

## Effets du stress salin sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum* L.

Adama NDIAYE<sup>1</sup>, Elhadji FAYE<sup>1</sup> et Mamoudou Abdoul Touré<sup>2</sup>

1. Université de Thiès, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale

2. Centre National de Recherches Forestières

Auteur correspondant : Dr Elhadji Faye emails : [elhadji.faye@univ-thies.sn](mailto:elhadji.faye@univ-thies.sn) /[hadifaye@yahoo.fr](mailto:hadifaye@yahoo.fr) ; tel +221 77 646 24 03

Original submitted in on 3<sup>rd</sup> June 2014. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 31<sup>st</sup> August 2014. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v80i1.5>

### RÉSUMÉ

**Objectif :** Au Sénégal, la superficie des sols affectés par la salinité augmente d'année en année. Ce phénomène de salinisation entraîne une diminution de la production agricole. Réputé sensible à la salinité, le coton (*Gossypium hirsutum*) est observé dans des îlots en milieu salé à Fadial, région de Thiès au Sénégal. Afin de contribuer à la clarification du statut halotolérant de *Gossypium hirsutum*, la germination des graines est étudiée en milieu salé contrôlé et en milieu réel.

**Méthodologie et Résultats :** les graines de *Gossypium hirsutum* sont semées dans des bacs de germination sur quatre types de substrat (mélange de ¼ de sable, ¼ de terreau et ½ de matière organique) arrosées avec de l'eau salée dont la concentration varie de 0 à 11,68 g.l<sup>-1</sup> de NaCl pur et suivie pendant 15 jours avant de procéder aux semis directs sur les tannes ou sols salés sulfatés acides du village de Ndoff (Fatick). Les résultats montrent que la germination est plus favorable sur le substrat. L'application des doses de sel montre que la germination des graines de *Gossypium hirsutum* est inhibée par le sel car la germination est maximale dans le témoin (0 g.l<sup>-1</sup>) et diminue avec l'augmentation de la concentration en sel du milieu expérimental. Aucune germination n'a été observée sur les tannes herbeuses et vives tandis que 40 % des graines ont germé sur tanne arbustive en milieu réel.

**Conclusion et application:** l'objectif général de cette étude menée en milieu contrôlé (application des doses de sel) et en milieu réel (tannes) était de montrer les effets du stress salin sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum*. Les graines de *Gossypium hirsutum* présentent une grande habileté à germer sans sel ou sous des conditions salines de faible concentration. L'augmentation de la concentration en sel ne retarde pas la germination bien qu'elle diminue le taux de germination et réduit le pourcentage final de germination. Le sel est donc un facteur limitant qui se traduit par une inhibition des graines de *Gossypium hirsutum*.

**Mots-clés :** Fatick, Bambey, *Gossypium hirsutum*, germination, salinité, NaCl.

**Objective:** In Senegal, the area of land affected by salinity increases from year to year. This salinity causes a decrease in agricultural production. Deemed sensitive to salinity, cotton (*Gossypium hirsutum*) is observed in islands in a saltwater environment to Fadial, Thies region of Senegal. To help clarify the status of salt tolerant *Gossypium hirsutum*, seed germination was studied in a saltwater environment controlled and in real environment.

*Methodology and Results:* *Gossypium hirsutum* seeds were sown in germination trays on four types of substrate (mixture of sand  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$  soil and  $\frac{1}{2}$  l organic matter);, sprinkled with salt water at levels ranging from 0 to 11.68 gl-1 of pure NaCl and followed for 15 days prior to direct seeding on tanned or sulphated acid saline soils village Ndoff (Fatick). The results show that germination is more favourable on the substrate. The application doses of the salt shows that germination of *Gossypium hirsutum* is inhibited by salt as germination is maximum in the control (0 gl-1) and decreases with increasing concentration of the salt in the test medium. No germination was observed on grassy and bright tannes while 40% of the seeds germinated on tans shrub real environment.

*Conclusion and Application:* The general objective of this study conducted in a controlled environment (application of doses of salt) and on-farm (tanned) was to show the effects of salt stress on seed germination of *Gossypium hirsutum*. The seeds of *Gossypium hirsutum* have a great ability to germinate without salt or salt under conditions of low concentration. Increasing the salt concentration does not retard germination well as decreasing the rate of germination and reduces the final germination percentage. The salt is therefore a limiting factor that results in inhibition of the seeds of *Gossypium hirsutum*.

**Keywords:** Fatick Bambey, *Gossypium hirsutum*, germination, salinity, NaCl.

## INTRODUCTION

La filière coton a vocation à accroître les revenus des producteurs, servir de moteur de développement rural dans les zones d'implantation et contribuer à la croissance économique du Sénégal. La production de coton occupe près de 2% du PIB soit 5% du total des exportations. Ceci, lui confère une place importante dans l'économie nationale puisqu'elle est la deuxième culture de rente après l'arachide et la culture principale des zones rurales du Sud et de l'Est du pays (Diouf, 2001). Sa contribution sur la balance commerciale n'est pas négligeable. Au Bénin, au Burkina Faso, au Mali, au Tchad et au Sénégal par exemple, la production du coton représente 5 à 10% du produit intérieur brut (PIB). Le coton occupe une place centrale dans la balance commerciale de ces pays, avec près de 30% des recettes d'exportations totales, et plus de 60% des recettes d'exportations agricoles (Communication du Groupe Africain, 2005). Ces trois dernières années, la production du coton a connu une progression de 74,36 % au terme du plan de relance du secteur cotonnier du Sénégal. Elle entrera sûrement en compétition avec les autres cultures de rente notamment l'arachide et les cultures vivrières (mil, maïs, sorgho, etc.) par rapport à l'espace cultivable (les sols). Il est important alors d'explorer de nouvelles zones de culture compatibles avec les exigences du coton : sols profonds et 700 mm de pluviosité minimale.

