

Ecole Nationale Supérieure Agronomique D'El Harrach (Alger)
Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en
Biotechnologies végétales

***Effet de la salinité sur la germination,
la croissance et les composantes du
rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).***

Présenté par :

Nabi Fahima

Directeur de thèse OUNANE S. M. Maître de conférences INA
Soutenu le 17 juin 2009

Jury Président BOUZNAD Z. Professeur INA Examineurs AISSAT A. Maître de conférences USD de
Blida GUEZLANE A. Maître de conférences INA REGUIEG L. Maître de conférences INA

Table des matières

Dédicace . . .	5
Remerciements . . .	6
RESUMES . . .	8
ص غلم . . .	10
INTRODUCTION . . .	11
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE . . .	13
1- Définitions des sols et eaux salins . . .	13
2- Effets de la salinité sur les plantes . . .	13
3- Tolérance des plantes à la salinité . . .	15
4- Synthèse bibliographique sur <i>Vigna unguiculata</i> . . .	16
MATERIEL ET METHODES . . .	18
I- Matériel végétal . . .	18
II- Effet de la salinité sur la germination des graines de 5 populations locales de niébé . . .	20
1-Matériel végétal . . .	20
2-Dose de salinité . . .	20
3-Essai de germination . . .	20
III- Effet de la salinité sur la croissance, le potentiel hydrique foliaire, les paramètres biochimiques et le rendement de 5 populations de niébé . . .	21
1- Conditions de culture . . .	21
2-.Mesures effectuées . . .	24
VI- Analyse statistique . . .	27
RESULTATS ET DISCUSSIONS . . .	29
I- Effet du stress salin sur la germination des graines de 5 populations de niébé . . .	29
1-Effet du stress salin sur l'évolution du pourcentage de germination . . .	29
2-Effet du stress salin sur le pourcentage final de germination (faculté germinative) . . .	31
3-Discussion . . .	32
II- Effet du stress salin sur la croissance, le potentiel hydrique foliaire, les paramètres biochimiques et le rendement . . .	35
1- Effet du stress salin sur la croissance . . .	35
2-Effet du stress salin sur les teneurs en pigments photosynthétiques . . .	45
3. Effets du stress salin sur les teneurs en solutés compatibles . . .	53
4-Effet du stress salin sur le potentiel hydrique foliaire . . .	57
5- Effet du stress salin sur les composantes du rendement . . .	59
CONCLUSION . . .	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . .	70
ANNEXES . . .	82
Annexe I : Résultats d'analyse de la variance Variable : Germination . . .	82
ANNEXE II : résultats d'analyse de la variance pour les paramètres de croissance . . .	102
ANNEXE III – Résultats d'analyse statistique des pigments photosynthétiques . . .	111
Annexe IV- Résultats d'analyse de la variance : Solutés compatibles . . .	120

Annexe V : Résultats d'analyse de la variance : Potentiel hydrique foliaire . .	124
Annexe VI : Composantes de rendement . .	125

Dédicace

Ce modeste travail n'est que le fruit d'un acharnement et d'une volonté qui s'agrandissaient de plus en plus. Ce but tant espéré n'a pu se réaliser sans la présence de tous ceux qui m'ont aidé, soutenu et encouragé dans les moments les plus difficiles ; pour cela je dédie ce mémoire : À mes chers parents qui m'ont apporté de l'aide et m'ont toujours poussé vers l'avant. Pour tous leurs sacrifices, leur inquiétude, je leur serai toujours reconnaissante. À mes chers frères, Brahim et Zouheir À mes chères sœurs, Malika et Hadjer À tous les membres de la famille Nabi et Khalfi À mes amies Karima, Sihem, Fahima, Zineb, Nawel, Nour El Houda et Yamina. À mes chers amis et collègues au Centre National de Développement des Ressources Biologiques « Rachida, Farida, Tamoud, Chafia, Leila, Kahina, Radia et Nouara ». À tous je dédie ce modeste travail.

Remerciements

Louange à Dieu le Tout Puissant

de nous avoir permis de réaliser dans de bonnes conditions ce modeste travail en fortifiant toute l'énergie dont il a bien voulu nous investir.

Le présent travail a été réalisé au niveau du Laboratoire de phytotechnie et au niveau de la station expérimentale de l'INA sous la direction de D^r S.M OUNANE, maître de conférences à l'Institut National Agronomique d'El Harrach (INA) et Chef de Département de phytotechnie.

Ce travail nous donne l'occasion d'exprimer nos remerciements à plusieurs personnes sans l'appui desquels, ce travail n'aurait pu voir le jour.

Nous tenons à remercier vivement le docteur S. M. OUNANE, notre promoteur, qui nous a aimablement accueillies au sein de son équipe. Il nous a confié un sujet qui nous a permis de nous initier à la recherche. Il a veillé à ce que nous disposions de bonnes conditions de travail. Qu'il reçoit l'expression de notre profonde gratitude et reconnaissance pour la confiance qu'il nous a accordée, son soutien, sa rigueur scientifique, son exigence, sa disponibilité, ses conseils et son regard critique sur ce travail qui nous a permis d'avancer dans notre réflexion. Nous adressons aussi nos vifs remerciements à tous les membres du Jury:

M^rZ. BOUZNAD, professeur à l'INA, qui nous a fait profiter de sa grande expérience par l'enseignement qu'il nous a prodigué durant la post graduation et qui, malgré ses multiples occupations, nous fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

Nous sommes également honorés de compter parmi les membres de jury, M^lA. AISSAT, Maître de conférences à l'université SAAD DAHLAB de Blida (USD), qui a accepté la lourde tâche d'examineur malgré ses nombreuses activités. Qu'il trouve ici notre profond respect et gratitude.

Que M^lA. GUEZLANE, Maître de conférences à l'Institut National Agronomiques (INA), qui a eu l'amabilité d'examiner ce travail en participant au jury, soit vivement remercié pour toutes les critiques constructives qu'il ne manquera pas d'apporter. Qu'il trouve ici notre profonde gratitude.

À M^rL. REGUIEG, Maître de Conférences à l'Institut National Agronomiques (INA), qui a bien voulu participer à notre jury et nous faire bénéficier de ses critiques. Qu'il trouve ici notre gratitude et sympathie.

Nous remercions très vivement Mme N. GHALMI, pour ses conseils fructueux, ses orientations, et son aide scientifique. Elle a mis à notre disposition les graines de niébé qui ont servi pour ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance pour ses incessants encouragements pendant la réalisation de ce travail.

Nous tenons particulièrement à remercier Mr DAOUD, Directeur Général de l'INA et M^r R. DJEBBAR et M^{me} LASOUANE chargés de cours à l'USTHB pour leur aide précieuse et leurs conseils durant l'élaboration du protocole expérimental. Qu'ils trouvent ici notre profonde gratitude.

Nous remercions chaleureusement M^{me} Martine NABI pour son aide précieuse et ses remarques constructives.

Nos sincères remerciements vont aussi à notre chère amie Karima YAHIA, conservatrice du Jardin d'Essai d'El HAMMA pour son aide précieuse, ses encouragements et ses conseils.

À Nour Houda ABED et Mohamed LAZALI dont nous avons apprécié la collaboration, l'esprit d'équipe, pendant l'expérimentation en serre et les analyses au laboratoire.

Qu'il nous soit permis d'exprimer nos respectueux remerciements à Mr HERFI Boualem, pour son aide précieuse dans l'analyse statistique.

Nos vifs remerciements vont à Mr RADHOUANE du laboratoire d'analyse du sol de l'INA, pour nous avoir permis de réaliser nos analyses du sol et de l'eau.

Nous remercions aussi tous le personnel de la station expérimentale de l'INA en particulier Mr CHAIB et l'ouvrier MOHAMED qui sans leurs aide, ce travail n'aurait pu être réalisé. Qu'ils soient tous très sincèrement remerciés.

Toute notre reconnaissance va aux membres du laboratoire de phytotechnie S. NOUAR et R. AMAR qui ont créé une ambiance de travail particulière.

Nos remerciements vont également à tous mes collègues de travail du Centre National de Développement des Ressources Biologiques (RACHIDA, TAMOUD, FARIDA, NOUARA, CHAFIA...etc.) pour leur aide, leurs encouragements et pour leur soutien moral. Qu'il trouve ici toute notre amitié et sympathie.

Nos remerciements vont également à Yamina ZATRA et Fahima LEBBIDA pour leur aide précieuse.

Nous tenons à exprimer notre gratitude et notre profonde reconnaissance à tous nos enseignants de l'école doctorale de Biotechnologies végétales.

Nous terminons enfin en remerciant toute notre chère famille, pour sa compréhension, pour son soutien moral dans les moments difficiles ; qu'elle trouve ici toute notre reconnaissance, amour et affection.

RESUMES

Fahima NABI, Magister, INA, Algiers

Plant Biotechnology

Research laboratory crop production and experimental station INA (Algiers)

Director of thesis: Dr Sidi MohamedOUNANE

"Effect of salinity on germination, growth and yield components of *Vigna unguiculata* L. (Walp.)."

