



Comportement sous serre de *Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium hirsutum* L. et *Jatropha curcas* L. soumis au stress salin.

¹Elhadji FAYE, ¹Souleymane Kinsoum SANE, ¹Awa BA, ²Boubacar CAMARA

¹ Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale, BP 54 Bambey

² Département Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor

Auteur correspondant email : elhadji.faye@uadb.edu.sn

Submitted on 12th March 2021. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th April 2021

<https://doi.org/10.35759/JABs.160.8>

RESUME

Objectif : L'objectif est de contribuer à enrichir la gamme d'espèces végétales utilisables dans la restauration et la valorisation des terres salées.

Méthodologie et résultats : Dans 3 essais indépendants et selon un dispositif complètement aléatoire, des plants de *Casuarina equisetifolia*, *Gossypium hirsutum* et *Jatropha curcas* ont été arrosés avec une solution de NaCl de concentrations variant de 0 à 23,36 g.l⁻¹ et suivis pendant deux mois. Ensuite, ils ont été soumis à un test de toxicité de concentrations 8 fois plus élevées. Les résultats montrent que les concentrations utilisées au début sont moins néfastes pour la croissance et la production de biomasse chez *G. hirsutum* et *C. equisetifolia* que chez *J. curcas*. Elles augmentent la production de litière chez *J. curcas*.

Conclusion et application des résultats : Les résultats obtenus peuvent expliquer qu'entre 46,72 et 186,88 g.l⁻¹, la solution de NaCl fut létale (44 à 100% de mortalité) pour *C. equisetifolia* et *G. hirsutum* mais pas pour *J. curcas* qui n'a enregistré aucune mortalité. Ainsi, jusqu'à une concentration de 23,36 g.l⁻¹, les trois espèces réagissent différemment. De ce fait, il en ressort que *G. hirsutum* et *C. equisetifolia* peuvent être utilisés pour la restauration et la valorisation de superficies de terres salées. Par contre, à partir de 46,72 g.l⁻¹, le choix de *J. curcas* s'impose.

Mots-clés : Salinisation, restauration, *Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium hirsutum* L., *Jatropha curcas* L., valorisation.

ABSTRACT

Objective: To contribute to the range of plant species that can be used in the restoration and reclamation of saline lands.

Methodology and results: In three (3) independent trials and in a completely randomised design, *Casuarina equisetifolia*, *Gossypium hirsutum* and *Jatropha curcas* young plants were sprayed with NaCl solution at concentrations varying from 0 to 23.36 g.l⁻¹ and monitored for two months. Subsequently, these plants were submitted to a toxicity test with concentrations eight times higher. Results show that first two months salt solutions are less harmful for growth and biomass

production of *G. hirsutum* and *C. equisetifolia* than *J. curcas*. They have significant effects on litter production, which increases in *J. curcas*.

Conclusion and application of results: The study results may explain why between 46.72 and 186.88 g l⁻¹ NaCl solution is lethal (44 to 100% mortality) for *C. equisetifolia* and *G. hirsutum* and not for *J. curcas*, which does not record mortality. Thus, up to 23.36 g l⁻¹ NaCl concentration, the three species react differently. Thereby, *G. hirsutum* and *C. equisetifolia* can be used for the restoration and enhancement of salty areas. On the other hand, from 46.72 g.l⁻¹, it is essential to choose *J. curcas*.

Key words: Salinization, restoration, *Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium hirsutum* L., *Jatropha curcas* L., valorisation.

INTRODUCTION

La salinisation des terres est un phénomène par lequel le sol s'enrichit en sels solubles et acquiert le caractère salé. L'accumulation de ces sels dans le profil du sol en quantité suffisante peut affecter ses aptitudes agronomiques en provoquant un stress chez les plantes. La salinité affecte environ 70% des terres du globe (Bahrani et Hagh Joo, 2012) correspondant environ à 800 millions d'hectares (Sangeeta *et al.*, 2011). Cette menace pour l'équilibre alimentaire (Kinet *et al.*, 1998) touche plus particulièrement les zones arides et semi arides des régions tropicales et méditerranéennes (Levigneron *et al.*, 1995 ; Choukr-Allah, 1997 ; Ramoliya et Pandey, 2003 ; Benderradji *et al.*, 2010 ; Djerroudi *et al.*, 2010, Sangeeta *et al.*, 2011 ; Bahrani et Hagh Joo, 2012). En Afrique, la salinisation touche 40 millions d'hectares de terres dont 15 millions directement liés aux facteurs anthropiques (CNCR, 2011). Au Sénégal, environ 1 200 000 hectares de terres seraient affectées par le phénomène de salinisation (Sadio, 1991) soit près de 6% de la superficie totale du pays. Selon LADA (2003), cette superficie serait de 1 700 000 ha. Face à cette contrainte, plusieurs stratégies ont été

développées dans l'optique de restaurer et/ou mettre en valeur les surfaces agricoles affectées par le sel ou d'atténuer les impacts de ce fléau. Ces stratégies consistent à :

- modifier l'environnement pour améliorer les sols et les conditions de vie des plantes par la construction de barrages, de digues, et de diguettes anti-sel ; une telle stratégie est dite **mécanique** ; elle peut être accompagnée par des amendements organiques ou chimiques adéquats ;

- sélectionner des plantes et/ou les modifier génétiquement afin qu'elles puissent s'adapter au fléau et ainsi contribuer à restaurer les terres salées ; cette approche est dite **biologique** ;

- combiner les deux stratégies précédentes pour améliorer l'efficacité des interventions sur ces milieux hostiles. Cette troisième approche est qualifiée de **biomécanique**.