Au Sénégal, la superficie des sols affectés par la salinité ne cesse d'augmenter d'année en année. Cette salinisation particulièrement importante dans les régions tropicale et méditerranéenne est liée aux conditions pédoclimatiques et à l'activité humaine (Levigneron *et al.*, 1995 ; Qadir *et al.*, 2000). Aujourd'hui, on estime à 25% les sols confrontés à ce problème à travers le monde. Au Sénégal, la superficie des tannes ou sols salés est de l'ordre de 1 000 000 ha (Sadio, 1989). Elle est passée à 1 700 000 ha selon CSE/LADA (2003). Le bassin fluviomarain du Saloum au centre du pays est l'une des zones les plus affectées par le phénomène. La superficie des terres abandonnées y est d'environ 230 000 ha (Faye, 2003). Le coton est réputé être une espèce sensible à la salinité car pour des valeurs de conductivité électrique supérieures à 4mS.cm<sup>-1</sup>, les rendements diminuent. Cependant certains individus ou provenances sont observés par des chercheurs dans des sites extrêmement salés dans la zone estuarienne du Sénégal. Produire du coton à moindre coût dans un milieu hostile comme les tannes du Sénégal serait prometteur pour l'avenir de la filière même si les rendements devraient demeurer faibles. Dans un tel contexte, il apparaît opportun de vérifier en amont le caractère halotolérant du cotonnier. Cette vérification doit s'opérer en plusieurs étapes : stade germination, stade jeunes plants et stade de croissance en

milieu réel. Au Sénégal, si des informations ont été obtenues sur le stade jeune plant par Camara (2013), rien n'est encore disponible au stade semis. L'objectif de cette étude est vérifier l'effectivité de la germination des semences de *Gossypium hirsutum* L. sur sols salés en milieu contrôlé et réel. Les deux hypothèses de travail assument que la salinité inhibe la germination des semences de *G. hirsutum* d'une part, et que la taille des graines de *G. hirsutum* en améliore la

capacité germinative d'autre part. Dans le cadre de la première hypothèse, 4 types de support de germination ont été utilisés pour tester la réaction des semences en fonction des différentes doses de sel. Dans le cadre de l'hypothèse 2, les effets du calibre des graines sur la germination seront testés dans le meilleur support identifié à l'hypothèse 1 et aussi directement en situation réelle sur le milieu naturel salé ou tanne.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**Matériel végétal :** Les graines de *Gossypium hirsutum* variété STAM 279A ont été employées comme matériel végétal dans cette étude. Elles ont été récoltées en 2011. Elles viennent du Centre de Recherche Zootechnique de Kolda et ont été « délintées » à l'acide puis traitées avec du cruizer (mélange d'insecticide et de fongicide) pour la conservation. Pour chacun des essais réalisés, les graines ont été trempées dans l'eau pendant 20 heures et séchées pendant 1h. Les deux premiers essais ont été conduits au laboratoire en milieu contrôlé et le dernier en milieux salés sulfatés acides (ou tanne) non contrôlés. On considère que la germination commence lorsque la graine est mise en contact avec l'eau (si les conditions extérieures sont favorables) et se termine lorsque la radicule perce la cuticule. Pour chaque essai, la variable suivie est le taux de germination.

**Détermination du pouvoir germinatif sur 4 types de support de germination :** La détermination du meilleur environnement (substrat de germination) pour la germination des semences de *G. hirsutum* a été étudiée dans un dispositif complètement aléatoire (DCA). Quatre types de support (substrat, balle de mil, coton sur boîte de pétrie et terreau) répétés 3 fois ont été utilisés, soient 12 unités expérimentales composées chacune d'un lot de 24 graines. Chaque unité expérimentale est un bac de germination de 20 cm de long sur 15 cm de large. Les graines non calibrées ont été semées dans ces bacs. Dans chaque bac, l'écartement de semis est de 2,5 cm x 3 cm. L'eau d'arrosage est celle du robinet dont les

caractéristiques chimiques sont une conductivité électrique de 1,4 dS.m<sup>-1</sup> et un pH de 7,3. Les graines ont été arrosées quotidiennement avec une quantité d'eau de 20 ml par bac et par jour. L'essai a été conduit pendant 15 jours sous une température moyenne journalière de 31,93°C. Le pourcentage cumulé de germination a été calculé chaque jour.

**Détermination du seuil de salinité compatible avec la germination des graines:** Deux facteurs ont été étudiés dans un dispositif complètement aléatoire (DCA) avec 3 répétitions. Le premier facteur est le calibre des graines. Le calibrage des graines a consisté à les séparer en trois lots ou niveaux du facteur calibre (les petits « P » pèsent en moyenne 0,074g et ont un diamètre de 0,212 cm, les moyens « M » pèsent en moyenne 0,081g et ont un diamètre de 0,264 cm et les grands « G » pèsent en moyenne 0,105g et ont un diamètre de 0,345 cm) à l'aide d'un pied à coulisse pour la mesure des diamètres croisés et d'une balance de précision Mettler AE 100 pour la pesée des graines. Le deuxième facteur est la dose de sel dans l'eau d'arrosage. Trois doses ont été considérées ( $T_1 = 2,92\text{g.l}^{-1}$ ,  $T_2 = 5,84\text{g.l}^{-1}$ ,  $T_3 = 11,68\text{g.l}^{-1}$ ) et un témoin sans sel ( $T_0 = 0\text{g.l}^{-1}$ ). Cela fait au total 12 traitements (tableau 1) et 36 parcelles expérimentales constituées chacune d'un bac de germination. Chaque bac a été rempli au trois quart avec un substrat dont la composition granulométrique est indiquée dans le tableau 2. Dans chaque unité expérimentale, un lot de 24 graines est semé suivant les écartements de 2,5 cm x 3 cm.