The study was conducted to assess the effect of salinity on the germination, growth, biochemical parameters, water potential and yield of 5 *Vigna unguiculata* populations from different regions of Algeria. For the 1st experiment, the seeds of 5 populations were put to germinate in Petri dishes at various NaCl concentrations: 0, 4, 8, 12, 16 and 20 dS m⁻¹ for 08 days. The maximum germination has been achieved in distilled water in all populations. Populations P1, P7 and P23, respectively native of El Kala, Tizi Ouzou and Bechar are more tolerant. In fact, increasing salinity until 12 dS m⁻¹ (P7) and 16 dS m⁻¹ (P1 and P23) has resulted in a delay of germination, without reducing the final percentage of germination. The latter has been reduced significantly to the concentration 16 dS m⁻¹ (P7) and 20 dS m⁻¹ (P1 and P23). P17 from Adrar is moderately tolerant; its final germination percentage was significantly reduced from 12 dS m⁻¹. P13 from In Salah is the most sensitive to salinity with a reduction of its final percentage of germination from 4 dS m⁻¹. The highest concentration (20 dS m⁻¹) completely inhibited the germination of P13 and P17. The 2nd experiment was carried out under glass. Irrigation by 4 saline solutions (4 salinity levels: 1.93, 3.8, 4.7 and 6.0. dS m⁻¹) was started 20 days after the start of the experiment and during 2 months. The biochemical and water potential analysis were made at the end of application of salt stress. The results showed that the increase of salinity reduced significantly growth (height, number of leaves and leaf area), leaf water potential, levels of chl. a, Chl. b, total Chl., carotenoids and increased Chl. a / Chl. B ratio. Leaf proline and sugar content was increased significantly as a result of increasing salt concentration. At maturity, the components of yield (number of pods / plant, length of pods / plant, weight of 100 seeds and number of seeds / pods) were significantly affected by salt. The most affected is the number of pods/plant. However, the effects vary depending on the level of salt and the population concerned. On the basis of growth and yield, P1, P7 and P23 are more tolerant than P13 and P17. Nevertheless P13 and P17 have most abundant foliage that makes them valuable as fodder for livestock. This genetic variability during germination until maturity can be used with success in selection programs. In conclusion, *Vigna unguiculata* shows a moderate salt tolerance.

Keywords: *Vigna unguiculata*, salinity, germination, growth, yield, prolin, soluble carbohydrates, leaf water potential, photosynthetic pigments and Algeria.

NABI Fahima, INA, Alger

Résumé de Thèse de Magister : Biotechnologies végétales

Lieu de recherche : Laboratoire de production végétale et la station expérimentale de l'INA (Alger)

Directeur de thèse : D^r Sidi Mohamed OUNANE, Maître de conférence (INA).

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet de la salinité sur la germination, la croissance, les paramètres biochimiques et hydriques et le rendement de 5 populations de *Vigna unguiculata* provenant de différentes régions d'Algérie. Pour l'essai de germination, cinq populations sont mises à germer dans des boîtes de pétri à différentes concentrations de NaCl (0, 4, 8, 12, 16 et 20 dS m⁻¹) pendant 08 jours. Le maximum de germination est obtenu avec l'eau distillée (témoin) chez toutes les populations. Les populations P1, P7 et P23 originaires respectivement d'El Kala, Tizi Ouzou et Bechar sont les plus tolérantes. En effet, l'augmentation de la salinité jusqu'à 12 dSm⁻¹ (P7) et 16 dSm⁻¹ (P1 et P23) entraîne un retard de germination, sans réduction de la faculté germinative. Cette dernière diminue significativement à la concentration 16 dS m⁻¹ (P7) et à 20 dSm⁻¹ (P1 et P23). La P17 originaire d'Adrar est moyennement tolérante, sa faculté germinative décroît significativement à partir de 12 dSm⁻¹. La P13 originaire d'In Salah est la plus sensible, avec une réduction de sa faculté germinative à partir de 4 dS m⁻¹. La concentration la plus élevée (20 dSm⁻¹) inhibe totalement la germination de la P13 et P17. La 2^{ème} expérience a été réalisée sous serre. L'irrigation par 4 solutions salines (1,93, 3,8, 4,7 et 6,0 dS m⁻¹), a été appliquée 20 jours après le semis et pendant 2 mois. Les analyses biochimiques et hydriques sont effectuées à la fin de l'application du stress salin. Les résultats montrent que l'augmentation de la salinité induit des réductions significatives de la croissance (hauteur, nombre de feuilles et surface foliaire), du potentiel hydrique foliaire, des teneurs en chl.a, Chl.b, Chl. totales et les caroténoïdes et une augmentation du rapport Chl.a/Chl.b. Une accumulation significative de proline et sucres solubles foliaires se manifeste aussi en réponse au stress salin. À maturité, les composantes du rendement (nombre de gousses/plant, longueur de gousses/plant, poids de 100 graines et le nombre de graines/gousses) sont affectées significativement par la salinité. Le paramètre le plus affecté est le nombre de gousses/plant. Cependant, les effets varient selon la dose de sel et la population. Sur la base de la croissance et du rendement, les populations P1, P7 et P23 sont plus tolérantes que les P13 et P17. Ces dernières présentent néanmoins un feuillage plus abondant, apprécié comme fourrage pour le bétail. Les populations les plus tolérantes à la salinité durant la phase de germination sont les mêmes pour la croissance et le rendement. Cette variabilité génétique durant la germination jusqu'à maturité peut être utilisée avec succès dans les programmes de sélection. *Vigna unguiculata* s'est révélée moyennement tolérante à la salinité.

Mots clés : *Vigna unguiculata*, salinité, germination, croissance, rendement, proline, sucres solubles, potentiel hydrique foliaire, pigments photosynthétiques et Algérie.

ص خ لم

تابي قهيمية، المعهد الوطني للفلاحة، الجزائر.
خلاصة مذكورة الماجستير: تقانة حيوية نباتية.
مكان البحث: مخبر الإنتاج النباتي والمحطة التجريبية للمعهد الوطني للفلاحة.
مدير المذكرة: الدكتور سيدي محمد ونان

الموضوع: تأثير الملوحة على الإنبات، النمو ومكونات المردود *Vigna unguiculata*.

هذه الدراسة تهدف إلى تقييم مدى تأثير الملوحة على الإنبات والنمو والعوامل البيوكيميائية والمائية والمردود، لخمس فصلائل من *Vigna unguiculata* منقاة من مختلف مناطق الجزائر. بالنسبة لتجربة الإنبات وضعت خمسة فصلائل في طبق Petri تحت تراكيز مختلفة من NaCl (0، 4، 8، 12، 16، 20 dS m^{-1}) لمدة ثمانية أيام أكبر نسبة للإنبات كانت في حالة استعمال الماء المقطر (الشاهد) لدى كل الفصل. الفصل P1، P7، P23 والأصلية على التوالي من القلة، تيزي وزو وبشار هم الأكثر مقاومة إرتفاع نسبة الملوحة إلى 12 dS m^{-1} (P7) و 16 dS m^{-1} (P1 و P23) أدى إلى تأخر الإنبات دون تخفاض القدرة الإنباتية. هذه الأخيرة عرفت انخفاضاً محسوساً ابتداءً من 16 dS m^{-1} (P7) وحتى 20 dS m^{-1} (P1 و P23). الفصل P17 الأصلية من أضرار تمتاز بمقاومة متوسطة، قدرتها الإنباتية عرفت انخفاض محسوس ابتداءً من 12 dS m^{-1} .

الفصل P13 الأصلية من عين صالح هي الأكثر حساسية، مع تخفاض في قدرتها الإنباتية بدءاً من 4 dS m^{-1} . التركيز العلي (20 dS m^{-1}) منع كلياً إنبات الفصل P13 و P17. التجربة التقنية حققت في بيت زجاجي المقى بـ 4 محاليل ملحة

(1,93، 3,8، 4,7، 6,0 dS m^{-1}) طبق لمدة 20 يوم بعد الغرس لمدة شهرين. التحاليل البيوكيميائية والمائية تمت في نهاية تطبيق الإجهاد الملحي. بينت النتائج أن إرتفاع الملوحة أدى إلى تخفاضات محسوسة في النمو (الإرتفاع، عدد الأوراق والمساحة الورقية)، الجهد المائي الورقي، نسبة اليخضور a، اليخضور b، اليخضور الكلي والجزرين، إرتفعت نسبة اليخضور a / اليخضور b. إرتفاع محسوس في نسبة البرولين والسكريات لوحظت أيضاً كرد فعل لإرتفاع الملوحة. عند التصحیح، مكونات المردود (عدد القرون/نبته، طول القرون/النبته، وزن 100 بذرة و عدد البذور/القرون) عرفت انخفاض محسوس تحت تأثير الملوحة. الحمل الأكثر تكراراً هو عدد القرون/نبته. لكن التغيرات تختلف حسب درجة الملوحة والفصلية. على أساس النمو والمردود، الفصل P1، P7، P23 هي الأكثر مقاومة بالنسبة لـ P13 و P17. هتان الأخيرتان لديهما على العكس عدد كبير من الأوراق التي يمكن استعملها كحلف للحوانات. الفصل الأكثر مقاومة أثناء مرحلة الإنبات هن نفسهن أكثر مقاومة أثناء النمو والمردود. تجارب الإنبات تمثل تجارب مهمة من أجل الانتقاء المبكر للفصل المقاومة للملوحة. هذا التنوع الجيني من مرحلة الإنبات حتى المردود يمكن أن يستعمل بنجاح في برامج الانتقاء. تبين أن *Vigna unguiculata* مشكلة المقاومة للملوحة.

