



Etude sous serre du comportement de *Gossypium hirsutum* L. face au stress salin (Sénégal)

Boubacar CAMARA^{1,2,3}, Elhadji FAYE^{1*}, Mamoudou Abdoul TOURE² et
Daouda NGOM³

¹Université de Thiès, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale, BP 54 Bambey, Sénégal.

²Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre National de Recherches Forestières,
BP 2312 Dakar Hamm, Sénégal.

³Université Assane SECK de Ziguinchor, Laboratoire d'Agroforesterie et d'Écologie (LAFE),
Département d'Agroforesterie, Sénégal.

*Auteur correspondant, E-mail : elhadji.faye@univ-thies.sn ; hadjfaye@yahoo.fr

RESUME

Les sols salés occupent depuis 2003 une superficie de 1 700 000 ha au Sénégal. Des stratégies mécaniques, biologiques puis biomécaniques ont été testées pour leur récupération et valorisation. L'objectif de cette étude est de contribuer à l'élargissement de la gamme d'espèces utilisables dans la stratégie biologique ou biomécanique de récupération et de valorisation des superficies affectées par le sel. Le comportement de *Gossypium hirsutum* L. face au stress salin a été ainsi étudié dans un dispositif complètement aléatoire sous serre. Des jeunes plants de *G. hirsutum* L. ont été arrosés avec une solution de NaCl pur à des concentrations variant de 0 à 23,36 g.l⁻¹ et suivis pendant deux mois. Par la suite, les plants ont été soumis à un test de toxicité avec des concentrations huit fois plus élevées que les premières. Les résultats obtenus montrent que les concentrations utilisées durant les deux premiers mois ne sont pas néfastes pour la croissance de *G. hirsutum* L. Cependant, la concentration 46,72 g.l⁻¹ NaCl est létale pour *G. hirsutum* L. Jusqu'à une concentration de 23,36 g.l⁻¹, *G. hirsutum* résiste bien au stress, il pourrait donc être testé pour la récupération et la valorisation biologiques ou biomécaniques des sols salés.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Sénégal, salinité, *Gossypium hirsutum* L., récupération, 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 ainsi

un stress chez les plantes. Elle affecte environ 70% des terres du globe (Bahrani et Hagh Joo, 2012) correspondant environ à 800 millions d'hectares (Sangeeta et al., 2011). Ce problème qui est une menace pour l'équilibre alimentaire touche plus particulièrement les zones arides et semi arides des régions

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.23>

tropicales et méditerranéennes (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 soit près de 6% de la superficie totale du pays. Selon LADA (2003) cette superficie serait passée à 1 700 000 ha.

Face à cette contrainte, plusieurs stratégies ont été développées dans l'optique de récupérer et/ou de 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, de diguettes anti-sel, ou agir sur le sol en modifiant sa texture par l'amélioration des techniques culturales ou en modifiant le statut chimique par des amendements chimiques adéquats, une telle stratégie est dite mécanique, physique ou chimique ; sélectionner des plantes et/ou les modifier génétiquement afin qu'elles puissent s'adapter aux conditions de ces zones, cette approche dite biologique consiste à la sélection d'espèces végétales tolérantes au sel, économiquement et socialement acceptables par les populations ; combiner les deux stratégies précédentes pour améliorer l'efficacité des interventions sur ces milieux hostiles, cette troisième approche qui peut être qualifiée d'hybride est connue sous le vocable de biomécanique (Faye, 2003).

L'objectif de cette étude sur *Gossypium hirsutum* L. est de contribuer à une meilleure connaissance du statut halotolérant des plantes

susceptibles d'être utilisées dans la valorisation des terres salées.

MATERIEL ET METHODES

Conduite de l'essai

Le matériel végétal utilisé était constitué de plants de *Gossypium hirsutum* L. élevés en pépinière et fournis par le Centre National de Recherches Forestières (CNRF). L'essai a été mis en place selon un dispositif complètement aléatoire à un seul facteur (concentration de sel) et à cinq niveaux au départ. Le nombre de répétitions a été de trois (3). Au total 15 parcelles élémentaires de six (6) plants chacune ont été utilisées soit, 90 plants (5 traitements x 3 répétitions x 6 plants). 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 ont été indiquées le numéro de parcelle et la concentration de sel à apporter (Tableau 1).