**Tableau 1 :** Les types de traitements pour la détermination du seuil de salinité

Types de calibre	Doses de sel (NaCl)			
	T <sub>0</sub> (0g.l <sup>-1</sup> )	T <sub>1</sub> (2,92g.l <sup>-1</sup> )	T <sub>2</sub> (5,84g.l <sup>-1</sup> )	T <sub>3</sub> (11,68g.l <sup>-1</sup> )
Petit « P »	T <sub>0</sub> P	T <sub>1</sub> P	T <sub>2</sub> P	T <sub>3</sub> P
Moyen « M »	T <sub>0</sub> M	T <sub>1</sub> M	T <sub>2</sub> M	T <sub>3</sub> M
Grand « G »	T <sub>0</sub> G	T <sub>1</sub> G	T <sub>2</sub> G	T <sub>3</sub> G

L'application des doses a commencé avec une CE de 25 mM ou 1,46 g.l<sup>-1</sup> qui est le seuil de concentration en solutés au-delà duquel la plupart des espèces végétales non résistantes au sel (espèces natrophobes) ne peuvent pas se développer

selon Faye (2003) et Diouf et al. (2010). Cette concentration a été multipliée par deux, quatre et huit pour obtenir les doses fixées au bout du troisième jour. Ces doses constituent la solution d'arrosage quotidien des graines semées.

**Tableau 2** : Composition granulométrique du substrat de germination

Fractions fines (%)		Sables (%)		
Argiles	Limons	fins	moyens	grossiers
6,65	3,575	1,00	48,3	39,85

La température moyenne journalière a été de 29,71°C. L'évolution de la germination a été suivie durant 15 jours en calculant le pourcentage cumulé de germination chaque jour.

**Expérience de germination du meilleur calibre en milieu réel salé** : Le dispositif en blocs complets randomisés a été utilisé pour tester la germination en milieu réel. Les trois modalités du facteur calibre étudiées dans les essais préliminaires ont été utilisées (les petits « P » pèsent en moyenne 0,074g et ont un diamètre de 0,212 cm, les moyens « M » pèsent en moyenne 0,081g et ont un diamètre de 0,264 cm et les grands « G » pèsent en moyenne 0,105g et ont un diamètre de 0,345 cm). L'essai a été mis en place sur les tannes, sols salés sulfatés acides du site de Ndoff. Le terroir de Ndoff est situé à 14°15' 3,37" de latitude nord et 14°24'39,90" de longitude ouest dans la région de Fatick au Centre du Sénégal. La pluviométrie moyenne annuelle des dix dernières années est 642

mm. Les 648 graines ont été semées le 23 juillet 2013 après les premières pluies de la zone en trois répétitions pour chaque niveau de salinité et d'acidité (0,34 et 1,38 g.l<sup>-1</sup> de sel ; pH = 6,7 à 7,4 pour les tannes arbustives, 1,38 et 2,76 g.l<sup>-1</sup> de sel ; pH = 7,0 à 6,9 pour les tannes herbeuses et supérieure à 2,76 g.l<sup>-1</sup> de sel ; pH = 4,2 à 5,4 pour les tannes vives) (Sadio, 1989) en respectant les écartements de 2,5 cm sur 3 cm. Un traitement est représenté par un lot de 72 graines et une répétition par 216 graines. Chaque répétition a été protégée avec un gabion de 75 x 25 x 25 cm (photo 1). Ce test de germination a été suivi pendant 15 jours et le pourcentage cumulé de germination a été contrôlé tous les deux jours.



**Photo 1** : Gabion de protection des semis sur les tannes (milieu réel)

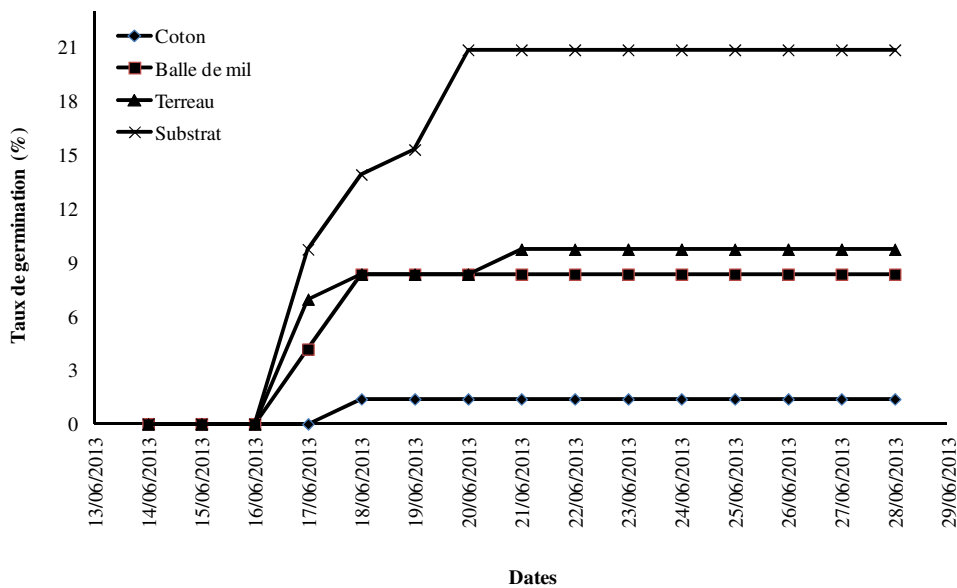
**Analyse statistique** : Les 3 séries de données collectées ont été soumises à une analyse de variance

(ANOVA) avec le logiciel Statistica. La comparaison de moyennes a été effectuée avec le test de Tuckey à 5%.