L'objectif de cette étude est de contribuer au développement des stratégies biologique et/ou biomécanique à travers une meilleure connaissance du statut halotolérant des plantes susceptibles d'être utilisées dans l'aménagement et la valorisation des terres salées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal : Le matériel végétal utilisé au cours de l'étude est constitué de jeunes plants de trois espèces élevés en pépinière :

- pour *Gossypium hirsutum* et *Casuarina equisetifolia*, les plants utilisés ont été fournis par le Centre National de Recherches Forestières (CNRF) et étaient âgés de six (6) mois ;

- pour *Jatropha curcas*, les plants utilisés ont été élevés à la serre de Sangalkam avant d'être transférés à la pépinière du CNRF ; ils étaient âgés de quatre (4) mois au démarrage des essais menés dans la serre dudit centre situé à Dakar.

Dispositif expérimental : Trois (3) essais indépendants ont été mis en place selon un dispositif complètement aléatoire. Pour chaque essai, un seul facteur (salinité) à cinq (5) niveaux a été étudié. Chaque essai comporte cinq (5) traitements et chaque traitement a été répété trois (3) fois, soit quinze (15) parcelles

par essai, avec chacune six (6) plants. Au total, quatre-vingt-dix (90) plants (5 x 3 x 6) ont été utilisés pour chacun des essais, soit, un total de 270 plants pour les trois (3) essais. Un tirage aléatoire sans remise a été effectué afin d'affecter à chaque parcelle le traitement qui lui sera appliqué. Cela a été matérialisé par des étiquettes sur les quelles sont indiqués le numéro de parcelle et la concentration de sel à apporter (tableau 1). Les plantes des trois espèces ont été soumises aux différentes concentrations de NaCl comme suit (tableau 1) :

- D0 correspond à une concentration en NaCl de 0 g.l⁻¹, il représente le traitement témoin ;
- D2,92 ; D5,84 ; D11,68 ; D23,36 g.l⁻¹, correspondent aux 4 concentrations de NaCl de 2,92 ; 5,84 ; 11,68 et 23,36 g.l⁻¹.

Tableau 1 : Schéma du dispositif expérimental des trois essais (a) *J. curcas* (b) *G. hirsutum* (c) *C. equisetifolia*

D2,92	D0	D0	D5,84	D11,68	(a)
D11,68	D5,84	D23,36	D0	D23,36	
D23,36	D2,92	D11,68	D2,92	D5,84	

D11,68	D5,84	D23,36	D0	D0	(b)
D2,92	D11,68	D2,92	D5,84	D2,92	
D23,36	D23,37	D5,84	D0	D11,68	

D2,92	D11,68	D5,84	D5,84	D11,68	(c)
D23,36	D0	D5,84	D23,36	D23,36	
D11,68	D0	D2,92	D2,92	D0	

Les trois (3) essais ont été mis en place dans des conditions semi-contrôlées sous serre avec des gaines remplies à plus de 3/5^e d'un substrat constitué d'un mélange de sable de dune (2/3) et de terreau (1/3). La température moyenne de

la serre variait comme suit : 19,83°C le matin, 27,05°C à mi-journée et 25,66°C le soir. Les caractéristiques granulométriques du mélange sont connues depuis Roussel (1995) (tableau 2).

Tableau 2 : Analyse de la composition granulométriques du substrat (m)

Eléments	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
	0-2 μ	2-20 μ	20-50 μ	50-200 μ	>200 μ
Teneur (%)	7	2,4	1	29,2	60,3

Apport d'eau : Pour les besoins en eau, 0,05 l/plant/jour a été utilisé suivant Roussel (1995) pour l'irrigation des plants élevés en pépinière

dans des gaines (tableau 3). Une seringue de 60 ml a été utilisée pour la prise des doses de sels et leur application sur les plants.

Tableau 3 : Besoin en eau (l) des plants en pépinière dans les gaines

Plants	Nombre de litres.jour ⁻¹	Nombre de litres.mois ⁻¹	Nombre de litres.4mois ⁻¹
Pour 1 plant	0,04-0,06	2	8
Pour 270 plants	13,50	405	1620

Conduite des essais : Les doses de sel ont été apportées progressivement afin d'éviter les chocs osmotiques aux jeunes plants. Au début, une concentration de 25 mM correspondant à 1,46 g.l⁻¹ a été utilisée. Cette concentration correspond à un seuil au-delà duquel la plupart des espèces végétales non résistantes au sel ne peuvent pas se développer (Faye, 2003). Cette concentration a été multipliée par deux (2) tous les deux (2) jours jusqu'à atteindre les différentes concentrations souhaitées. Ce dispositif a été suivi durant deux (2) mois, à partir du 12 novembre 2012. À partir du 13 janvier 2013, la moitié des plants a été sacrifiée dans chacun des essais pour des mesures de biomasse racinaire et aérienne. Dans le but de déterminer les seuils de mortalité de ces différentes espèces, les 4 doses utilisées ont été multipliées par 8 (23,36 g.l⁻¹ ; 46,72 g.l⁻¹ ; 93,44 g.l⁻¹ ; 186,88 g.l⁻¹) et appliquées pendant 21 jours sur la moitié non sacrifiée.

RÉSULTATS

Les principaux résultats présentés concernent l'effet des différentes concentrations de sel sur la croissance en diamètre, le nombre de feuilles, la litière, la biomasse et la mortalité des 3 espèces. Les résultats de l'analyse de l'effet de la concentration de sel sur le nombre de feuilles ou rameaux, le diamètre, la hauteur et la litière sont présentés dans le tableau 4. Chez *Jatropha curcas* L., il ressort que la

Mesure des variables : Trois variables de croissance ont été mesurées au début de l'expérience, à un mois et à 2 mois, c'est-à-dire avant les tests de toxicité : hauteur, diamètre au collet et nombre de feuilles.

NB. Pour *C. equisetifolia*, les rameaux dépassant 1 cm de long ont été comptés à la place des feuilles.