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 dernière correspond à un seuil au delà duquel la plupart des espèces végétales non résistantes au sel ne peuvent pas se développer (Faye, 2003). Elle a été multipliée par deux tous les deux jours jusqu'à atteindre les différentes concentrations souhaitées (Photo 1). Ce dispositif a été suivi durant deux mois.

Dans le but de déterminer le taux de mortalité, une application de concentrations létales a été effectuée sur la moitié non sacrifiée des plants durant 21 jours. Cette dernière a consisté à multiplier par huit (8) chacune des concentrations utilisées. Les concentrations suivantes ont été utilisées :

- 0 g.l⁻¹ sur les parcelles qui recevaient 0 g.l⁻¹;
- 23,36 g.l⁻¹ au niveau des parcelles qui recevaient 2,92 g.l⁻¹;
- 46,72 g.l⁻¹ au niveau des parcelles qui recevaient 5,84 g.l⁻¹;
- 93,44 g.l⁻¹ au niveau des parcelles qui recevaient 11,68 g.l⁻¹;
- 186,88 g.l⁻¹ au niveau des parcelles qui recevaient 23,36 g.l⁻¹.

L'essai a été mis en place en serre dans des conditions semi-contrôlées. La température moyenne a varié comme suit : 19,83 °C le matin, 27,05 °C en mi-journée et 25,66 °C le soir. Des gaines de petit format (25 x 8 cm) ont été utilisées. Elles ont été remplies jusqu'à plus de 3/5 d'un substrat constitué d'un mélange de sable de dune (2/3) et de terreau (1/3). Les caractéristiques granulométriques de ce mélange ont été déterminées par Roussel (1995) (Tableau 2).

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.

Mesure des variables

Plusieurs variables de croissance et de développement ont été mesurées parmi lesquelles (i) la hauteur des plants mesurée avec un ruban métrique, (ii) le diamètre au collet des plants mesuré à l'aide d'un pied à coulisse et (iii) le nombre de feuilles par plants compté manuellement. Les mesures ont été effectuées trois fois : au début de l'expérience (T1), à un mois (T2) et à la fin de la première partie (T3 = 2 mois), c'est-à-dire avant les tests de toxicité. La quantité de litière par parcelle a été estimée, le ramassage se faisait chaque jour. Les feuilles étaient ensuite séchées à l'étuve à une température de 70 °C pendant 72 heures. Les pesées se faisaient tous les dix jours avec une balance électronique de précision 0,01 g jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Ces données ont été cumulées pour avoir la litière à T1, T2, T3 et T4 (T4=81 jours correspondant à la phase d'application des doses létales).

Analyses statistiques

Les données obtenues ont été soumises à des analyses de variances réalisées avec le logiciel STATISCA 6 version 2003. On considère que les résultats sont significatifs quand $p \leq 0,05$ et hautement significatifs quand $p < 0,01$.

Tableau 1 : Schéma du dispositif complètement aléatoire (DCA) (distribution des traitements aux 15 parcelles expérimentales).

D11,68	D5,84	D23,36	D0	D0
D2,92	D11,68	D2,92	D5,84	D2,92
D23,36	D23,36	D5,84	D0	D11,68

D0 correspond à une concentration en NaCl de 0 g.l⁻¹(Témoin) ;

- D2,92 correspond à une concentration en NaCl de 2,92 g.l⁻¹ ;
- D5,84 correspond à une concentration en NaCl de 5,84 g.l⁻¹ ;
- D11,68 correspond à une concentration en NaCl de 11,68 g.l⁻¹ ;
- D23,36 correspond à une concentration en NaCl de 23,36 g.l⁻¹.

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	50-500 μ	>200 μ
Teneur	7	2,4	1	29,2	60,3

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

RESULTATS

Les principaux résultats présentés concernent l'effet des différentes concentrations de sel sur la croissance en diamètre, le nombre de feuilles, la chute foliaire et la mortalité de *G. 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, elle n'a pas eu d'effet significatif sur la hauteur et le diamètre ($p=0,156$ et $0,070$). Quant au temps, il a des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($p<0,001$), la hauteur ($p=0,005$), le diamètre ($p<0,001$) et la chute foliaire ($p=0,013$; Tableau 4).