RÉSULTATS

**Effet des différents supports sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum*** : Les courbes montrent que le taux de germination varie distinctement avec le type de traitement (substrat, terreau, balle de mil et coton) (figure 1). Il est important de noter que le pourcentage de germination augmente significativement avec la richesse en éléments nutritif des supports. Le substrat qui est le meilleur support

pour la germination des graines de *Gossypium hirsutum* a montré une phase exponentielle depuis le 3<sup>e</sup> jour jusqu'au 8<sup>e</sup> jour après semis. Au-delà de cette date, le pourcentage germinatif n'évolue plus pour l'ensemble des supports. Donc la durée de germination des graines de *Gossypium hirsutum* en milieu contrôlé va du 3<sup>e</sup> au 8<sup>e</sup> jour après semis.



**Figure 1:** Effet des supports sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum*  
L'analyse de variance sur mesures répétées a mis en évidence les effets significatifs du support et du temps sur la germination de *G. hirsutum* (tableau 3).

**Tableau 3 :** Analyse de variance des mesures répétées dans le temps

Sources de variation	DDL	SC	CM	F	p
Support	3	261,578	87,193	45,63	<0,001
Temps	14	160,811	11,4865	6,01	<0,001
Support * Temps	42	80,256	1,911	1,06	0,386
Erreur	120	215,333	1,7944		

NB. DDL = Degré de liberté ; SC = Somme des carrés ; CM = Carré moyen ; F = valeur F de Fischer ; p = probabilité.

La figure 2 représente les moyennes de germination dans le temps. Le test de Tuckey a permis de séparer 2 groupes de moyennes (3 premiers jours) et (2 derniers

jours), les 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> jours forment un groupe intermédiaire avec 5% de risque d'erreur.

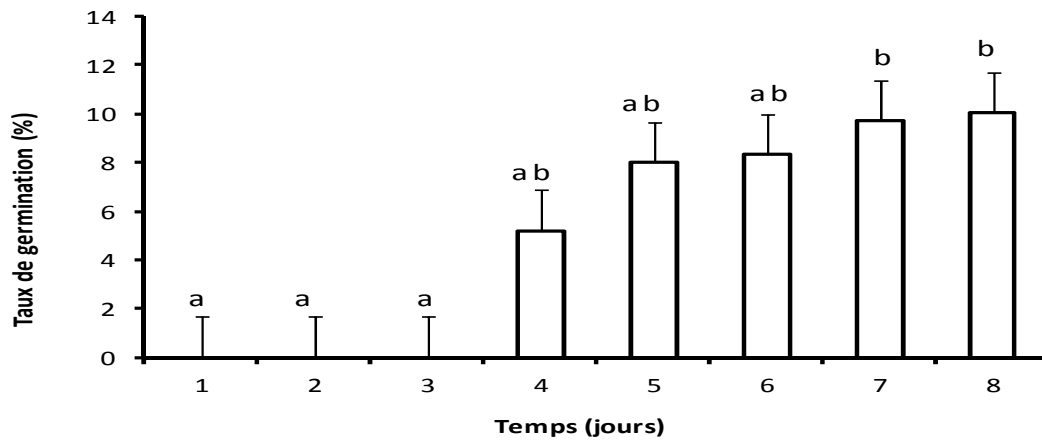


Figure 2: Effets du temps sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum*

La figure 3 montre que le substrat (mélange de ¼ de sable, ¼ de terreau, ½ de matière organique) est le meilleur support de germination de *Gossypium*

*hirsutum*. Le terreau et la balle de mil ont constitué le deuxième meilleur support de germination. Le coton n'a permis qu'un très faible niveau de germination.

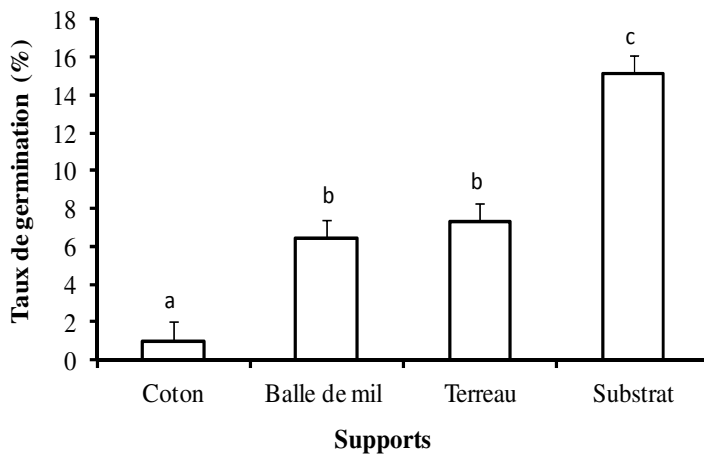


Figure 3: Germination de *Gossypium hirsutum* suivant les types de support



Photo 2 : Différents types de supports de germination

**Effets des doses croissantes de sel sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum* :**

Les courbes de pourcentage cumulé moyen de germination sur le substrat calculé pour les différents niveaux de salinité ( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_3$ ) ont été tracées en fonction du temps de germination (figure 4). L'examen des courbes montre que le pourcentage cumulé de germination varie distinctement avec les niveaux de salinité. Il est important de noter que la salinité réduit la germination des graines de *Gossypium hirsutum* car le taux de germination maximal en l'absence de sel ( $T_0$ ) diminue en fonction des doses croissantes de sel. En effet, pour les deux traitements ( $T_0$  et  $T_1$ ) les germinations empruntent une évolution parallèle pouvant être divisée en deux phases. Une phase croissante, entre le 3<sup>e</sup> et le 8<sup>e</sup> jour, durant laquelle les pourcentages de germination augmentent fortement pour atteindre respectivement 13 et 10%. La deuxième