، الملوحة، الإنبات، النمو، المردود، البرولين، السكريات، الجهد المائي *Vigna unguiculata* الكلمات المفتاحية:
الورقي، الأصبغة اليخضورية والجزرية و الجزائر.

INTRODUCTION

La salinité des eaux et des sols constitue une limitation sérieuse de la croissance et du rendement des cultures dans le monde (MAAS, 1996 ; DAJIC, 2006 ; ASHRAF *et al.*, 2008). Les risques de salinité sont plus importants dans les zones arides et semi-arides caractérisées par une faible pluviométrie, une forte évapotranspiration et une eau d'irrigation fortement minéralisée (SHANNON, 1986).

Selon FLOWERS et FLOWERS (2005), 20% des terres irriguées et 50% des terres cultivées dans le monde sont affectées par la salinisation secondaire. Les mêmes auteurs estiment que la moitié des terres irriguées est menacée de salinisation.

D'après DROUHIN (1961), l'Algérie est un pays de sels. Par ailleurs, DAOUD et HALITIM (1994) notent qu'en Algérie la salinisation secondaire suite à l'irrigation avec des eaux minéralisées a entraîné une extension de la salure dans de nombreux périmètres irrigués notamment en milieu saharien.

Face à ce problème, plusieurs solutions ont été avancées pour le développement des cultures : i) Dessalement des eaux d'irrigation ou des sols salés, ii) Utilisation de pratiques culturales appropriée et iii) Sélection d'espèces et variétés adaptées à la salinité (AYERS et WESTCOT, 1985 ; ASHRAF, 1989 ; EL HANSALI *et al.*, 1993). D'après EL HANSALI *et al.* (1993), les deux premières solutions apparaissent onéreuses et difficiles à réaliser, en revanche, c'est la troisième qui semble être la plus prometteuse.

Cette approche biotique alternative a fait l'objet de nombreuses études sur les mécanismes de tolérance des plantes à la salinité (MAAS, 1993 ; PIRI *et al.*, 1994 ; MUUNS, 2000 ; MURILLO- AMADOR *et al.*, 2002 ; PROMILA et KUMAR, 2002 ; YOKOÏ *et al.*, 2002 ; SOUSA *et al.*, 2004 ; MATSUURA *et al.*, 2005...).

L'espèce *Vigna unguiculata* est l'une des principales légumineuses alimentaires cultivée dans différentes parties du monde (WEST et FRANCOIS, 1982 ; KOUADIO *et al.*, 2007). Elle est réputée avoir une bonne tolérance à la salinité (MURILLO-AMADOR *et al.*, 2006), à la sécheresse et aux températures élevées (EHLERS et HALL, 1997).

En Algérie, le niébé (*Vigna unguiculata*) est communément appelé, *Lubia kabyle* en Kabylie, *Tadelaght* dans les oasis du Sud ou *Lubia arebi* dans la région d'El Kala. Il est traditionnellement cultivé et consommé dans certaines régions telles que la Kabylie, la zone Est de la wilaya d'El Taref et les oasis du Sahara (GHALMI *et al.*, 2005).

Cette espèce prometteuse pour l'Algérie, notamment au sud, a fait l'objet de quelques études en Algérie, sans aborder l'effet de la salinité sur sa culture. Les travaux concernent en particulier les effets du stress hydrique sur le niébé (BELATRA, 2006), l'étude biosystématique et isoenzymatique (ANOUN et ECHIKH, 1990 ; ECHIKH, 2000), et la caractérisation agromorphologique (TOUAMI, 2004 ; GHALMI *et al.* 2005 ; BEDDIAF, 2006 ; BOUBKEUR, 2007).

Dans ce contexte, il nous a paru intéressant, d'étudier chez cette espèce, l'influence de la salinité sur la germination, la croissance et le rendement.

Notre investigation est basée essentiellement sur des paramètres physiologiques (la germination, la croissance, le rendement et le potentiel hydrique foliaire) et biochimiques

(l'accumulation de proline, les teneurs en chlorophylles et en sucres solubles) de 5 populations de niébéprovenant de différentes régions de l'Algérie, soumises aux contraintes salines (NaCl). Ces paramètres représentent une partie des tests utilisables habituellement dans les programmes de sélection (ZID et GRIGNON, 1992).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1- Définitions des sols et eaux salins

Les sols salins sont caractérisés par une conductivité électrique élevée ($> 4 \text{ dS m}^{-1}$), une faible activité des ions nutritifs, des rapports élevés de $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$, Na^+/K^+ , $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, et $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^{-2}$ dans la solution du sol (GRATTAN et GRIEVE, 1993 ; FLOWERS et FLOWERS, 2005).

D'après HASEGAWA *et al.* (2000) et PARIDA et DAS (2005), les ions Na^+ et Cl^- sont considérés comme les plus nocifs.

AYERS et WESTCOT (1985) définissent les sols ou les eaux d'irrigation affectés par la salinité, comme étant ceux qui contiennent suffisamment de sels solubles susceptibles de compromettre la croissance des plantes. Mais cet effet est évalué différemment selon les pays.

Selon DAOUD et HALITIM (1994), l'évaluation des eaux d'irrigation varie en fonction des pays (Tableau I).

Conductivité électrique	Concentration (g/l)	Evaluation		
		Américaine	Russe	De Durand pour l'Algérie.
$\text{CE} < 0.25$	< 0.2	Faiblement salé	Bonne qualité	Non saline
$0.25 < \text{CE} < 0.75$	0.2-0.5	Moyennement salée	-	Salinité moyenne
$0.75 < \text{CE} < 2.25$	0.5-1.5	Fortement salées	Risque de salinisation	Forte salinité
$2.25 < \text{CE} < 5$	1.5-3	Très fortement salées	-	Très forte salinité
$5 < \text{CE} < 20$	3-7	Salinité excessive	Ne peut être utilisée sans lessivage	Salinité excessive

Tableau I - Evaluation des eaux d'irrigation.

Source : DAOUD et HALITIM (1994).

2- Effets de la salinité sur les plantes

Les sels provoquent chez les plantes des effets ioniques, osmotiques et nutritionnels (LEVIGNRON *et al.*, 1995 ; TSOATA, 1995 ; MAAS, 1996 ; SHANNON, 1997 ; YEO, 1998 ; PARIDA et DAS, 2005).

L'effet initial de la salinité, particulièrement à faible ou à moyenne concentrations, est dû à ses effets osmotiques (MUNNS et TERMAAT, 1986 ; FLOWERS et FLOWERS, 2005).

L'effet osmotique est le résultat de la réduction du potentiel hydrique du sol suite à une augmentation du potentiel osmotique dans la zone racinaire (SHANNON, 1992 ; LEVIGNERON *et al.*, 1995 ; FLOWERS et FLOWERS, 2005). Une forme de sécheresse physiologique survient lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, ce qui rend de plus en plus difficile l'acquisition d'eau et de nutriments par les plantes et le maintien de la turgescence (HOPKINS, 2003). PARIDA et DAS (2005) notent que l'altération de l'état hydrique conduit à la réduction de la croissance et la limitation de la productivité des plantes.

En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation des ions, particulièrement Na^+ et Cl^- (LEVITT, 1980) dans le cytoplasme perturbe l'activité métabolique (MUNNS et TERMAAT, 1986 ; HAOULA *et al.*, 2007).

Les effets nutritionnels surviennent lorsque l'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{++} et NO_3^- (GRATTAN et GRIEVE, 1999 ; LEVIGNERON *et al.*, 1995 ; MAAS, 1996 ; KHAN *et al.*, 1999 ; KHAN, 2001 ; PARIDA et DAS, 2005 ; HAOULA *et al.*, 2007).

Des études conduites par plusieurs auteurs sur différentes plantes ont montré que la capacité photosynthétique est réduite par de fortes concentrations de sels (CHAUDHURI et CHOUDHURI, 1997 ; SOUSSI *et al.*, 1998 ; ALI DINAR *et al.*, 1999 ; ASHRAF, 2001 ; KAO *et al.*, 2001 ; WILSON *et al.*, 2006), alors que le taux de respiration augmente (SLAMA, 2004). D'autres travaux ont rapporté que la photosynthèse n'est pas affectée par la salinité et même stimulée par de faibles concentrations de sels (ROGERS et NOBLE, 1992 ; HAWKINS et LEWIS, 1993 ; RAJESH *et al.*, 1998 ; KURBAN *et al.*, 1999 ; PARIDA *et al.*, 2004).

SLAMA (2004) note que l'effet de NaCl sur la photosynthèse s'exerce par une baisse de la teneur en chlorophylle, une diminution de la surface foliaire, du nombre de feuilles, des dimensions des stomates, de la conductance stomacale et par l'augmentation de la résistance stomatique. Les teneurs en protéines solubles des feuilles se trouvent également réduites (PARIDA *et al.*, 2002).

De telles modifications des structures anatomiques ou des voies métaboliques peuvent permettre de faire face à la diminution de la disponibilité en eau du milieu, qui constitue une des composantes majeures du stress salin (LEVIGNERON *et al.*, 1995).