Effet de la concentration de sel et du temps sur le nombre de feuilles

L'analyse de la Figure 1 montre que la concentration de sel a des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($P= 0,033$). En effet, le nombre de feuilles a été plus important au niveau des concentrations D0, D2,92 et D11,68 (en moyenne $11,22 \pm 0,70$).

Cependant, il a été moins important à D5,84 et D23,36 (en moyenne $9,17 \pm 0,70$).

Effet de la concentration de sel et du temps sur la chute foliaire

La Figure 2 montre une influence significative de la concentration et du temps sur la chute foliaire de *G. hirsutum* L. ($P = 0,025$). A T1 la chute foliaire a été plus importante au niveau des concentrations D2,92 et D5,84 (en moyenne $1,15 \pm 0,20$ g). Elle a été plus faible au niveau des concentrations D0, D11,68 et D23,36 (en moyenne $0,48 \pm 0,20$ g). A T2, elle a été significativement plus élevée à la concentration D23,36 ($1,10 \pm 0,20$ g) tandis qu'elle a été très faible au niveau des concentrations D0, D2,92, D5,84 et D11,68 (en moyenne $0,03 \pm 0,20$ g). Cela reste valable pour T3 (en moyenne $0,13 \pm 0,20$ g) et T4 (en moyenne $0,05 \pm 0,20$ g) pour lesquels D23,36 a enregistré $0,67 \pm 0,20$ g. Cependant, la comparaison entre concentrations montre que la chute a été plus importante à D23,36 et que la différence n'a pas été significative entre les autres concentrations hormis le temps T1.

Effet du temps sur la hauteur

La Figure 3 montre une influence significative du temps sur la croissance en hauteur de *G. hirsutum* L. ($P=0,005$). En effet la hauteur la plus importante a été observée à T3 et T2 (en moyenne $33,37 \pm 1,45$ cm) et plus faible à T1 ($28,78 \pm 1,45$ cm).

Effet du temps sur le diamètre

La Figure 4 montre une augmentation hautement significative du diamètre en fonction du Temps ($P<0,001$). Les diamètres les moins élevés ont été observés à T1 ($0,24 \pm 0,01$ cm). Cependant, les diamètres les plus élevés ont été enregistrés à T2 et T3 (en moyenne $0,40 \pm 0,01$ cm).

Effet du temps sur le nombre de feuille

La Figure 5 montre une augmentation du nombre de feuilles au cours du temps ($P<0,001$). Le nombre de feuilles le moins élevé a été observé à T1 ($8,80 \pm 0,55$). Cependant, le nombre de feuilles a été plus élevé à T3 ($11,97 \pm 0,55$). La Figure 5 montre également que la différence n'a pas été significative entre T2 et T3 (en moyenne $11,2 \pm 0,55$) de même qu'entre T1 et T2 (en moyenne $9,62 \pm 0,55$).

Effet du temps sur la quantité de litière

La Figure 6 montre que la litière diminue au cours du temps ($P<0,001$). Cette diminution a été plus importante à T1 ($0,75 \pm 0,09$ g) avec une différence hautement significative comparée aux autres temps. Cependant, la litière a été moins importante à T4 ($0,17 \pm 0,09$ g). La Figure 6 montre également qu'il n'y a pas de différence significative entre T2, T3, et T4 (en moyenne $0,22 \pm 0,09$ g).

Effet de la concentration de sel sur la mortalité

La mortalité a été de 5,55% pour les concentrations $11,68 \text{ g.l}^{-1}$ et $23,36 \text{ g.l}^{-1}$. A T2, 100% de mortalité a été enregistrée pour les concentrations $93,44 \text{ g.l}^{-1}$ et $186,88 \text{ g.l}^{-1}$. Pour la concentration $46,72 \text{ g.l}^{-1}$, 44,44% et 0% de mortalité ont été enregistrée. A T3, il y'a eu 100% de mortalité pour la concentration $46,72 \text{ g.l}^{-1}$ contre 44,44% pour la concentration $23,36 \text{ g.l}^{-1}$. Il est à souligner que les jeunes plants qui sont morts à cause de la toxicité ont conservé leurs feuilles jusqu'à la récolte

Tableau 4 : Analyse de variance sur le nombre de feuilles (Fe), le diamètre (D), la hauteur (H) et la litière (L).