phase (8 au 15<sup>e</sup> jour) correspond à une période où les pourcentages cumulés de germination deviennent constants jusqu'à la fin de l'expérience. Les germinations des graines dans le traitement  $T_3$  (11,68g.l<sup>-1</sup> de NaCl) suivent une cinétique caractérisée dans un premier temps par une augmentation remarquable des pourcentages de germination, moins rapide que celle des pourcentages de germination du traitement  $T_0$  (0 g.l<sup>-1</sup>) mais plus rapide que celles du traitement  $T_1$  (2,92 g.l<sup>-1</sup> de NaCl). Mais, il atteint le palier précocement dès le 6<sup>e</sup> jour après semis alors que les autres traitements ( $T_0$ ,  $T_1$  et  $T_2$ ) l'atteignent au 8<sup>e</sup> jour. Pour toutes les doses appliquées, la germination des graines de *Gossypium hirsutum* commence le 3<sup>e</sup> jour après semis. Ainsi, le stress salin ne retarde pas la germination mais il diminue le taux de germination des graines de *Gossypium hirsutum*.

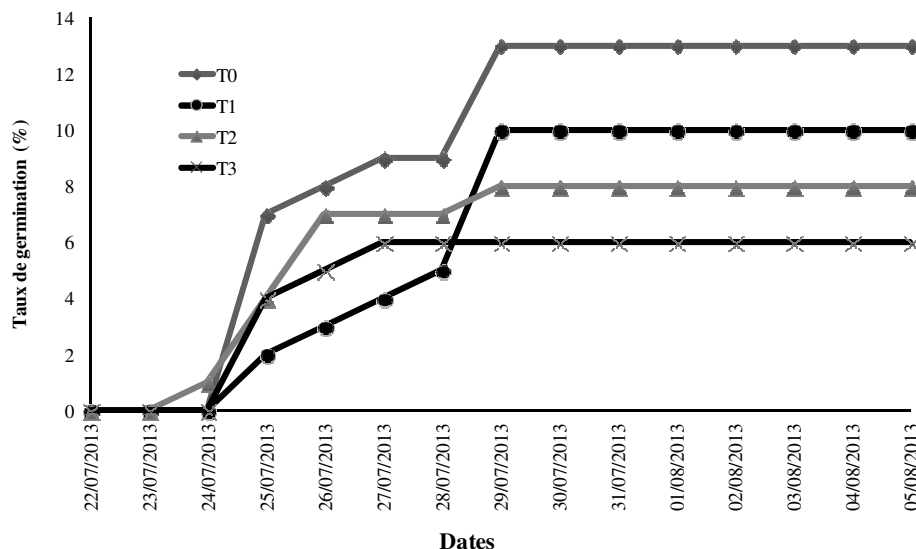


Figure 4: Effet des doses croissantes de sel sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum*

Tableau 4: Analyse de variance sur mesures répétées de la germination de *G. hirsutum*

Sources de variation	SC	DDL	CM	F	p
Temps	253,244	14	18,089	7,048	<0,001
Sel	53,928	3	17,976	7,004	<0,001
Temps x Sel	34,489	42	0,821	0,320	0,999
Erreur	308,000	120	2,567		

L'analyse de la variance a mis en évidence les effets significatifs du temps et des doses de sel sur la germination de *Gossypium hirsutum* (tableau 4). Le test de comparaison multiple de Tuckey a mis en évidence deux groupes distincts de moyennes (T0 et T3) et un

groupe intermédiaire (T1 et T2). La germination est meilleure en l'absence de sel, et elle diminue à mesure que la concentration de sel augmente dans l'eau d'arrosage (figure 5).

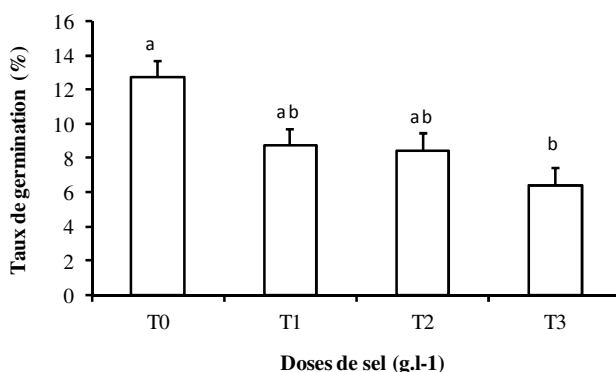


Figure 5: Germination en fonction de la dose de sel appliquée à l'arrosage des graines

**Effet de la taille des graines sur la capacité germinative** : L'analyse des courbes (figure 6) montre

que la taille des graines a une influence nettement significative sur le taux de germination. Ainsi les



graines de gros calibre (d = 0,345 cm) ont une capacité germinative plus importante avec un taux maximal de 17%. La figure 6 montre que les graines de gros calibre (0,105 g et 0,345 cm) présentent le taux de

germination le plus élevé à partir du 5<sup>e</sup> jour. Les petits calibres suivent entre 4<sup>e</sup> et le 7<sup>e</sup> jour. A partir du 8<sup>e</sup> jour aucune différence n'est décelée entre les calibres moyens et petits.