De nombreux travaux ont montré que la réponse générale des plantes à la salinité est la réduction de la croissance (HERNANDEZ *et al.*, 1995 ; TAKEMURA *et al.*, 2000 ; AZIZ et KHAN, 2001 ; GHOULAM *et al.*, 2002). XIONG et ZHU (2002) soulignent que la réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. WANG et NIL (2000) rajoutent, que la réponse immédiate au stress salin est la réduction du taux d'expansion de la surface foliaire jusqu'à sa cessation avec l'augmentation des concentrations de sels.

La réduction de la croissance se produit chez toutes les plantes, cependant leur niveau de tolérance et le taux de réduction à des concentrations de sels létales varient largement avec ou entre les différentes espèces végétales (SHANNON, 1992 ; MAAS, 1996 ; PARIDA et DAS, 2005), la variété à l'intérieur de l'espèce (ASHRAF, 2001 ; MURILLO-AMADOR *et al.*, 2001 ; GHOULAM *et al.*, 2002), le stade de développement à partir duquel la salinité est initiée (MAAS, 1996 ; VICENTE *et al.*, 2004), la durée d'exposition au stress salin, la

concentration en sels, la composition en sels (SHANNON, 1992), et les interactions avec l'environnement (SHANNON, 1997).

De plus, des corrélations significatives et non significatives entre la tolérance au stade germination, croissance et rendement ont été signalées (SHANNON, 1997 ; BAYUELO-JIMENZ *et al.*, 2002).

Selon MAAS et POSS (1989a) et EL-SWAIFY (2000), le stade végétatif est le plus sensible au sel pour la plupart des cultures. De fortes concentrations de sels durant ce stade peuvent compromettre gravement le rendement final en grains (MAAS, 1996). Le même auteur signale que la plupart des cultures sont tolérantes à la salinité durant la germination, sensibles pendant la croissance et deviennent plus tolérantes à la salinité pendant les stades finaux de croissance. Un des effets primaires du stress salin est qu'il retarde la germination et l'apparition de jeunes plantes (WEST et FRANCOIS, 1982 ; TSOATA, 1995 ; MAAS, 1996).

En effet, des expériences visant à tester les effets du stress salin à différents stades de croissance indiquent que le sorgho, le blé et le niébé sont plus sensibles au cours de la phase végétative et au début des stade reproduction, moins sensibles au cours de la floraison, et tolérants au cours de la phase de remplissage des graines (MAAS *et al.*, 1986 ; MAAS et POSS, 1989a ; 1989b).

En revanche, THOMSON (1985) rapporte que la germination correspond au stade de développement le plus sensible du cycle de la plante. En effet, BEATTY et EHLIG (1993) confirment cette sensibilité durant la germination et signalent une tolérance au cours de la croissance.

En raison des différences dans la tolérance au sel entre les stades de croissance, certains chercheurs ont préféré la sélection pour la tolérance à la salinité en imposant le stress salin durant tout le cycle de croissance (EPSTEIN *et al.*, 1980 in SHANNON ,1997). D'autres chercheurs ont exploité avec succès ces différences de tolérance en substituant l'eau d'irrigation à l'eau saumâtre pendant les stades finaux de croissance des plantes cultivées (RHOADES, 1986 ; GRATTAN *et al.*, 1987).

3- Tolérance des plantes à la salinité

Une plante soumise au stress salin doit faire face à la pénétration de sel dans ses tissus. Ce dernier est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires (LEVIGNERON *et al.*, 1995).

À l'échelle de la plante entière, les ions chlorure de sodium entre par les racines, sont véhiculés par la sève xélymique jusqu'aux tiges et aux feuilles. Là, ils sont soit stockés (plantes de type *includer**) soit au contraire très peu retenus et revéhiculés par la sève phloémique jusqu'aux racines (plantes de type *exluder**) (LEVIGNERON *et al.*, 1995 ; DAJIC, 2006).

Ainsi, les plantes utilisent deux stratégies de résistance pour tolérer les fortes salinités (LEVITT, 1980 et DAJIC, 2006):

La résistance par **exclusion** (« *stress avoidance* », les plantes sont de type *exluder*¹ en anglais), souvent réduit au terme de résistance. L'organisme inhibe ou réduit la pénétration des sels dans ses tissus.

- la résistance par **tolérance/inclusion** (« *stress tolerance* », les plantes de type *include** en anglais », souvent réduit au terme de tolérance. Elle est liée à l'association des mécanismes adaptatifs qui permettent la survie des plantes en dépit de l'influence du stress à l'intérieur de l'organisme.

Les auteurs préfèrent, pour ces deux termes, utiliser les mots anglais, car les équivalents français ne sont pas satisfaisants (LEVIGNERON *et al.*, 1995).

DAJIC (2006) note que la prévention, pour éviter l'accumulation excessive des sels dans les tissus des plantes est réalisée par les mécanismes suivants :

- Contrôle de l'absorption de sel au niveau des racines et la régulation des ions Na^+ exportés aux tiges par leur accumulation dans le xylème, puis leur récupération du xylème avant d'atteindre les tiges.
- La sélectivité Na^+/K^+
- Recirculation des sels par l'intermédiaire du phloème
- Répartition de sels dans certaines parties des plantes
- Fuite d'ions et abscission des organes chargés de sels,
- Contrôle de la transpiration
- Sécrétion des ions par des structures d'excrétion de sels.

XIONG et ZHU (2002) notent que le mécanisme d'exclusion de sel est caractéristique des glycophytes. De plus, SHANNON (1992), souligne que ce mécanisme est utilisé par les légumineuses tropicales. En effet, chez le haricot, les ions s'accumulent dans les parties basales des tiges, d'où ils retournent au système racinaire et sont excrétés de nouveau dans le milieu (BAYUELO-JIMENEZ *et al.*, 2003)

Cependant, l'accumulation élevée des sels au niveau des tiges a été bien établie chez les halophytes (FLOWERS et FLOWERS, 2005). Cette stratégie est liée à l'efficacité de telles plantes à « compartimer » les ions dans les vacuoles (DAJIC, 2006). Dans ce cas, des ions de potassium et des solutés organiques dits compatibles (ex. la proline, la glycinebétaine, le mannitol et les sucres solubles) doivent être accumulés dans le cytoplasme afin de réaliser et maintenir un équilibre osmotique et ionique entre les deux compartiments, le cytoplasme et la vacuole (LEVITT, 1980 ; LEVIGNERON *et al.*, 1995 ; SHANNON, 1997 ; FLOWERS et FLOWERS, 2005).

4- Synthèse bibliographique sur *Vigna unguiculata*

L'espèce *Vigna unguiculata* est cultivée pour ses graines sèches en Afrique de l'Ouest, en Inde et au USA, pour ses gousses vertes en Afrique de l'Est et comme fourrage très prisé par le bétail en Australie (WEST et FRANCOIS, 1982). Elle constitue une source d'engrais vert et de matière organique en sols improductifs, particulièrement en zones semi arides (EHLERS et HALL, 1997 ; MURILLO AMADOR *et al.*, 2006). Avec son taux en protéines de 25 %, le niébé est l'une des sources de protéines la moins chère pour les populations démunies (KOUADIO *et al.*, 2007).

Le niébé est une culture tropicale que l'on rencontre sous différentes conditions climatiques allant du semi arides au sub humide (LUSH et RAWSON, 1979) ; comme c'est

le cas du Sahel ou du Sahara algérien (ECHIKH, 2000). Plusieurs variétés sont cultivées dans des zones tropicales et sub tropicales où la salinité est le principal facteur limitant la productivité des cultures (MURILLO-AMADOR *et al.*, 2006).

Le niébé est réputé avoir une bonne tolérance à la sécheresse et aux températures élevées (HALL et PATEL, 1985). Il est considéré comme une culture améliorante grâce à sa capacité de fixer l'azote atmosphérique (ELOWARD et HALL, 1987) et à sa symbiose avec les mycorhizes (KAWAPATA et HALL, 1985). Il peut également donner un rendement élevé lorsque les conditions sont favorables, notamment avec l'irrigation d'appoint (TURK *et al.*, 1980). Dans les associations culturales avec le sorgho, le maïs, le coton ou le mil, il constitue un engrais vert (un apport de 60-70 kg/ha d'azote) ainsi qu'une plante de couverture pour empêcher la dégradation des sols cultivés. Il joue un rôle important dans la rotation des cultures, grâce à la propriété de certains cultivars d'inhiber la reproduction des nématodes (EHLERS et HALL, 1997).

Selon la base de données établie par MAAS et HOFFMAN (1977) pour la classification des cultures par rapport à leur tolérance à la salinité, cowpea (niébé) est modérément tolérant, avec un seuil de $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ sans perte de rendement. Des seuils de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$, $7,00 \text{ dS m}^{-1}$ et $9,1 \text{ dS m}^{-1}$ provoquent 10 %, 25 % et 50 % de perte de rendement respectivement

Des résultats identiques ont été signalés par MURILLO-AMADOR *et al.* (2006). En effet, qui n'ont noté une réduction du rendement du niébé cultivé en milieu salin que lorsque la conductivité électrique de la rhizosphère excède $4,9 \text{ dS m}^{-1}$.