La température au niveau de la serre a été suivie matin, midi et soir avec un thermomètre durant toute l'expérience. Deux variables de production ont été mesurées après 72 h de séchage à l'étuve à 70°C avec une balance de précision à 0,1 g : la litière journalière cumulée sur 10 jours par placette ; les biomasses aérienne et racinaire.

Traitement des données : Les données collectées ont été soumises à des analyses de variances et à des tests de comparaison de moyennes avec le logiciel STATISTICA 6.

concentration de sel a des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($p < 0,001$), le diamètre ($p < 0,001$), la hauteur ($p = 0,033$) et la litière ($p < 0,001$). Chez *Gossypium hirsutum* L., la concentration de sel a des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($p = 0,033$) et la chute foliaire ($p < 0,001$). Cependant, la concentration de sel n'a pas d'effets significatifs sur la hauteur et le

diamètre ($p=0,156$ et $0,070$). Chez *Casuarina equisetifolia* L., la concentration de sel a des effets significatifs sur le nombre de rameaux

($P<0,001$) et la hauteur ($P=0,004$). Cependant la concentration n'a pas d'effets significatifs sur le diamètre ($P=0,059$).

Tableau 4 : Récapitulatif de l'analyse de variance sur le nombre de feuilles, le diamètre (D), la hauteur (H) et la litière (L).

Source de variation	DDL	CM				F				P			
		H	D	Fe	L	H	D	Fe	L	H	D	F	L
<i>Jatropha curcas</i>	4	045,20	0,410	0246,80	14,26	2,660	19,93	136,60	13,22	0,033	<0,001	<0,001	<0,001
<i>Gossypium hirsutum</i>	4	315,00	0,020	0069,90	04,85	1,676	02,19	002,66	16,74	0,156	0,070	0,033	<0,001
<i>Casuarina equisetifolia</i>	4	468,62	0,012	2014,90	-	3,958	02,31	008,09	-	0,004	0,059	<0,001	-

NB : DDL=Degrés de liberté, Fe=Feuilles, H=Hauteur, D=Diamètre, CM=Carrés moyens, F=F de Fisher ; P= Probabilité

Effet de la concentration de sel sur le nombre de feuilles : La figure 1 montre une tendance générale à la diminution du nombre de feuilles des 3 espèces à mesure que la concentration de sel augmente. *C. equisetifolia* et *G. hirsutum* présentent au départ plus de feuilles que *J. curcas*. Le nombre de feuilles chez *G. hirsutum* évolue en dents de scie en fonction de la concentration de sel. L'analyse graphique montre deux groupes de moyennes homogènes : Groupe 1 (D0 ; D2,92 ; D11,68 avec $11,33\pm 0,70$ de moyenne) et Groupe 2 (D5,84 et 23,36 avec une moyenne de $9\pm 0,70$). Le nombre de feuilles est plus important au niveau de la concentration D2,92 avec $12\pm 0,70$ feuilles. Chez *C. equisetifolia*, le nombre de

feuilles est plus élevé ($p<0,001$) au niveau des concentrations D0, D2,92, et D5,84 (en moyenne $57,53\pm 2,15$). Toutefois, le nombre de feuilles est moins important au niveau des concentrations D11,68 et D23,36 (en moyenne $46,80\pm 2,15$). Cela consacre deux groupes de moyennes homogènes. Le nombre de feuilles chez *J. curcas* évolue en sens inverse de la concentration de sel ($p<0,001$). Toutes les moyennes sont significativement différentes. Sans sel (D0), le nombre de feuilles atteint $8,26\pm 0,18$ puis décline à partir de D2,92 et D5,84 avec en moyenne $6,27\pm 0,18$ pour atteindre le niveau minimal à D11,68 et D23,36 avec en moyenne $3,40\pm 0,18$.

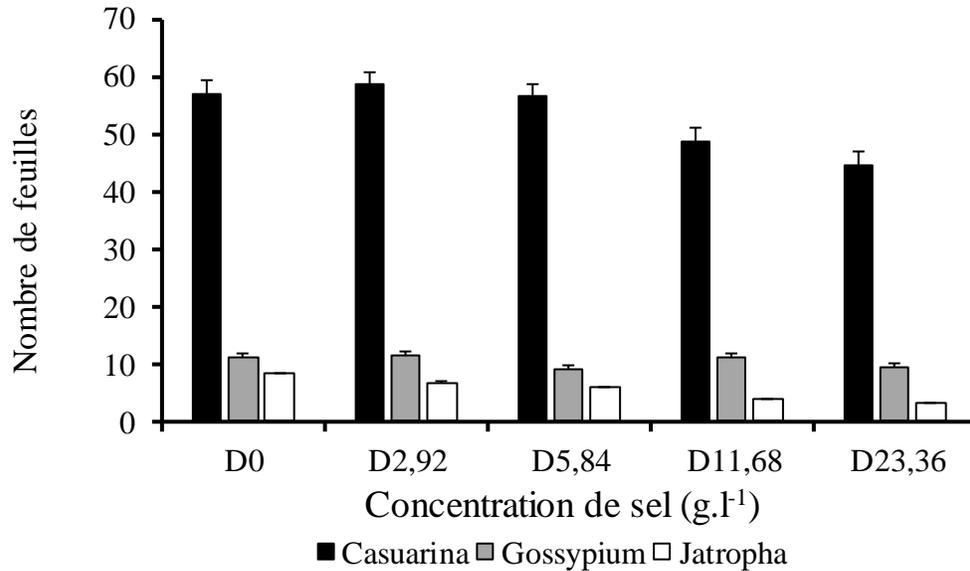


Figure 1 : Évolution du nombre de feuilles en fonction des concentrations de sel

Effet de la concentration de sel sur la hauteur : L'analyse comparée des 3 espèces montre une différence nette de comportement (figure 2). *J. curcas* connaît une baisse continue de hauteur à mesure que la concentration augmente tandis que *G. hirsutum* baisse sauf à D11,86 et D23,36 et *C. equisetifolia* sauf à D5,84 et D23,36. Globalement les plants de *C. equisetifolia* sont plus hauts que tous les autres suivis de ceux de *G. hirsutum*. La figure 2 montre 2 groupes homogènes de moyennes distincts : les hauteurs les plus élevées sont rencontrées au niveau des concentrations D0, D2,92 et D5,84 (en moyenne $46,48 \pm 1,48$ cm) ; par contre, les hauteurs les moins élevées se situent au niveau