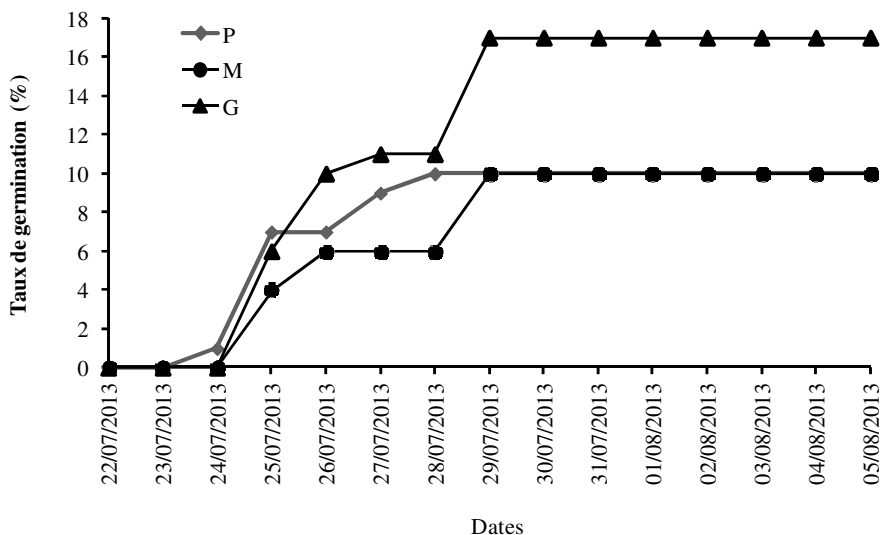


Figure 6 : Effet de la taille des graines sur la capacité germinative des graines de *Gossypium hirsutum*

Tableau 5 : Analyse de variance les effets du temps et du calibre des graines sur leur germination

Sources de variation	SC	DDL	CM	F	p
Temps	337,659	14	24,119	8,079	<0,001
Calibre	68,104	2	34,052	11,407	<0,001
Temps x calibres	34,119	28	1,219	0,408	0,996
Erreur	268,667	90	2,985		

L'analyse de la variance sur ces données montre des effets significatifs du calibre des graines et du temps. La taille des graines de *Gossypium hirsutum* améliore la capacité germinative en milieu salé (tableau 5). La figure 7 a montré que la taille et le poids des graines

améliorent significativement la germination chez *Gossypium hirsutum*. Les petites et moyennes graines ne présentent pas de différences significatives de germination.

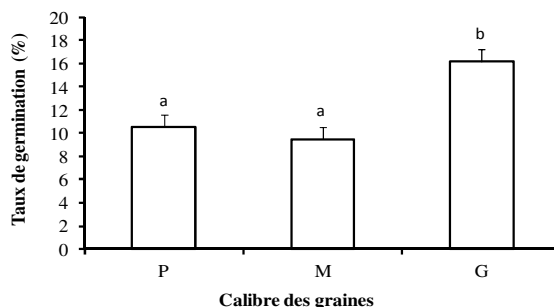


Figure 7: Effets du calibre des graines sur la germination chez *Gossypium hirsutum*

Germination au niveau des tannes : Les résultats des pourcentages cumulés de germination des graines de *Gossypium hirsutum* (figure 8) montrent que la germination est notée seulement au niveau des tannes arbustives (TA). Pour ces derniers, la courbe montre que le taux de germination augmente avec une vitesse progressive jusqu'au 7<sup>e</sup> jour pour atteindre un taux de 18%. Cette vitesse diminue avec une faible progression

(3%) entre le 7<sup>e</sup> et le 9<sup>e</sup> jour. A partir de cette date, une augmentation significative du pourcentage cumulé de germination a été notée. Ce dernier est de 40% au 13<sup>e</sup> jour où le taux de germination devient constant jusqu'à la fin de l'expérimentation. Pour les tannes herbeuses et vives, la germination des graines de *Gossypium hirsutum* est nulle du début jusqu'à la fin du test.

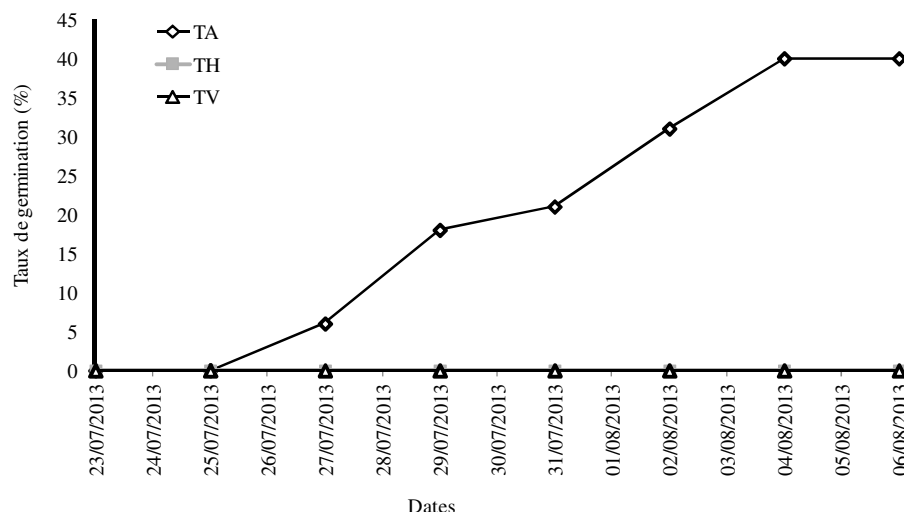


Figure 8 : Germination des graines de *Gossypium hirsutum* sur les tannes de Ndoff