En outre, WEST et FRANCOIS (1982), notent chez le niébé, 12 % de réduction du rendement lorsque la conductivité électrique de la rhizosphère dépasse $4,9 \text{ dS m}^{-1}$. Les mêmes auteurs ont démontré que chaque unité d'augmentation de la salinité au delà de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ entraîne 0,9 % de réduction de la croissance végétative du niébé. Alors que la germination n'est réduite significativement que lorsque la conductivité électrique dans le milieu de culture excède 12 dS m^{-1} .

SILVEIRA *et al.* (2001) ont constaté que la salinité induit une réduction de la croissance associée à une réduction de l'assimilation de l'azote chez le niébé

En 2008, TAWFIK constate une réduction progressive de la croissance et du rendement du niébé cultivé sous stress salin.

SILVA *et al.* (2003), ont observé plusieurs réactions du niébé sous stress salin. Elles se manifestent par une réduction de la croissance, une perturbation de l'équilibre hydrique de la plante et une augmentation des teneurs en solutés inorganiques dans différentes parties de la plante, dues à l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- . Elles se manifestent également par une augmentation des sucres solubles des tiges et des feuilles, une réduction de l'azote soluble de jeunes feuilles trifoliées et de l'extrémité des racines et une réduction des teneurs en prolines de l'extrémité racinaire.

Les travaux de MURILLO-AMADOR *et al.* (2001), ont montré que la salinité retarde la germination des graines du niébé et réduit le pourcentage de germination. Cependant, ces effets diffèrent selon les génotypes. Ils concluent que la sélection pour la tolérance à la salinité chez les génotypes de Cowpea peut être effectuée avec succès durant la germination des graines. Des résultats identiques ont été trouvés par MURILLO-AMADOR *et al.* (2002).

MATERIEL ET METHODES

Dans cette étude, nous avons conduit deux essais, le premier concerne l'effet du NaCl sur la germination des graines de 5 populations de *Vigna unguiculata*. Il a été réalisé au laboratoire. Le deuxième essai, concerne les effets de la salinité sur la croissance, le rendement (sous serre à la station expérimentale de l'INA), le potentiel hydrique foliaire, les teneurs en chlorophylles, l'accumulation de la proline et des sucres solubles foliaires (au laboratoire).

I- Matériel végétal

Les semences de 4 populations locales de niébé (P1, P7, P17 et P23) qui ont servi pour cette étude, ont été collectées, au cours de prospections conduites en 2003 et 2004 à travers différentes régions du pays (Tableau II et figure 1). Les semences de la population P13 ont été collectées par une étudiante d'In Salah en 2006 (BOUBKEUR, 2007).

Agriculteur fournisseur	Symboles des populations	Origine	Couleur de la graine
Rezoug Khemisse	P1	Tonga Ouest El Kala	Blanche à oeil marron
Attar Mehdi	P7	Si Khoumadour Tizi Ouzou	Blanche oeil noire
Boubkeur	P13	In Salah	Noir
Senoussi Salem	P17	Bouda Adrar	Beige
Barkal Laagid	P23	El Ouata Bechar	Beige

Tableau II : Provenance des populations du niébé.



Figure 1 – Aspect des graines des 5 populations de niébé

Les caractéristiques des régions de provenance sont présentées dans le tableau III.

Région de provenance	Latitude	Longitude	Altitude	Type de climat	Populations
El Kala	36° 43 N à 36° 57 N	7° 43 E à 8° 37 E	15.m	Climat de type méditerranéen avec un hiver doux, pluvieux et un été chaud et sec.	P1
Adrar	28° 13 N	00° 10 O	275.m	Climat désertique avec un hiver froid un été très chaud et sec.	P17
Bechar	31° 01 N	2° 42 O	769.m	Climat très chaud et sec en été et très froid en hiver.	P23
Tizi-Ouzou	36° 043 N	4° 02 E	270.m	Climat de type méditerranéen avec un hiver doux, pluvieux et un été chaud et sec.	P7
In Salah	27°,14 N	02°,30 E		Climat désertique, caractérisé par un été très chaud et un hiver très froid.	P13

Tableau III: Caractéristiques des régions de provenance des populations de niébé.

4 des populations (P1, P7, P17 et P23) ont été caractérisées agro morphologiquement (Tableau IV) par BEDDIAF (2006) et BOUBKEUR (2007). Certaines caractéristiques de la P13 sont présentés dans le tableau IV.

Tableau IV: Caractéristiques agro morphologiques des 4 populations étudiées.

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

P Caractéristiques morphologiques	P01	P07	P17	P23	P13
Forme de la graine	Réniforme	Réniforme	Rhomboïde	Rhomboïde	Rhomboïde
Texture de la graine	Lisse à rugueuse	Ridée	Lisse	Lisse	Lisse
Couleur des fleurs	Blanche	Blanche	Violette	Violette	Violette
Longueur moyenne des gousses (cm)	14,50	17,50	9,60	9,80	11,68
Nombre de graines / gousses	6,77	6,70	8,87	8,37	12,17
Longueur moyenne de graines (cm).	1,03	1,20	0,60	0,70	0,64
Cultigroupe proposé	Melanophthalmus	Melanophthalmus	Biflora	Biflora	

II- Effet de la salinité sur la germination des graines de 5 populations locales de niébé

1-Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des 5 populations de *Vigna unguiculata* décrites précédemment (Tableau IV).

2-Dose de salinité

Le NaCl, est généralement le sel soluble prédominant dans nos eaux d'irrigation et dans nos sols affectés par les sels (SNOUSSI et HALITIM, 1998). Ainsi, des concentrations de NaCl croissantes ont été utilisées, pour évaluer l'effet de la salinité sur la germination.

Les concentrations ont été choisies selon des travaux antérieurs sur *Vigna unguiculata*. Nous avons opté pour les concentrations appliquées par WEST et FRANÇOIS (1982). Ainsi les 6 concentrations utilisées correspondent aux conductivités électriques suivantes : **0, 4, 8, 12, 16 et 20 dS m⁻¹ ***.

* Unité de la conductivité électrique : Déci Siemens par mètre [S/m]

3-Essai de germination

L'expérience de germination a été réalisée au cours de mois de mars 2008 au niveau du laboratoire.

Les graines sont stérilisées dans une solution d'hypochlorite de sodium 5% pendant 5 minutes avant l'expérimentation puis rincées à l'eau distillée.

Les graines sont ensuite placées dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre et 1,3 cm d'épaisseur, contenant deux couches de papier filtre, et mises à germer dans une chambre de culture. Chaque essai porte sur 30 graines, soit 3 répétitions de 10 graines par boîte de Pétri.

Dans chaque boîte de Pétri sont versés 10 ml d'eau distillée pour les graines témoins et 10 ml de solution saline pour les graines stressées à **0, 4, 8, 12, 16 et 20 dS m⁻¹** de NaCl.

Les solutions sont versées dans les proportions de 2,5 fois le poids du papier (DANTAS *et al.*, 2005).

Le critère de germination retenu correspond au moment où la radicule perce les enveloppes, selon la définition de Côme (COME, 1970). La germination des graines est relevée quotidiennement pour chaque lot durant 08 jours pour établir :

- L'évolution du pourcentage de germination.
- La faculté germinative des graines (le pourcentage final de graines germées).

III- Effet de la salinité sur la croissance, le potentiel hydrique foliaire, les paramètres biochimiques et le rendement de 5 populations de niébé

1- Conditions de culture

1.1- Matériel végétal et culture des plantes

Cette expérience a été réalisée durant la période Mars-Juillet 2008, pour évaluer les effets de l'irrigation avec différentes solutions salines sur la croissance et le rendement des plantes du niébé.

L'essai a été mené dans une serre en verre au niveau de la station expérimentale de l'Institut National Agronomique situé dans la région El Harrach.

Cinq populations de *Vigna unguiculata* à savoir : P1, P7, P13, P17 et P23 (décrites précédemment) ont été comparées (Tableau IV).

Des pots en plastique d'une capacité de 5 kg ont été remplis d'un mélange de sol de l'INA et de sable de rivière préalablement rincé abondamment à l'eau de robinet, dans des proportions de 2 :1 respectivement.

Les analyses de la conductivité électrique et du pH du sol ont montré que c'est un sol légèrement salin (2.75 dS m⁻¹) et de pH alcalin (8.2).

1.2- Dispositif expérimental

Les pots ont été placés selon un dispositif en randomisation totale, avec : 4 traitements salins, 5 populations et 8 répétitions (figure 2 et 3). Soit, un total de 160 pots.