Source de variatio	SC				DDL		CM				F				P			
	Fe	H	D	L	L	Fe H D	Fe	H	D	L	Fe	H	D	L	Fe	H	D	L
Sel	279,8	1261	0,08	19,4	4	4	69,90	315,00	0,02	4,85	2,66	1,68	2,19	16,74	0,033	0,156	0,070	<0,001
Temps	446,3	2073	1,45	3,6	3	2	223,10	1037,00	0,73	1,19	8,50	5,51	84,72	4,10	<0,001	0,005	<0,001	0,013
Sel * Temps	308,2	1869	0,02	6,6	12	8	38,50	234,00	0,00	0,55	1,47	1,24	0,25	1,90	0,17	0,275	0,981	0,064

- SC = Somme des Carrés ; DDL = Degré de liberté ; CM = Carrés moyens ;
- F = Valeur F de Fisher ; P = Probabilité d'erreur.

Tableau 5 : Taux de mortalité (%) des plants en fonction des concentrations de sel apportées et du temps.

Doses de sel (g.l ⁻¹)	temps		
	T1	T2	T3
0	0		
2.92	0		
5.85	0		
11.68	5.55		
23.36	5.55		
23.36		0	44.44
46.72		44.44	100
93.44		100	100
186.88		100	100

T1= Deux (2) mois T2= +Dix (10) jours d'application des doses létales T3= +Vingt (20) jours d'application des doses létales.

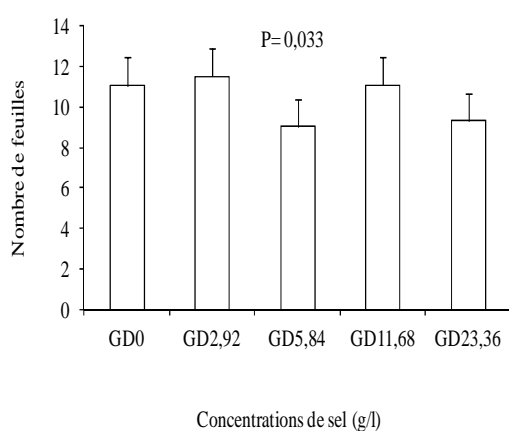


Figure 1 : Evolution du nombre de feuilles en fonction des concentrations de sel.

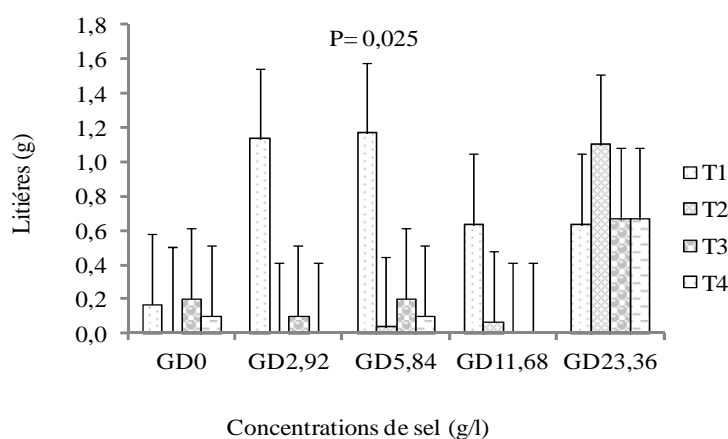


Figure 2 : Evolution de la chute foliaire en fonction des Concentrations et du temps. Pour les litières, chaque T correspond à la date de pesée d'où T4 correspond à la dernière avant l'application de la dose toxique.

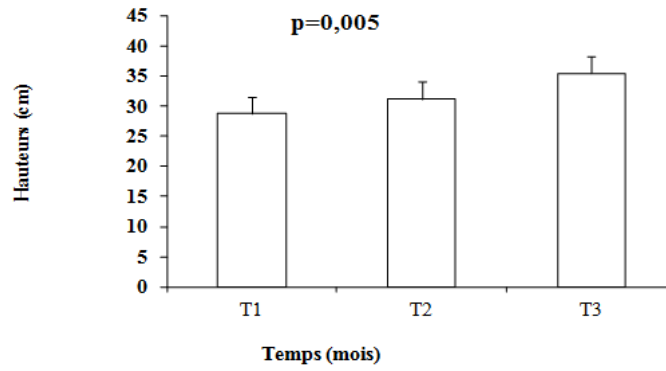


Figure 3 : Evolution de la hauteur en fonction du temps. p= probabilité, T1= début, T2= 1 mois, T3= 2 mois.