## DISCUSSION

**Taux de germination:** Pour l'ensemble des tests effectués, le pourcentage cumulé de germination varie de 13 à 40%. Ce faible niveau de germination des graines de *Gossypium hirsutum* serait dû en partie à un vieillissement des graines car ces dernières ont été semées en 2013, deux ans après la date de récolte en 2011. Comme la plus part des graines huileuses qui sont en général des graines assez grosses, contenant des matières grasses (réserves nutritives), le semis donne en général de bons résultats, mais ces graines perdent assez vite leurs facultés germinatives. C'est le cas de la graine de *Magnolia* ou de celle de la carotte ([http://fr.questmachine.org/wiki/Jardinage \\_:\\_semier et repiquer#Les graines huileuses](http://fr.questmachine.org/wiki/Jardinage_-_semier_et_repiquer#Les_graines_huileuses)). Les graines de *Gossypium hirsutum* subissent une baisse du pouvoir germinatif dans le temps. Ces résultats se distinguent nettement de ceux obtenus chez les graines non huileuses par Alaoui et al. (2013) qui montrent que le taux de germination des graines de blé (variété Amal) peut atteindre 97,48%. De même chez la tomate (variété Mongal), la capacité germinative a atteint plus de 91% (Mohamdi et al., 2011). Donc le faible niveau

du taux de germination des graines de *Gossypium hirsutum* serait en partie dû à une baisse du pouvoir germinatif dans le temps. Il aurait fallu avoir des semences très jeunes pour mieux mettre en évidence le niveau réel de germination. Cependant, les conditions de germination étant contrôlées pour les semences âgées, un potentiel de tolérance au stress salin se serait vraiment exprimé chez *Gossypium hirsutum*.

**Effet du support sur la germination:** La germination des graines de *Gossypium hirsutum* atteint 15 à 21 % avec le substrat (mélange de ¼ de sable, ¼ de terreau, ½ de matière organique) contre moins de 9 % pour les autres supports. Ces résultats qui peuvent être justifiés par la plus grande richesse en substance organique et minérale du substrat par rapport aux autres types de supports étudiés, s'opposent nettement à ceux de Alaoui et al. (2013) qui ont montré que les graines de blé peuvent atteindre un taux de germination final de 97,48% avec la boîte de pétrie. Les graines de *Atriplex halimus* donnent aussi un taux de germination de 95,56% avec la boîte de pétrie selon Bouda et Haddioui

(2011). Nos résultats se distinguent aussi de ceux d'Askri et al. (2007) qui confirment que la germination des graines de pastèque (*Citrullus lanatus* L.) dans des boîtes de pétrie peut atteindre un taux maximum égal ou très voisin de 100%.

**Effet des doses de sel:** Nos résultats montrent clairement que les graines de *Gossypium hirsutum* germent mieux en absence de sel (0g/l) ou dans un milieu enrichi en NaCl à faible concentration (2,92 g.l<sup>-1</sup>) avec des pourcentages cumulés de germination respectifs de 13 et 10%. Lorsque la concentration en sel augmente (5,84 g.l<sup>-1</sup> de NaCl), une diminution du taux de germination se produit (08%) alors qu'une forte dose de sel (11,68 g.l<sup>-1</sup> de NaCl) produit une forte diminution du nombre de graines germées (06%).

Pour toutes les doses étudiées (0 ; 2,92 ; 5,84 ; 11,68 g.l<sup>-1</sup> de NaCl), la germination des graines de *Gossypium hirsutum* commence le troisième jour après semis. Ainsi, le stress salin ne retarde pas la germination mais il inhibe (empêche et/ou ralenti) la germination des graines. Askri et al. (2007) confirment ces résultats en justifiant qu'en présence de NaCl, les variétés de pastèque subissent une diminution du taux de germination car ils ont remarqué que sous des conditions expérimentales, les graines des variétés Arriba et Locale de Kairouan semblent tolérer le NaCl jusqu'à 100 mM. Jaouadi et al. (2009) rapportent que la germination des graines de *Acacia tortilis* est inhibée dès que la concentration en NaCl atteint 9 g.l<sup>-1</sup> (60 % de taux de germination) mais celles-ci continuent à germer même à des concentrations élevées de NaCl (50 % de germination à 18 g.l<sup>-1</sup> de NaCl). De même, Souhail et Châabane (2009) signalent que la germination de *Atriplex halimus*, *A. canescens* et *A. nummularia* est inhibée à partir d'une concentration de 8 g.l<sup>-1</sup> de NaCl. D'autre part, Mohamdi et al. (2011) rapportent que chez le Campbell 33, le pourcentage de

germination n'a été affecté par le sel qu'à partir de la concentration de 85mM.