Figure 2 - Vue générale du dispositif expérimental

P1T0R3	P17T2R2	P07T0R1	P17T2R4	P1T0R5	P1T0R6	P1T0R7	P1T0R8
P07T0R3	P01T2R2	P01T2R2	P01T2R4	P07T0R5	P23T2R6	P17T0R7	P13T1R8
P17T1R3	P23T2R1	P13T1R1	P23T2R4	P1T3R5	P13T1R6	P1T2R7	P1T2R8
P13T3R3	P07T0R2	P13T0R1	P01T3R4	P17T1R5	P7T0R6	P7T0R7	P23T3R8
P1T1R3	P1T1R2	P17T3R1	P07T0R4	P1T1R5	P1T1R6	P17T3R7	P7T1R8
P07T2R3	P07T1R2	P23T1R1	P23T3R4	P07T1R5	P7T2R6	P23T2R7	P07T2R8
P23T3R3	P17T2R1	P07T2R1	P17T2R4	P07T2R5	P17T1R6	P1T3R7	P1T1R8
P13T0R3	P07T3R2	P07T3R1	P07T2R4	P13T3R5	P07T3R6	P23T1R7	P07T3R8
P07T3R3	P17T0R2	P13T2R1	P13T1R4	P23T0R4	P13T0R6	P07T3R7	P13T0R8
P13T1R1	P23T1R2	P1T1R1	P07T3R4	P17T3R4	P1T2R6	P13T1R7	P1T3R8
P1T2R3	P13T2R2	P7T2R2	P13T0R4	P1T0R4	P13T2R6	P7T2R7	P13T2R8
P1T3R2	P13T3R2	P13T3R1	P1T1R4	P17T0R4	P7T1R6	P13T3R7	P17T2R8
P17T3R3	P17T0R2	P17T0R1	P13T3R4	P23T1R4	P17T0R6	P1T1R7	P17T0R8
P23T1R3	P23T2R2	P7T1R1	P23T2R6	P17T2R5	P23T0R6	P17T1R7	P17T1R8
P17T2R3	P1T0R2	P13T1R2	P07T3R5	P01T2R5	P17T2R6	P13T0R7	P23T1R8
P7T1R3	P17T3R2	P17T1R1	P13T0R5	P13T1R5	P13T3R6	P17T2R7	P7T0R8
P13T2R3	P23T0R2	P23T0R1	P17T3R5	P23T3R5	P1T3R6	P23T0R7	P23T0R8
P23T0R3	P1T3R3	P1T3R1	P23T1R5	P17T1R4	P23T1R6	P1T1R7	P13T3R8
P17T0R3	P23T3R2	P23T3R1	P13T2R5	P23T0R5	P17T3R6	P13T2R7	P23T2R8
P1T0R1	P17T1R2	P23T2R3	P7T1R4	P17T0R5	P23T3R6	P23T3R7	P17T3R8

Figure 3 - Dispositif expérimental

1.3- Semis

Une pré irrigation à l'eau non salée a été réalisée une semaine avant le semis dans le but d'éviter le déplacement des graines d'assurer une bonne levée (MAAS, 1993, 1996).

Trois graines de chaque population choisies au hasard ont été semées dans chaque pot avec une distance égale entre eux.

1.4- Dose de sel

Pour le choix des concentrations de sel à appliquer, nous nous sommes référées à la base de données établie par MAAS et HOFFMAN (1977). La base de données comporte la classification des 127 cultures parmi lesquelles *Vigna unguiculata* pour leur tolérance à la salinité. Selon AYERS et WESTCOT (1985), cette base de données sert de guide pour la tolérance relative entre les espèces. La tolérance absolue varie avec le climat, les conditions climatiques et les pratiques culturales.

Ainsi, pour *Vigna unguiculata* les valeurs qui induisent des réductions de rendement de 0 à 50% sont consignées dans le tableau V (MAAS et HOFFMAN, 1977). Nous avons opté pour ces valeurs dans notre étude, à l'exception pour le témoin, nous avons utilisé l'eau d'irrigation de l'INA dont la conductivité électrique est de **1,93 dS m⁻¹**.

Tableau V - Influence de la salinité sur le rendement du *Vigna unguiculata*

Dose de sel	CE du sol (dS m ⁻¹)	CE de l'eau d'irrigation (dS m ⁻¹)	Perte de rendement
T0 (Témoin)	4,9	3,3	Sans perte
T1	5,7	3,8 (2,43 g/l)	10 %
T2	7	4,7 (3 g/l)	25 %
T3	9,1	6,0 (3,84 g/l)	50 %

Source : MAAS et HOFFMAN (1977)

Les mesures de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation sont effectuées au laboratoire d'analyse du sol de l'INA à l'aide d'un conductivimètre.

1.5- Irrigation

Pour l'irrigation des plantes, nous nous sommes référées aux travaux de MAAS (1993, 1996). Ce dernier auteur a établi les bases de test de tolérance des plantes à la salinité. Il souligne que plusieurs traitements salins doivent être imposés. L'application du stress salin s'effectue par une solution saline artificiel (rajout de sel). Le NaCl est rajouté à l'eau d'irrigation non saline pour obtenir des concentrations salines qui induisent des réductions de rendement de 0 % à 50 %. Pour assurer une bonne levée, les pots sont irrigués par la solution non saline avant le semis. L'irrigation par les solutions salines est appliquée 20 jours après la levée et se poursuit durant la croissance.

Les 5 populations étudiées présentent une floraison échelonnée, ce qui rend difficile le repérage de la synchronisation des différents stades de la plante. Pour cette raison, les 5 populations ont été soumises à la même durée de stress. Le stress salin est imposé pendant 2 mois, à partir du 20^{ème} jour après le semis, avant la première feuille trifolié jusqu'à la formation de gousses pour les populations P1, P7 et P23, et le début floraison pour les populations P13 et P17.

1.6 - Traitement phytosanitaires

Au cours de notre étude, nous avons noté des attaques de pucerons, des acariens et de la mineuse. Pour cela nous avons effectué les traitements phytosanitaires suivants :

- Vertimec : contre la mineuse (0,25 ml / 1L d'eau).
- Mélange Pychlorex + Bye Bye (1,75 ml + 2 ml) / l d'eau. Le Pychlorex est un insecticide total, il a une action contre les pucerons, alors que le traitement Bye Bye est un acaricide.

2-.Mesures effectuées

Les paramètres mesurés au cours de cette étude ont été retenus pour leur sensibilité au stress salin. Les mesures des teneurs en pigments photosynthétiques, de la proline foliaire, des sucres solubles et du potentiel hydrique ont été effectuées à la fin de la période d'application de stress salin (2 mois). Les mesures de la croissance ont été effectuées à la fin de la période d'application du stress (29-05-2008) et à la fin du cycle (30-07-2008). À maturité, nous avons mesuré les composantes du rendement.

2.1 - Paramètres de croissance

2.1.1- Hauteur des plantes

La mesure de la hauteur des plantes, en centimètres, est déterminée à l'aide d'une règle graduée à partir du collet de la plante jusqu'au bourgeon terminal. Pour chaque traitement, nous avons effectué une moyenne de 7 répétitions.

2.1.2- Nombres de feuilles

2.1.3- Surface foliaire

La surface foliaire est estimée par la méthode de PAUL *et al.* (1979) qui consiste à :

- placer la feuille de la plante sur une feuille de papier ou papier calque.
- découper les contours de la feuille.
- Peser la partie du calque présentant la feuille (**Pf**)
- Déterminer par pesée le poids correspondant (**Pc**) correspondant à la surface (**sq**) connue d'un carré du même papier calque.
- Déduire la surface de la feuille (**Sf**) par la formule suivante :

$$Sf = (Pf \cdot Sq) / Pc$$

Une moyenne de 05 répétitions est établie. Les résultats sont exprimés en cm^2 .

2.2- Paramètres biochimiques

2.2.1- Extraction et dosage des pigments foliaires

La méthode utilisée est celle de LICHTENTHALER (1987). Ainsi, 0,1 g de matière végétale fraîche (MVF) sont broyés à sec puis dans 10 ml d'acétone à 80 %. Le broyat est centrifugé à 3000 tr/mn pendant 10 mn. Le surnageant qui contient les pigments est récupéré, et les densités optiques (DO) sont lues aux longueurs d'ondes suivantes :

$\lambda_a = 645 \text{ nm}$ et $\lambda_b = 663 \text{ nm}$ pour la chlorophylle a et b.

$\lambda_c = 470 \text{ nm}$ pour les caroténoïdes.

L'étalonnage du spectrophotomètre se fait grâce à un blanc préparé à partir de 10 ml d'acétone à 80%. Les teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes sont déterminés selon les équations de LICHTENTHALER (1987).

Chl. a = $12,25 (DO \lambda_b) - 2,79 (DO \lambda_a)$ ($\mu\text{g/ml}$)

Chl. b = $21,5 (DO \lambda_a) - 5,1 (DO \lambda_b)$ ($\mu\text{g/ml}$)

Chl. a + Chl. b = $7,15 (DO \lambda_b) + 18,71 (DO \lambda_a)$ ($\mu\text{g/ml}$)

$$\text{Caroténoïdes} = \frac{\{(1000 \times \text{DO 470}) - [(1,82 \times \text{Chl a}) + (85,02 \times \text{Chl b})]\}}{198} \quad (\mu\text{g/ml})$$

Les teneurs en pigments foliaires (moyenne de 6 répétitions) sont exprimées en $\mu\text{g/g}$ de MVF.

2.2.2- Dosage de la proline foliaire

La méthode est celle de TROLL et LINDSLEY (1955), simplifiée et mise au point par MAGNÉ et LARHER (1992).

- Principe

La proline réagit en milieu acide et chaud avec la ninhydrine, pour donner un composé de couleur rose, soluble dans le toluène.

- Extraction

50 mg de matière végétale sèche (MVS) sont broyés à sec puis dans 5 ml de méthanol, après agitation du mélange, le tout est chauffé à 85°C dans un bain marie pendant 60 min.