des concentrations D11,86 et D23,36 (en moyenne $41,74 \pm 1,48$ cm). L'analyse de variance ne montre aucun effet significatif de la concentration de sel sur la croissance en hauteur de *G. hirsutum* ($p = 0,156$). La hauteur moyenne est $31,83 \pm 1,86$ cm avec un maximum de $35 \pm 1,86$ cm enregistré chez les plants témoins (figure 2). Les hauteurs les plus élevées chez *J. curcas* ont été observées avec les concentrations D0 avec une différence significative comparées aux concentrations D2,92, D5,84, D11,68 et D23,36 qui regroupent les hauteurs les plus basses (figure 2). Deux groupes homogènes se distinguent : le groupe des plants témoins (D0) opposé au groupe formé par tous les autres traitements.

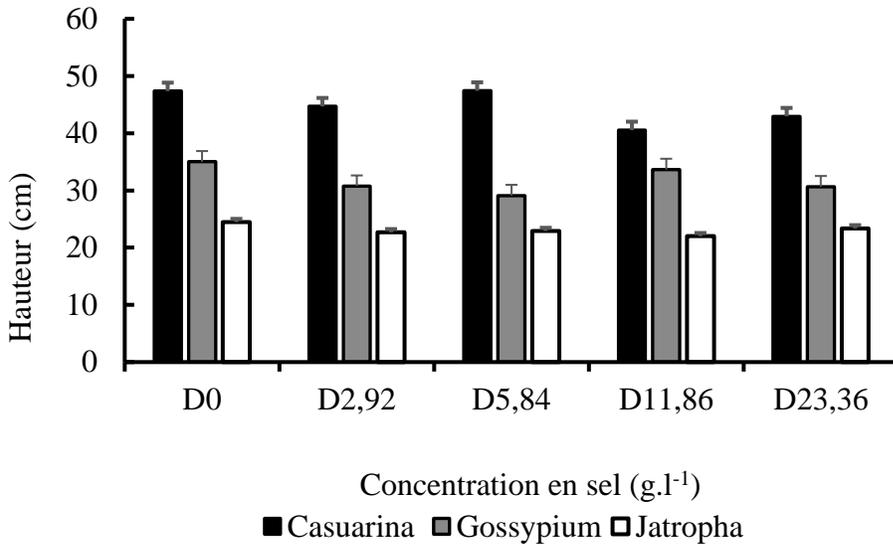


Figure 2 : Évolution de la hauteur en fonction des concentrations de sel

Effet de la concentration de sel sur la croissance en diamètre : La figure 3 montre que le diamètre chez *J. curcas* évolue inversement à la concentration de sel. Toutes les moyennes sont significativement différentes. Sans sel (D0), le diamètre atteint $0,94 \pm 0,02$ cm puis décline rapidement à partir

de D2,92 et D5,84 avec en moyenne $0,83 \pm 0,02$ cm pour atteindre le niveau minimal à D11,68 et D23,36 avec en moyenne $0,75 \pm 0,02$ cm. Les concentrations de sel n'ont aucun effet significatif sur la croissance en diamètre de *G. hirsutum* et *C. equisetifolia*.

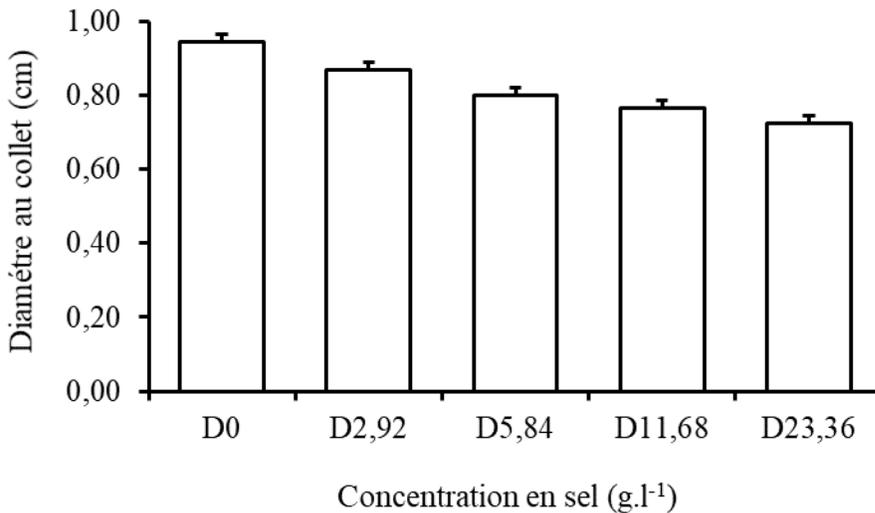


Figure 3 : Évolution du diamètre au collet en fonction des concentrations de sel

Effet de la concentration de sel sur la litière : La concentration de sel a un effet

hautement significatif sur la production de litière ($p < 0,001$) aussi bien chez *Jatropha*

curcas que *Gossypium hirsutum*. Globalement, la chute foliaire augmente avec la concentration de sel chez *J. curcas* qui se divise en deux groupes homogènes de moyennes (figure 4) : D0, D2,92 et D5,84 d'une part, D11,68 et D23,36 d'autre part. La même tendance (figure 4), à des proportions plus faibles, est notée chez *G. hirsutum* sauf qu'à D11,68 la production de litière a

subitement baissé. Quatre groupes homogènes sont ainsi discriminés : le premier est le témoin qui produit très peu de litière (D0 avec $0,29 \pm 0,15$ g), les faibles concentrations (D2,92 et D5,84 avec 1,18 et $1,31 \pm 0,15$ g), la dose D11,68 avec $0,68 \pm 0,15$ g et enfin la dose maximale entraînant une perte foliaire maximale avec $1,95 \pm 0,15$ g.

