaut d'absorber l'eau se nécrosent progressivement et perdent ainsi leur capacité de former de nouvelles racines. De plus, il est à noter que cet effet pourrait être provoqué par la toxicité des ions apportés par le sel. Des études portant sur la salinité ont mis en évidence l'action inhibitrice du sel sur le développement du système racinaire. Sur ce, **Suhayda et al. (1992)** rapportent que chez l'orge, une diminution de l'élongation du système racinaire a été observée à des concentrations élevées de NaCl (10 à 20 g/l).

En outre, les résultats ont révélé que les plantules de *Jatropha curcas* répondent au stress salin par une diminution de la croissance en hauteur et du diamètre au collet. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus au Sénégal sur des plantules de *Jatropha par* **Ly et al. (2014)**. Selon ces auteurs, la salinité affecte négativement la croissance en hauteur et du diamètre au collet des provenances Kaffrine et Nioro. Il s'y ajoute que le nombre de feuilles par plant se trouve également réduit par l'accroissement de la salinité. La dépression de ces paramètres (hauteur, diamètre au collet, nombre de feuilles) serait le fait d'un déséquilibre nutritionnel qui se fait au détriment des éléments comme l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Ces propos sont confortés par ceux de **(Munns et al., 2006)** selon qui, le stress salin inhibe l'absorption des éléments nutritifs essentiels comme le P et K. Or la déficience en ces éléments affecte négativement la croissance et le développement des plantes. Toutefois, il paraît intéressant d'insister sur le fait que la réduction du nombre de feuilles, de la croissance en hauteur et du diamètre au collet constituerait une stratégie d'adaptation au stress salin. Elle permet à la plante de réduire les dépenses en énergie et en ressources et donc de contourner le stress. Chez la provenance Burkina par exemple, une réduction significative des accroissements relatifs au nombre de feuilles et au diamètre au collet s'est accompagnée d'un enregistrement de valeurs de biomasses sèches racinaire et aérienne relativement proches de celles obtenues chez les témoins. Ce qui lui confère une meilleure aptitude à résister à la salinité comparée aux autres accessions. D'autre part, l'évaluation des biomasses sèches aérienne et racinaire a permis de déduire que les plantules répondent au stress salin par une diminution de ces paramètres. Des résultats similaires ont été publiés par les auteurs comme **Shahbaz et al. (2010)** qui avancent que la production des biomasses des tiges et des racines est négativement affectée par l'accroissement de la salinité. Ce qui est plausible compte tenu du fait que le stress

entraîne une réduction du nombre de feuilles et du diamètre au collet.

5. CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en exergue quelques comportements de *Jatropha curcas* en condition de stress salin et de comprendre les mécanismes par lesquels cette espèce arrive à tolérer le sel jusqu'à certains niveaux de salinité. Les facteurs évalués ont concerné l'aspect général des plants, les paramètres de biométrie et de rendement (reprise racinaire, la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles, les biomasses sèches racinaire et aérienne). Les résultats rapportés ont montré que tous ces paramètres diminuent avec le gradient croissant de la salinité. Cependant, toutes les provenances étudiées ont exprimé une tolérance au stress salin jusqu'à 8 g/l. La provenance Burkina présente la meilleure tolérance suivie de la provenance Ouassadou. La provenance Bambèye Sérère s'est révélée comme le moins tolérant. Une étude ultérieure plus large sur *Jatropha* serait nécessaire pour identifier d'autres accessions plus intéressantes en termes de tolérance à la salinité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Projet d'Appui à la Promotion des Enseignantes-chercheuses du Sénégal (PAPES) du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche pour les frais de publication. Les auteurs remercient également les relecteurs pour avoir permis d'améliorer la qualité de cet article.

REFERENCES

Francis G., Edinger R. & Becker K.A. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. Nat. Resour. Forum, **29**, 12-24.

Gour V.K. 2006. Production practices including post-harvest management of *Jatropha curcas*. In: Proceedings of the biodiesel conference toward energy independence. Focus of *Jatropha*, June 9-10, Hyderabad, India, pp. 223-251.

Hamrouni L., Hanana M. & Khouja M. L. 2010. Évaluation de la tolérance à la salinité du

myrte (*Myrtus communis*) aux stades germinatif et plantule. Botany, **88**, 893-900.

Heller J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas*L.: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, International Plant Genetic Resource Institute: Gatersleben, Italy, 66 p.

Jain R. K., Paliwal K. & Dixon R. K. 1989. Gjerstad,

Improving productivity of multipurpose trees on substandard soils in India. Journal of Forestry, 38-42.

Biancalani R., Nachtergaele F., Petri M. & Bunning S. 2009. Land Degradation Assessment In Drylands. Methodology and Results. FAO, Rome, Italy, 63 p.

Lèye E. H. M., Diouf, M., Ndiaye F., Diallo B., Diagne H. M. & Diop T. 2012. Effet de la mycorhization et de la salinité sur la croissance, les réponses biochimiques et la productivité de *Jatropha curcas*L., cultivée sous serre. Int. J. Biol. Chem. Sci., pp. 1741-1760.

Ly M. O., Kumar D., Diouf M., Nautiyal S. & Diop T. 2014. Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas*L. cultivés en serre. Int. J. Biol. Chem. Sci., pp. 46-56.

Munns R., James R. A & Lauchli A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot., pp. 1025-1043.

Patel A. D., Panchal N. S., Pandey I. B. & Pandey A. N. 2010. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. An. Biol., **32**, 59-71.

Shahbaz M., Ashraf M., Akram N. A., Hanif A., Hameed S., Joham S. & Rehman R. 2010. Salt-induced modulation in growth, photosynthetic capacity, proline content and ion accumulation in sunflower (*Helianthus annuus*L.). Acta. Physiol. Plant, pp. 639-649.

Skriver K. & Mundy J. 1990. Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress. Plant Cell., **2**, 503-512.

Suhayda C. G., Redman R. E., Harvy B. L. & L. Cipynwk A. 1992. Comparative response of salt cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. Crop. Sci., pp. 154-163.

Wahl N. et al., 2012. *Insights into Jatropha projects worldwide. Key facts & figures from a global survey. Report.* Lüneburg, Germany: Centre for Sustainability Management.

Wen Y. et al., 2012. Influence of climatic factors and soil types on seed weight and oil content of *Jatropha curcas* in Guangxi, China. *Procedia Environ. Sci.*, **12**, 439-444.

Zakari A. H. 2003. Contribution à l'étude des pourritures post-récolte de la banane de la zone de la haute vallée du fleuve Gambie au Sénégal. DEA, ENSA de Thiès, 76 p.

Zante P. 1983. Etude pédologique du domaine de l'institut National du développement rural (Thiès - Sénégal). ORSTOM, Dakar, 129 p.