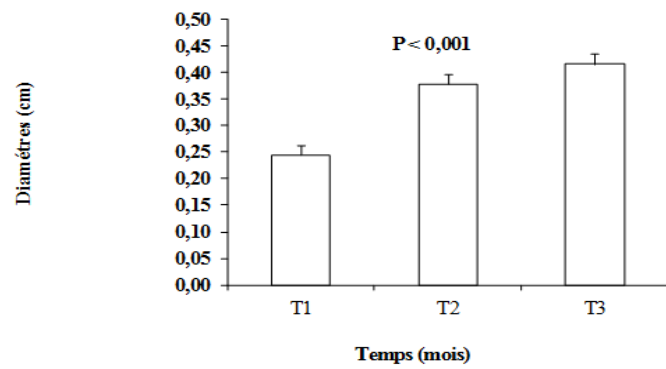


Figure 4 : Evolution du diamètre en fonction du temps. p= probabilité, T1= début, T2= 1 mois, T3= 2 mois.

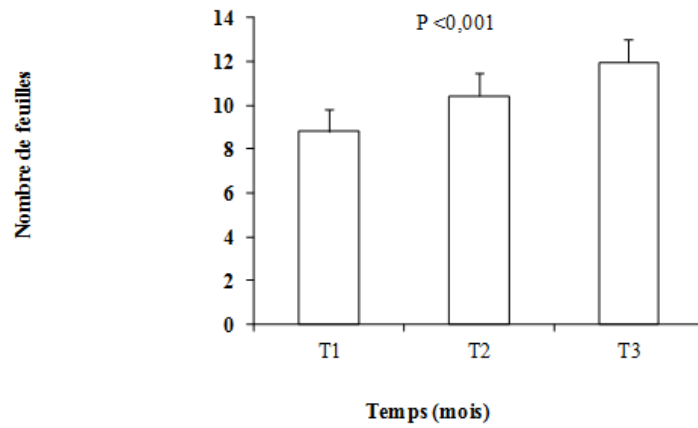


Figure 5 : Evolution du nombre de feuilles en fonction du temps. p= probabilité, T1= début, T2= 1 mois, T3= 2 mois.

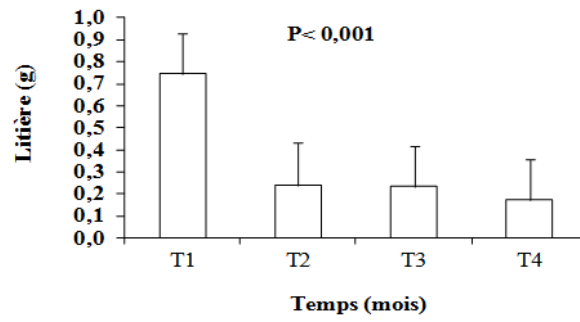


Figure 6 : Evolution de la quantité de litière en fonction du temps.



Photo 1: Plants de *Gossypium hirsutum* L. ayant reçu la dose 23.36 g.l⁻¹ pendant deux mois.



Photo 2: Plants de *Gossypium hirsutum* L. au dixième jour d'application de la dose létale (46,72 g.l⁻¹).

DISCUSSION

Croissance et production

La hauteur, le diamètre et le nombre de feuilles ont augmenté avec le temps chez *G. hirsutum* L. Ce résultat n'est pas conforme à celui de plusieurs auteurs. On peut citer Dogan et al. (2012) selon qui, des concentrations élevées de NaCl ont diminué la longueur de la tige des plants de coton de 7,37 cm à 3,20 cm après 30 jours d'exposition au sel. 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 diminuée en condition de stress salin. Ce résultat peut s'expliquer par le fait 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. Selon Ghoulam et al. (2002), le degré de salinité capable de réduire la croissance des plantes varie beaucoup avec les espèces et dans une moindre mesure avec les variétés.