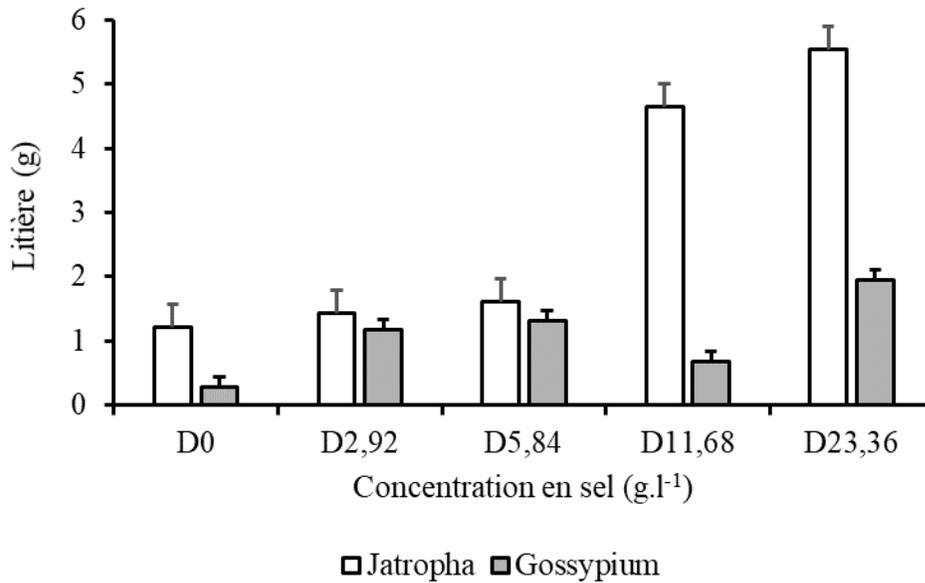


Figure 4 : Évolution de la litière en fonction des concentrations de sel

Des cas de chlorose sont notés chez les deux feuillues (*G. hirsutum* photo 1a et *J. curcas*

photo 1b) et une perte de vigueur chez *C. equisetifolia* (photo 1c).



Photo 1 : Chlorose foliaire chez *G. hirsutum*, *J. curcas* et *C. equisetifolia* soumis au stress salin

Effet de la concentration de sel sur la biomasse : La concentration de sel a aussi des effets significatifs sur la masse racinaire (P=0,013) et la masse aérienne (P<0,001) chez *J. curcas* (tableau 5).

Tableau 5 : Analyse de variance sur la masse aérienne, racinaire et le ratio

Source de variation	DDL	CM	F	P
Masse racinaire	4	2,778	3,647	0,013
Masse aérienne	4	67,17	13,64	<0,001

NB : DDL= Degrés de liberté, CM= Carrés moyens, F=F de Fisher ; P= Probabilité

La biomasse racinaire : La figure 5 montre que les concentrations de sel ont une influence significative sur la masse racinaire (P = 0,013). Elle est plus importante au niveau des concentrations D0 et D2,92 (en moyenne 2,19±0,29g). Cependant, elle est moins importante au niveau des concentrations D5,84, D11,68 et D23,36 (en moyenne 1,23±0,29g).

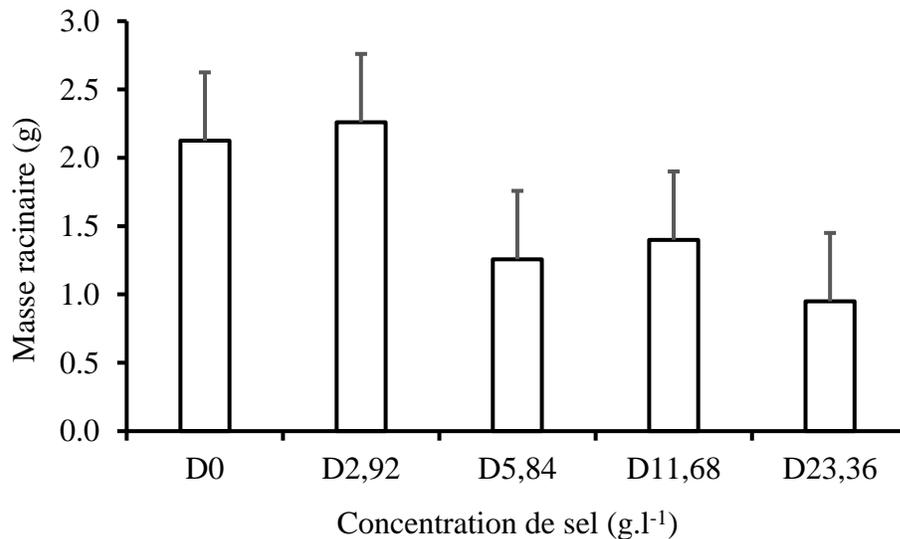


Figure 5 : Évolution de la masse racinaire en fonction des concentrations de sel

La biomasse aérienne : La figure 6 montre une influence des concentrations de sel sur la biomasse aérienne (P< 0,001). Elle est plus importante au niveau des concentrations D0 et D2,92 (en moyenne 6,42±0,74g) et est moins importante à D5,84, D11,68 et D23,36 (en moyenne 1,96±0,74g).