- Dosage

À 0,5 ml d'extrait prélevé après refroidissement, sont rajoutés 1ml de réactif à la ninhydrine (1,25 g de ninhydrine sont dissous dans 30 ml d'acide acétique glacial, 7,5 ml d'acide orthophosphorique à 85 % et 12,5 ml d'eau distillée).

Après agitation au vortex, le mélange est porté à ébullition à 90 °C durant 30 minutes au bain marie. Une coloration rose apparaît. Après refroidissement, 3 ml de toluène sont additionnés à la solution qui est ensuite agitée au vortex.

Deux phases se séparent, une phase inférieure aqueuse et une phase organique toluénique supérieure. Cette dernière est récupérée à l'aide d'une pipette pasteur et mesurée à 520 nm au spectrophotomètre.

La courbe étalon est réalisée à l'aide d'une solution mère de proline (10 mg/100 ml).

La quantité de proline, moyenne de 5 répétitions de chaque expérimentation est exprimée en mg/g de MVS.

2.2.3- Dosage des sucres solubles foliaires

La méthode utilisée pour le dosage de cet élément, est celle de MC READY (1950).

- Principe

La méthode consiste à utiliser l'acide sulfurique à 91 % lequel transforme à chaud les glucides en furfural et dérivés furfuriques. L'anthrone en milieu sulfurique et à chaud se condense avec le furfural et ses dérivés pour donner des complexes colorés en vert-bleu en présence des hexoses.

- Extraction

Les sucres solubles sont extraits à partir de 0,5 g de MVF. Les feuilles sont broyées à sec puis dans 10 ml d'éthanol à 80 % bouillant. Après agitation au vortex le broyat est centrifugé à 5000 tr/minutes pendant 20 minutes. Le surnageant contenant les sucres solubles est

récupéré et conservé. Cette opération est répétée trois fois en lavant le culot à chaque fois avec 5 ml d'éthanol bouillant à 80 %. Les trois surnageants sont mélangés et ajustés à 20 ml avec de l'eau distillée.

- Dosage

Le dosage est réalisé sur 0,5 ml d'extrait glucidique auquel sont rajoutés 0,5 ml d'eau distillée et 2 ml de réactif à l'antrone (0,2 g d'antrone dissous dans 100 ml d'acide sulfurique à 91 %, préparé dans de la glace). Les tubes sont agités puis placés au bain-marie à 100 °C pendant 7 minutes. Après refroidissement, les densités optiques sont lues au spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 630$ nm. Le spectrophotomètre est étalonné avec un blanc préparé à partir de 0,5 ml d'éthanol, 0,5 ml d'eau distillée et de 2 ml de réactif à l'antrone.

La courbe étalon est réalisée à l'aide d'une solution mère de glucose (10 mg/100 ml).

La quantité de sucres solubles, moyenne de 5 répétitions de chaque expérimentation est exprimée en mg/g de MVS.

2.3- Potentiel hydrique foliaire

Ce paramètre a été mesuré sur la dernière feuille du sommet entièrement formée par la technique de la chambre à pression (SHOLANDER *et al.*, 1964). La feuille sectionnée est introduite dans un bouchon de silicone, le tout est introduit dans la chambre à pression de sorte que le bout sectionné apparaisse à l'extérieur du couvercle sur une hauteur maximale de 1,5 cm. L'azote sous pression est envoyé jusqu'à l'apparition de la première goutte de sève au niveau de la section de la feuille. La pression nécessaire à l'excrétion d'une goutte de sève est égale, en signe opposé, au potentiel hydrique foliaire du tissu considéré.

Le potentiel hydrique foliaire (moyenne de 3 répétitions) est exprimé en bar.

2.4- Composantes du rendement

À maturité, 6 plants par chaque traitement salin ont été pris au hasard pour mesurer :

- le nombre de gousses par plant
- le nombre de graines par gousse
- le poids de 100 graines
- la longueur moyenne des gousses par plant.

VI- Analyse statistique

La signification statistique des résultats obtenus au cours de cette étude a été testée par :

- une analyse de la variance à deux facteurs (facteur traitement salin et facteur population)
- le test de la plus petite différence significative (LSD) à un risque d'erreur de 0,05 %.

Nous avons utilisé le logiciel SPSS 10 pour effectuer ces tests.

Les courbes ont été réalisées par l'Excel 2007. Les barres d'erreurs (ESM) ont été calculées selon la formule d'ESM suivante :

$$ESM = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \quad \text{avec } \delta \text{ (écart type)} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats concernant l'influence de la salinité sur la germination, la croissance, le rendement, les paramètres biochimiques et le potentiel hydrique foliaire sont présentés en deux parties. La première partie rapporte les effets sur la germination (expérience réalisée au laboratoire), et la deuxième, les effets sur les autres paramètres sus-cités (expérience réalisée sous serre).

Les tableaux des tests statistiques réalisés par le logiciel SPSS 10 sont placés en annexe. Les tableaux des tests des effets inter-sujets sont inclus dans le texte.

Les résultats obtenus seront brièvement rappelés puis discutés à la lumière de la littérature. Nous analyserons successivement les effets du stress salin sur chaque paramètre étudié.

I- Effet du stress salin sur la germination des graines de 5 populations de niébé

1-Effet du stress salin sur l'évolution du pourcentage de germination

La figure 4 montre l'évolution du pourcentage de germination des graines des P1, P7, P13, P17 et P23 en fonction des différents traitements et du temps (8 J).

Nous avons observé un gonflement des graines mises à germer sous toutes les concentrations de NaCl du milieu.

En milieu non salé (témoin), la germination commence le deuxième jour pour les 5 populations. Elle atteint 100 % le 3^{ème} jour pour les populations P1, P7 et P23 et le 4^{ème} jour pour la P17. Quant à la P13, elle atteint le maximum de germination (81,47 %) le 7^{ème} jour.

En milieu salé, la germination est retardée, réduite ou même inhibée totalement.

À faible concentration de NaCl (4 et 8 dS m⁻¹) dans le milieu, le pourcentage de germination au 2^{ème} jour est réduit par rapport au témoin et parfois nul. En effet, la germination des populations P1, P7, P17 et P23 (4 dS m⁻¹) atteint respectivement 20 %, 22 %, 6 % et 24 % le 2^{ème} jour contre respectivement 67 %, 73 %, 17 % et 73 % en milieu non salé (T0). Quant au pourcentage de germination de la P1 et la P23 à 4 dS m⁻¹, il tend à rejoindre le pourcentage atteint par les semences témoin (100 %) le 3^{ème} jour, le 5^{ème} et 6^{ème} jour respectivement pour les P17 et P7.

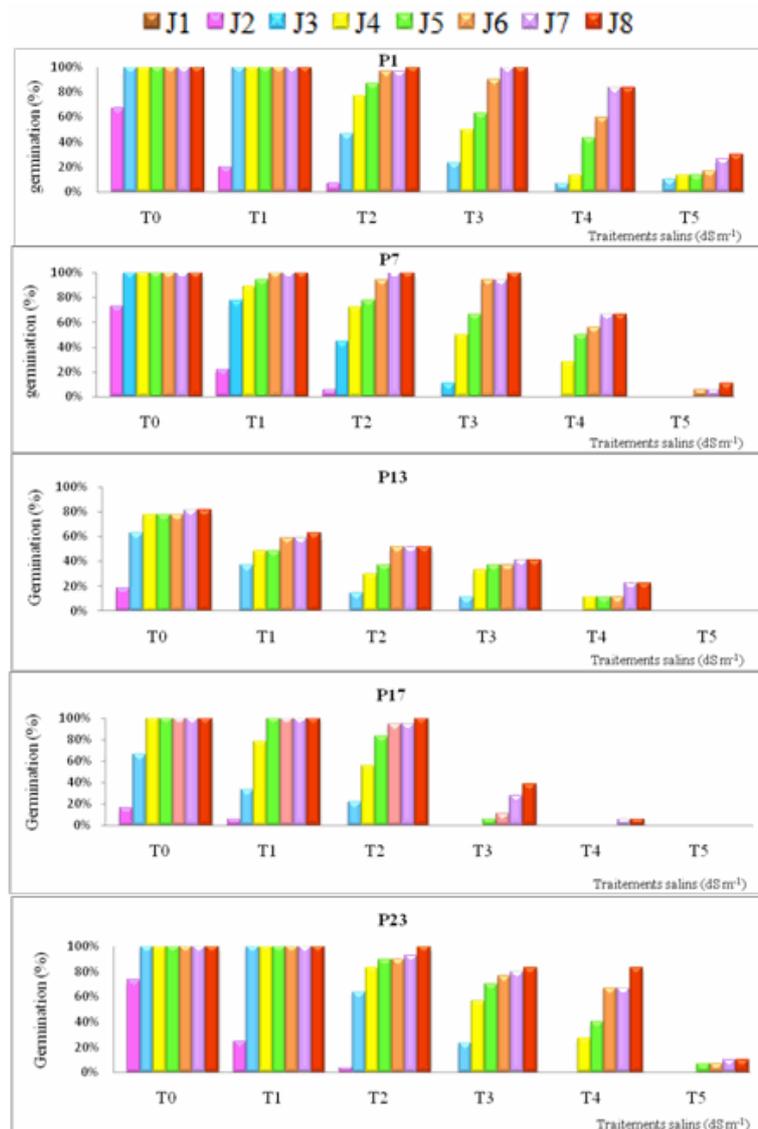


Figure 4 : Effet du stress salin sur la germination des graines de niébé durant 8 jours.