En ce qui concerne la production foliaire, les concentrations de sel ont eu une influence sur *G. hirsutum* L. Le nombre de feuilles a diminué à mesure que les concentrations de sel augmentaient. Ce résultat est en phase avec ceux de beaucoup d'auteurs. Dogan et al. (2012) ont aussi observé des taux de croissance des feuilles diminués de 88,45 % chez *Gossypium hirsutum* L. 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 qui 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 était 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 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 les feuilles, avec un effet plus prononcé sur le génotype le plus sensible.

Litière

Les concentrations de sel ont eu des effets hautement significatifs sur la chute foliaire chez *G. hirsutum* L. Elle évolue dans le même sens que les concentrations, c'est-à-dire que plus la concentration augmente plus la chute foliaire est importante. Toutefois ces chutes sont plus importantes à D11,68 chez *G. hirsutum* L. Ces résultats corroborent ceux de 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 à T1 c'est-à-dire durant deux mois de stress pour des concentrations variant de 0 à 23,36 g.l^{-1} , 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% de mortalité pour chacune des concentrations. Ce résultat corrobore celui de Faye (2003) et Faye et al. (2014) qui n'ont 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. A T2, c'est-à-dire quand toutes les concentrations ont été multipliées par huit (8), durant les dix (10) premiers jours, 100% de mortalité a été enregistré pour les concentrations 93,44 g.l^{-1} et 186,88 g.l^{-1} chez *G. hirsutum* L. Durant ces dix jours la concentration 46,72 g.l^{-1} a entraîné 44,44% des plants de *G. hirsutum* L. A T3, c'est-à-dire vingt jours durant, les tendances

de la mortalité se présentent comme suit : pour la concentration 23,36 g.l^{-1} , 44,44% de mortalité contre 100% pour la concentration 46,72 g.l^{-1} . Munns (1993) a 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.

Conclusion

L'augmentation de la concentration de NaCl jusqu'à 23,36 g.l^{-1} , n'est pas néfaste à *G. hirsutum* L car ses paramètres de croissance ont augmenté dans le temps. *G. hirsutum* L a aussi connu des chutes foliaires néanmoins, elle est parvenue à boucler son cycle végétatif. La concentration 46,72 g.l^{-1} est toxique pour *G. hirsutum* L. car un important taux de mortalité a été enregistré à seulement vingt jours.

Il serait intéressant dans les recherches futures de faire des analyses biochimiques approfondies sur le substrat pour savoir sa teneur réel en sel et sur les différents compartiments des plantes pour savoir exactement où est stocké le sel afin de déceler les mécanismes d'adaptations et ensuite envisager la même expérience en milieu réel.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'UEMOA/PAES pour le financement des activités de recherches ayant abouti à cette publication.

REFERENCES

- Agastian P, Kingsley SJ, Vivekanandan M. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, **38**: 287-290.
- Bahrani A, 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. Etude 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.
- Bouزيد 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.
- CNCR. 2011- la salinisation au Sénégal: une menace pour la sécurité alimentaire. <http://www.cncr.org/spip.php?article 403> le 05/01/2013
- Djerroudi ZO, Belkhodja M, Bissati S, 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 II, Sakcali MS. 2012. Salinity induced changes in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pak. J. Bot.*, **44**: 21-25.
- Faye E. 2003. Réponses au stress salin de jeunes plants de *Atriplex lentiformis* S. Wats. Calif. Biologiquement améliorés 30p.
- Faye E, Camara M, Touré MA, Mbaye A. 2014. Evaluation et amélioration du comportement de *Atriplex lentiformis* (Torr.) S. Watson en milieux salés au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(4): 1697-1709.
- Ghoulam C, Foursy A, 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**: 39-45.
- Kramer PJ. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press: New York; 489 p.
- LADA. 2003. L'évaluation de la dégradation des terres au Sénégal Projet FAO Land Degradation Assessment (LADA) : Rapport préliminaire, 162p.
- Meloni DA, Oliva MA, Ruiz HA, Martinez CA. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr.*, **24**: 599-612.
- Munns R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment*, **16**: 15-24.
- Patel AD, Panchal NS, Pandey IB, Pandey AN. 2010. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. *Anales de Biologie*, **32**: 59-71.
- Roussel J. 1995. Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale et sèche ISRA-PF, 435 p.
- 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 PK, Jesch HH, Grittner I. 2001. Mechanisms of salt stress tolerance in two rootstocks: *Rosa chinensis* 'Major' and *R. rubiginosa*. *Sci. Hort.*, **87**: 207-216.