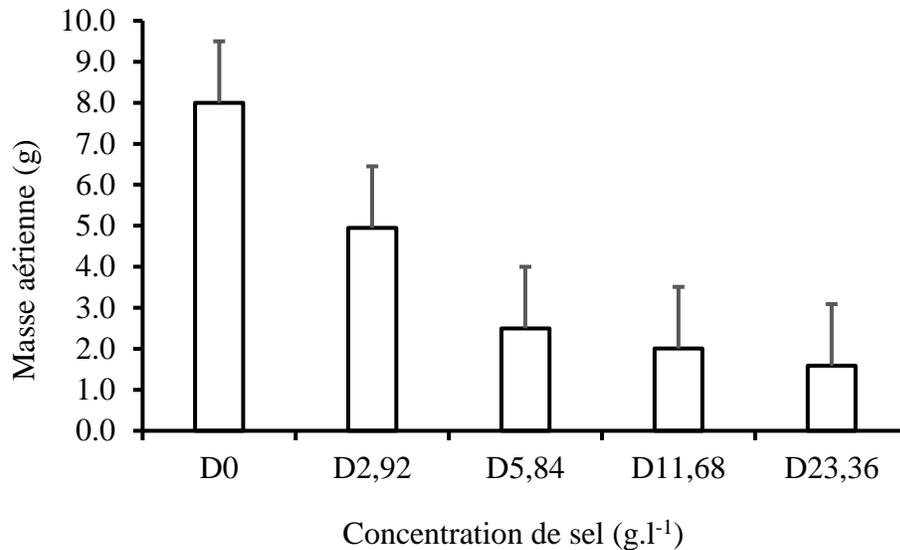


Figure 6 : Évolution de la masse aérienne en fonction des concentrations

Effet de la concentration de sel sur les seuils de mortalités : Le taux de mortalité, analysé au cours des expérimentations, montre que pour les concentrations allant de 0 g.l⁻¹ à 23,36 g.l⁻¹, aucune mortalité n'a été enregistrée chez *J. curcas* et *C. equisetifolia* après 2 mois d'exposition au sel (T1). Cependant, il y a eu 5,55% de mortalité chez *G. hirsutum* pour respectivement les concentrations 11,68 g.l⁻¹ et 23,36 g.l⁻¹ d'où un total de 11,1%. Après 10 jours d'application des doses létales (T2 = T1+10 jours), 100% de mortalité a été enregistrée pour les concentrations 93,44 g.l⁻¹ et 186,88 g.l⁻¹ sur *G. hirsutum* et *C. equisetifolia*. Pour la concentration 46,72 g.l⁻¹,

44,44% et 0% ont été enregistrés pour respectivement *G. hirsutum* et *C. equisetifolia*. Cependant, il n'y a pas eu de mortalité chez *J. curcas*. Après 20 jours d'application des doses létales (T3), 100% de mortalité a été notée pour la concentration 46,72 g.l⁻¹ sur *G. hirsutum* et 66,66% chez *C. equisetifolia*. Pour la concentration 23,36 g.l⁻¹, 44,44% de mortalité sur *G. hirsutum* et 22,22% sur *C. equisetifolia* ont été enregistrés. Par contre, aucun cas de mortalité n'a été enregistré chez *J. curcas*. À souligner que les jeunes plants qui sont morts à cause de la toxicité ont conservé leurs feuilles jusqu'à la récolte.

Tableau 6 : Taux de mortalité (%) des plants en fonction des concentrations de sel apportées

Doses de sel (g.l ⁻¹)	Temps								
	T1			T2			T3		
	Gossypium	Casuarina	Jatropha	Gossypium	Casuarina	Jatropha	Gossypium	Casuarina	Jatropha
0,00	0,00	0,00	0,00						
2,92	0,00	0,00	0,00						
5,84	0,00	0,00	0,00						
11,68	5,55	0,00	0,00						
23,36	5,55	0,00	0,00						
23,36				0,00	0,00	0,00	44,44	22,22	0,00
46,72				44,44	0,00	0,00	100,00	66,66	0,00
93,44				100,00	100,00	0,00	100,00	100,00	0,00
186,88				100,00	100,00	0,00	100,00	100,00	0,00

NB : T1= 2 mois T2= T1+10 jours d'application des doses létales T3= T1+20 jours d'application des doses létales.

DISCUSSION

L'objectif de ce travail était d'étudier le comportement des jeunes plants de 3 espèces (*J. curcas*, *G. hirsutum* et *C. equisetifolia*) en réponse au stress salin à différentes concentrations. Des résultats que nous venons d'analyser, il convient de retenir des faits saillants sur la croissance et la production, la chute foliaire et la mortalité des trois espèces.

Croissance et production : La hauteur a diminué avec le temps chez *J. curcas*, *G. hirsutum* et *C. equisetifolia*, mais cette diminution est fonction de la concentration de sel. Plus la concentration augmente, plus la hauteur diminue. Ces résultats corroborent ceux de beaucoup d'auteurs comme Kramer (1983), Garg et Gupta (1997) et Mer *et al.* (2000) cité par Ramoliya et Pandey (2003) qui affirment que des concentrations élevées de sels ont des effets néfastes sur la croissance des plantes. Bouzid (2010) affirme également que la salinité accrue est accompagnée par une réduction significative de la hauteur des plantes. Cela a été également réitéré par Sangeeta *et al.* (2011) avec la tomate qui voit tous ses grands processus tels que la croissance diminués en condition de stress salin. Cependant, les concentrations de sel n'ont pas eu d'effets significatifs sur la hauteur de *G. hirsutum*. Ce résultat n'est toutefois pas conforme à celui de Dogan *et al.* (2012) selon qui, des concentrations élevées de NaCl ont diminué la longueur de la tige des plants de coton de 7,37cm à 3,20 cm après 30 jours d'exposition au sel. Ce résultat peut se comprendre dans la mesure où Levigneron *et al.* (1995) précisent que la quantité de sel que les plants peuvent supporter sans grands dommages varie en fonction de l'âge, la famille, le genre, l'espèce et aussi les variétés. Cela a été repris par Ramoliya et Pandey (2003) qui ont aussi souligné que les espèces végétales diffèrent dans leur sensibilité ou leur tolérance aux sels. Bolarin *et al.* (1991) et Ghoulam *et al.* (2002) ont également montré que le degré de salinité capable de réduire la