**Effet de la taille des grains:** Les résultats obtenus sur le calibre des graines justifient que les graines de grandes tailles (d = 0,345cm) de *Gossypium hirsutum* germent mieux en donnant un pourcentage cumulé maximal de germination de 17%. Les graines de petit et de calibre moyens (0,212 et 0,264 cm) donnent les mêmes taux de germination finaux (10%). Ces résultats peuvent être justifiés par le fait que les graines de gros calibre sont constituées par un nombre plus important de feuillets concentriques. Ces derniers peuvent avoir une teneur plus importante en lipide et en protéine qui prolonge la capacité germinative des graines de *Gossypium hirsutum* dans le temps et dans l'espace. Les résultats obtenus en milieu réel confirment que la germination des graines de *Gossypium hirsutum* est possible seulement au niveau des tannes arbustives avec un pourcentage cumulé final de 40%. Ces résultats peuvent être justifiés par le fait que les tannes arbustives soient moins salées, moins acides et mieux structurées que les tannes herbeuses et vives dont la structure est dénaturée en surface par le sodium. Cette structure se traduit par une faible capacité de rétention d'eau, la présence d'éléments composés essentiellement de chlorure de sodium (NaCl) et secondairement de magnésium (MgCl<sub>2</sub>), de sulfate de sodium (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et de sulfate de magnésium (MgSO<sub>4</sub>). Les sulfates de calcium (CaSO<sub>4</sub>) sont aussi présents mais moins fréquents que les autres. Ces sels sont nocifs au développement de la plante (Sadio, 1989). L'absence de germination s'explique aussi par le fait que les tannes herbeuses sont des zones inondables qui peuvent entraîner la turgescence des graines de *Gossypium hirsutum*. Les tannes vives où l'absence totale de végétation est notée sont caractérisées par une teneur en sel et une acidité élevées qui peuvent perturber la physiologie de la graine en germination ou de la plante.

## CONCLUSION

Les graines de *Gossypium hirsutum* présentent une meilleure habileté à germer sans sel (13%) ou sous des conditions salines de faible concentration (10%). Ce taux de germination est cependant moins élevé que celui obtenu sur les tannes arbustives très peu salées en saison des pluies (moins de 1,5 g.l<sup>-1</sup>). Il diminue lorsque la concentration de NaCl augmente en milieu contrôlé. Le sel est donc un facteur limitant qui provoque l'inhibition de la germination de certaines graines de *G. hirsutum*. La taille des graines de *G. hirsutum* constitue aussi un autre facteur agissant sur

la germination plus importante chez les graines de gros calibre (17%) au moment où les petites et les tailles moyennes enregistrent de faibles pourcentages de germination (10%). Donc l'inhibition saline de la germination concernerait davantage les graines de petits et moyens calibres. Les deux hypothèses de travail ont été vérifiées car la salinité inhibe la germination des semences de *G. hirsutum* et la taille des graines en améliore la capacité germinative face au stress salin. Dans l'état actuel des connaissances, il serait plus utile d'utiliser les graines de grand calibre en

milieu salé. Les essais ayant conduit aux présents résultats devraient être répétés dans le temps et avec

des semences d'âges différents.

#### REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié d'un appui financier du Projet UEMOA Sols salés. Les auteurs en remercient l'UEMOA/PAES. Ils remercient aussi Monsieur Djibril

Badiane du Centre de Recherches zootechniques de Kolda, Sénégal, pour la fourniture des graines de coton utilisées dans ce travail.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alaoui M.M., Jourmi L.E., Ouarzane A., Lazar S., Antri S.E., Zahouily M., Hmyene A., 2013. Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (Effect of salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties). Laboratoire de Catalyse, Chimie & Environnement, URAC24, FST, Université Hassan II Mohammed VI - Casablanca, BP146, 20650 Mohammed VI, Maroc. 8p.
- Askri H., Rejeb S., Jebbari H., Nahdi H., Rejeb M.N., 2007. Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citrullus lanatus* L.). Science et changements planétaires. *Sécheresse* 18 : 51-55.
- Bouda S., Haddioui A., 2011. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Laboratoire de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, Équipe de Génétique et Biotechnologie Végétale, Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, Beni Mellal, 9p.
- Camara B., 2013. Analyse du comportement de trois espèces face au stress salin sous serre: *Casuarina equisetifolia*, *Gossypium hirsutum* et *Jatropha curcas*. Master 2 en agroforesterie, Université de Ziguinchor 35p.
- CSE/LADA., 2003. Evaluation de la dégradation des terres au Sénégal, 62p.
- Diouf S. S., 2010. Production de coton biologique dans le département de Vélingara : Analyse des pratiques paysannes. Mémoire de fin d'études, Université de Thiès, 66p.
- Faye E., 2003. Réponses au stress salin de jeunes plants de *Atriplex lentiformis* S. Wats. Calif. biologiquement améliorés. DEA, UCAD, 30p.
- Groupe Africain, 2005. Communication sur la production du coton en Afrique, Paris, 5p.
- [http://fr.questmachine.org/wiki/Jardinage:\\_semier\\_et\\_replanter#Les\\_graines\\_huileuses](http://fr.questmachine.org/wiki/Jardinage:_semier_et_replanter#Les_graines_huileuses).
- Jaouadi W., Hamrouni L., Souayah N., Khoudja M.L., 2009. Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Article. Réseau des bibliothèques de l'université de Liège.
- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu, Fourcroy P., Casse-Delbart F., 1995.- Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4 : 263-273.
- Ministère de l'intérieur du Sénégal, 2012. [www.auseneegal.com/carte-administrative-de-la-region-de-Fatick,034.h](http://www.auseneegal.com/carte-administrative-de-la-region-de-Fatick,034.h).
- Mohami M.O., Bouya D., Salem A.O.M., 2011. Etude de l'effet du stress salin (NaCl) chez deux variétés de tomate (Campbell33etMongal). Laboratoire de biotechnologies. Faculté des Sciences et Techniques. BP5026 Université de Nouakchott, 11p.
- Sadio S., 1989. Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine Saloum, Sénégal. Thèse de doctorat, Université Wageningen, 269p.
- Souhail M., Chaâbane R., 2009. Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some *Atriplex* species. *Am. Eurasian J. Toxicological Sci.*, 1 : 43-49.
- Qadir M., Ghaeoor A., Murtaza, 2000. Amelioration strategies for saline soils : a review. *Land degradation and development*, 11 : 501-521.