croissance des plantes varie beaucoup avec les espèces et dans une moindre mesure avec les variétés. Les concentrations de sel ont aussi eu un effet hautement significatif sur le diamètre de *J. curcas*. Il évolue en sens contraire des concentrations. Toutefois, elles n'ont pas d'effets significatifs sur les diamètres de *G. hirsutum* et *C. equisetifolia*. En ce qui concerne la production foliaire, les concentrations de sel ont une influence sur toutes les trois (3) espèces. Le nombre de feuilles diminue avec les concentrations de sel. Ce résultat est en phase avec ceux de beaucoup d'auteurs. Selon Bouzid (2010) et Benderradji *et al.* (2010), la réponse immédiate au stress salin est la réduction de la vitesse d'expansion de la surface foliaire. Celle-ci conduit d'ailleurs à l'arrêt de l'expansion avec l'augmentation de la concentration de sel. Cela est confirmé par Patel *et al.* (2010) selon qui l'expansion foliaire est significativement réduite par la concentration croissante de sel dans le sol chez *J. curcas*. D'autres auteurs ont aussi montré que la salinité accrue réduit le nombre de feuilles chez la tomate (Mohammad *et al.*, 1998) et chez le coton (Meloni *et al.*, 2001). Benderradji *et al.* (2010) ont également montré que les concentrations élevées de NaCl ont réduit la croissance des plantes de deux types de blé (tendre et dure), en particulier celle des feuilles. Dogan *et al.* (2012) ont aussi observé les taux de croissance des feuilles diminuer de 88,45% chez *Gossypium hirsutum* L. Ces effets négatifs du sel sur la croissance se traduisent par la diminution de la biomasse aérienne et souterraine chez *Jatropha curcas*. Ce résultat a été confirmé par Samb *et al.* (2020) qui ont montré que la concentration en sel diminue la longueur racinaire et la biomasse aérienne fraîche chez *Anacardium occidentale*.

Litière : Les concentrations de sel ont eu des effets hautement significatifs sur la chute foliaire chez *J. curcas* et *G. hirsutum*. Elle évolue dans le même sens que les concentrations, c'est-à-dire plus la

concentration augmente, plus la chute foliaire est importante. Toutefois, les chutes sont plus importantes à D11,68 et D23,36 chez *J. curcas* et à D11,68 chez *G. hirsutum*. Ces résultats corroborent ceux d'Agastian et al. (2000). Selon eux, à concentration élevée de sel, les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin. Ces propos sont repris par Wahome et al. (2001) qui considèrent qu'à forte salinité, certains symptômes de dommages aux plantes peuvent être reconnues, telles que la nécrose et la brûlure à la pointe de la feuille et la chute dues aux ions Na^+ ou Cl^- .

Mortalité : La mortalité a été suivie à trois temps. A T1 c'est-à-dire durant les deux premiers mois de stress pour des concentrations variant de 0 à 23,36 g.l^{-1} , aucune mortalité n'a été notée chez *J. curcas* et *C. equisetifolia*. Par contre, deux cas de mortalité ont été enregistrés chez *G. hirsutum*, un pour la concentration 11,68 g.l^{-1} et un autre pour 23,36 g.l^{-1} correspondant à 5,55% pour chacune des concentrations. Ce résultat corrobore celui de Faye (2003) et Faye et al. (2014) qui n'a enregistré qu'un seul cas de mortalité (5,6%) sur les jeunes plants de *Atriplex lentiformis* observés durant deux mois pour les mêmes concentrations de NaCl. Quand toutes les concentrations ont été multipliées par huit (8), durant les 10 premiers jours (T2), 100% de mortalité a été enregistré pour les concentrations 93,44 g.l^{-1} et 186,88 g.l^{-1} chez *G. hirsutum* et *C. equisetifolia* et 44,44%

de mortalité chez les plants de *G. hirsutum* à la concentration de 46,72 g.l^{-1} . Quand toutes les concentrations ont été multipliées par 8 et durant 20 jours (T3), les tendances de la mortalité se présentent comme suit : pour la concentration 23,36 g.l^{-1} , 44,44% pour *G. hirsutum* et 22,22% *C. equisetifolia*. Pour la concentration 46,72 g.l^{-1} , 100% pour *G. hirsutum* et 66,66% *C. equisetifolia*. Ces résultats sont conformes avec ceux de plusieurs auteurs. En effet, Donahue et al. (1983) ont montré que des concentrations excessives de NaCl tuent les plantes. Munns (1993) a aussi affirmé que les réponses des plantes à la salinité peuvent varier avec le degré et la durée de la contrainte imposée, ainsi que le stade de développement de la plante. Samb et al. (2020) ont montré une augmentation de la mortalité chez les jeunes plants de *Anacardium occidentale* exposés à des concentrations de sel ne dépassant guère 7,5 g.l^{-1} . Aucun cas de mortalité n'a été enregistré chez *J. curcas* durant tout le test de toxicité même à la concentration maximale (186,88 g.l^{-1}). Les cas de mortalité n'ont été observés qu'à un mois après l'arrêt de l'irrigation. D'une part, cela s'expliquerait par la biologie des *Euphorbiaceae* qui ont une capacité à stocker l'eau dans certains de leurs organes (tige, feuilles, racines, etc.) et qu'ils utilisent durant les périodes défavorables. D'autre part, cela pourrait être lié à l'importante perte des feuilles chez *J. curcas* selon les concentrations en NaCl et/ou l'exclusion du sel depuis le système racinaire.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Jusqu'à une concentration de 23,36 g.l^{-1} , *Casuarina equisetifolia*, *Gossypium hirsutum* et *Jatropha curcas* réagissent différemment au stress salin. *J. curcas* répond par une chute foliaire et une réduction de croissance, *G. hirsutum* par une chute foliaire et hausse de croissance et *C. equisetifolia* par un meilleur maintien des feuilles et du rythme de croissance. L'évolution dans le temps des taux

de mortalité prouve que les trois espèces résistent différemment au stress salin. La concentration 46,72 g.l^{-1} est toxique pour *C. equisetifolia* et *G. hirsutum* avec 66% et 100% de mortalité en 20 jours d'exposition. Par contre, *J. curcas* survit même à 186,88 g.l^{-1} . Il serait indiqué de le tester dans les conditions de salinité extrêmes en milieu réel. Ces trois

espèces peuvent être utilisées dans les stratégies de restauration des sols salés.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Programme d'Appui à l'Enseignement Supérieur de l'UEMOA ainsi que le Centre National de Recherches Forestières de l'Institut Sénégalais de

Recherches Agricoles du Sénégal. Nous remercions les collègues Dr Mamoudou Abdoul Touré et Pr Daouda Ngom pour leurs contributions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agastian P., Kingsley S.J., Vivekanandan M. 2000.- Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38: 287-290.
- Bahrani A. and Hagh Joo M., 2012.- Response of Some Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes to Salinity at Germination and Early Seedling Growth Stages. *World Applied Sciences Journal*, 16 (4) : 599-609.
- Benderradji L., Bouzerzour H., Kellou K., Ykhlef N., Brini F., Masmoudi K., Djekoun A., 2010.- Étude des mécanismes de tolérance à la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à un stress salin. *Sciences & Technologie*, 32: 23-30.
- Bolarin M.C., Fernandez F.G., Cruz V. and Cuartero J., 1991.- Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield salinity response curves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 116: 285-290.
- Bouzi S., 2010.- Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de master : <http://bu.umc.edu.dz/theses/biologie/BOU5611.pdf> le 28/11/2012.
- Choukr-Allah R., 1997.- The potential of salt-tolerant plants for utilisation of saline water. *Options Méditerranéennes*, N° 34.
- CNCR., 2011.- La salinisation au Sénégal : une menace pour la sécurité alimentaire. <http://www.cncr.org/spip.php?article403> le 05/01/2013
- Djerroudi Z. O. Belkhodja M., Bissati S. and Hadjadj S., 2010.- Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline Chez Deux Espèces de *Atriplex Halimus* L. et *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt., *European Journal of Scientific Research*, 41 (2) : 249-260.
- Dogan I., Kekec G., Ozyigit I.I., et Sakcali M. S., 2012.- Salinity induced changes in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Pak. J. Bot.*, 44: 21-25.
- Donahue R. L., Miller R. W., Shickluna J.C., 1983.- Soil : an introduction to soil and plant growth. *Printice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey*, 667 pp.
- Faye E., 2003.- Réponses au stress salin de jeunes plants de *Atriplex lentiformis* S. Wats. Calif. Biologiquement améliorés, 30p.
- Faye E., Camara M., Touré M. A., 2014.- Évaluation et amélioration du comportement de *Atriplex lentiformis* (Torr.) S. Watson en milieux salés au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(4) : 1697-1709.
- Garg B.K., Gupta I.C., 1997.- Saline Wastelands Environment and Plant Growth. *Scientific Publishers*, Jodhpur, India, 287 pp.

- Ghoulam C., Foursy A., and Fares K. 2002.- Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.*, 47: 39-5
- Kramer P.J., 1983.- Water Relations of plants. *Academic press, New York*, 489 pp.
- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F., 1995.-Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*, 4 : 263-273.
- Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A., 2001.- Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr.*, 24 : 599-612.
- Mohammad M., Shibli R., Ajouni M., Nimri L. 1998.- Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.* 21 : 1667-1680.
- Munns R., 1993.- Physiological processes limiting plant growth in saline soils : some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment*, 16: 15-24.
- 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. *Annales de Biologie*, 32: 59-71.
- Ramoliya P.J., Pandey A.N., 2003.- Effect of salinization of soil on emergence, growth and survival of seeding of *Cordia rothii*. *Forest ecology and management*, 176: 185-194.
- Roussel J., 1995.- Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale et sèche ISRA-PF, 435 p.
- Sadio S., 1991.- Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine Saloum, Sénégal. ORSTOM, Bondy, France, 269 p.
- Samb C. O., Wade D., Faye E. et Diaw M. M., 2020.- Effet du stress salin sur la croissance de quatre provenances d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) en milieu semi contrôlé », *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 20 numéro 2 | octobre 2020, mis en ligne le 05 octobre 2020, consulté le 14 novembre 2020. URL:<http://journals.openedition.org/vertigo/28462>;DOI:<https://doi.org/10.4000/vertigo.28462>
- Sangeeta Y., Mohd I., Aqil A., Shamsul H., 2011.- Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. *J. Environ. Biol*, 32: 667-685.
- Wahome, P.K., Jesch H.H. and Grittner I., 2001. Mechanisms of salt stress tolerance in two rootstocks: *Rosa chinensis* 'Major' and *R. rubiginosa*. *Sci. Hort.*, 87: 207-216.