Chaque point représente la moyenne de 3 répétitions

Pour la P13, nous notons un retard de germination (à 4 dS m⁻¹). Elle est nulle le 2^{ème} jour (4 dS m⁻¹) et ne démarre que le 3^{ème} jour avec un pourcentage de 37,03 % contre 62,96 % en milieu non salé (eau distillée).

Les pourcentages de germination maximums de la P13 en T1 et T2, soit 62,96 % et 51,85 % sont atteints respectivement le 8^{ème} et 6^{ème} jour. Ces pourcentages plus faibles par rapport au témoin (81,47 %).

Aux concentrations élevées de NaCl (T3, T4 et T5), la germination est retardée, puis réduite, mais, les populations réagissent différemment aux différentes concentrations.

Les graines des populations P1, P7 et P23, germent bien en milieu salée (T3, T4), avec 100 % de germination après le 8^{ème} jour en T3 pour les populations P1 et P7, 83,33 % pour la P23, et respectivement 83,33 %, 66,66 % et 83,33 % en T4 pour les populations

suscitées. En revanche, ces populations sont sensibles à la concentration la plus élevée (T5), les pourcentages de germination ne dépassent guère la barre de 30%, 11,11 % et 10,00 % respectivement le 8^{ème} jour.

Les populations P13 et P17 présentent une sensibilité aux concentrations élevées (T3, T4 et T5). En effet, les pourcentages finaux de germination (en T3) ne dépassent pas 40,74 % et 38,89 % respectivement pour les populations suscitées. En T4, des pourcentages faibles ont été enregistrés (22,22 % et 5,56 % respectivement). En T5, nous avons noté une absence totale de germination.

L'analyse de la variance (annexe I) montre que la variance des facteurs étudiés, population, traitement, et l'interaction population x traitement à l'égard du pourcentage de germination, était très hautement significative (P < 0,001) dès le premier jour de germination et demeurent jusqu'au dernier jour (tableau VII).

2-Effet du stress salin sur le pourcentage final de germination (faculté germinative)

Huit jours après le semis (tableau VI et VII), l'effet de la salinité n'est devenu significatif qu'à partir de T5 pour les populations P1 et P23, et de T4 pour la population P7. En revanche, le pourcentage final de germination de la P17 est réduit significativement à partir de T3 et celui de la P13 à partir de T1.

Traitements salins	Faculté germinative (Pourcentage de germination final)				
	P1	P7	P13	P17	P23
T0	100±00aA	100±00aA	81,47±7,41b A	100±00aA	100±00aA
T1	100±00aA	100±00aA	62,96±3,70b B	100±00aA	100±00aA
T2	100±00aA	100±00aA	51,85±7,41b B	100±00aA	100±004aA
T3	100±00aA	100±00aA	40,74±3,70b B	38,89±11,11 bB	83,33±8,82a A
T4	83,33±6,67aA	66,66±16,67a B	22,22±6,41b C	5,56±5,56bC	83,33±8,82a A
T5	30,00±15,28a B	11,11±11,11a C	0±0bD	0±0bC	10,00±5,77a B

Tableau VI- Effet de la salinité sur la faculté germinative (8^{ème} jour) des 5 populations sous différents traitements de NaCl.

Les valeurs sur la même colonne ayant différentes lettres majuscules sont différentes significativement, et celles qui ont différentes lettres minuscules sur la même ligne sont également différents significativement (P < 0,05). Les valeurs sont représentées par les moyennes ±ESM.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS et les résultats du test post hoc (LSD) pour le dernier jour de germination (annexe I) a permis de classer les populations selon leur sensibilité à l'effet de la salinité en 3 groupes :

- **Groupe 1 : Populations tolérantes, "P1, P7 et P23"** originaires respectivement d'El Kala, Tizi Ouzou et Béchar. Elles germent bien en différentes concentrations salines. Leur faculté germinative est comparable au témoin, soit 100% de germination en T1, T2 et T3 pour les populations P1 et P7, en T1 et T2 pour la P23. En T4, un pourcentage de germination final élevé (83,33 %) est observé pour les populations P1 et P23. Leur faculté germinative n'est affectée significativement qu'à partir de T5 (P1 et P23), et à partir de T4 (P7).
- **Groupe 2 : Population moyennement tolérante " P17 "** originaire d'Adrar, qui se caractérise par un bon pourcentage de germination (100 %) aux concentrations T1 et T2. Sa faculté germinative est réduite significativement à partir de T3 et elle est nulle en T5.
- **Groupe 3 : Population sensible.** Il comporte la population **P13** originaire d'In Salah. Cette population se caractérise par une réduction significative de sa faculté germinative à partir T1 et elle est nulle en T5.

D'après les dendrogrammes établis par le logiciel SPSS et les résultats du test post hoc (LSD), pour le dernier jour de germination (annexe I), les traitements salins sont classés selon leurs actions sur la germination :

- **Groupe 1 :** Traitements T0, T1 et T2 (0 dSm^{-1} , 4 dS m^{-1} , et 8 dS m^{-1} respectivement).
- **Groupe 2 :** Traitement 3 (12 dSm^{-1}).
- **Groupe 3 :** Traitement 4 (16 dSm^{-1}).
- **Groupe 4 :** Traitement 5 (20 dSm^{-1}).

Tableau VII- Tests des effets inter-sujets. Variable : germination (8^{ème} jour)

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	81.770,387	5	16.354,077	131,236	0 ,000
B	22.920,019	4	5.730,005	45,981	0 ,000
A * B	15.227,210	20	761,361	6,110	0 ,000
Erreur	7.476,930	60	124,616		
Total	553.774,371	90			
Total corrigé	127.394,546	89			

a. R 2 =0 ,941 (R 2 ajusté = 0,913)

A : Traitements salins

B : Populations

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

3-Discussion

Toutes les populations présentent un caractère commun : les conditions optimales pour la germination sont obtenues en l'absence de NaCl dans le milieu (eau distillée), ce qui confirme la règle quasi-générale sur la germination des halophytes (GROUZIS *et al.*,

1976 ; BELKHODJA et BIDAI, 2004 ; EI-KEBLAWY et AI-RAWAI, 2005) et des glycophytes (MELONI *et al.*, 2008).

D'autres travaux ont également rapporté que les graines de la plupart des espèces atteignent leur maximum de germination en eau distillée (PARTRIDJE et WILSON, 1987 ; KHAN et GULZAR, 2003 ; NAIDOO et KIFT, 2006 ; VICENTE *et al.*, 2007 ; TLIG *et al.*, 2008 ; WEI *et al.*, 2008).

En milieu salé, nous avons noté **3** effets du stress salin sur la germination. :

- Aux concentrations faibles : retard de la germination mais sans réduction significative de la faculté germinative
- Aux concentrations moyennes : Retard de la germination lié à une réduction de la faculté germinative
- Aux concentrations trop élevées : inhibition totale de la germination.

Le premier effet du stress salin, est observé chez les populations P1, P7, P17 et P23, qui présentent un retard de germination à toutes les concentrations de sels utilisées ; Alors que leur faculté germinative est comparable à celle du témoin, soit 100 % de germination en T1 (4 dS m⁻¹), T2 (8 dS m⁻¹) et T3 (12 dS m⁻¹) pour les populations P1 et P7 ; en T1 et T2 pour la P23, et T1 et T2 pour la P17.

Le deuxième effet du stress salin, qui se manifeste par un retard de la germination et la réduction significative de la faculté germinative, est observé chez toutes les populations aux concentrations moyennes et/ou élevées, soit, T4 et T5 (16 dS m⁻¹ et 20 dS m⁻¹) pour les populations P1, P7 et P23 et T3 (P17) et à T1, T2, T3 et T4 (P13).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par d'autres chercheurs qui montrent que les faibles concentrations de sels retardent la germination sans réduction de la faculté germinative. Par contre, les concentrations élevées retardent la germination aussi bien que la faculté germinative (KHAN *et al.*, 2000 ; GHOULAM et FARES, 2001 ; THAKUR et SHARMA, 2005 ; AL-KHATEEB, 2006 ; NAIDOO et KIFT, 2006).

D'autres études ont également indiqué que les graines des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (KHAN et GULZAR, 2003 ; RUBIO-CASAL *et al.*, 2003 ; JAMIL *et al.*, 2006 ; YILDIRIM et GUVENC, 2006 ; JALEEL, 2007a ; TLIG *et al.*, 2008 ; WEI *et al.*, 2008) ; ce qui corrobore nos résultats relatifs aux glycophytes.

Les données de la littérature ont rapporté que la salinité affecte la germination des graines en réduisant la facilité d'absorption d'eau (CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000) durant l'imbibition (MURILLO-AMADOR et TROYO-DIEGUEZ, 2000 ; ASHRAF *et al.*, 2003), à cause de la diminution du potentiel hydrique du milieu (TLIG *et al.*, 2008). Par conséquent, l'hydrolyse des réserves alimentaires stockées dans les tissus et leurs translocations vers l'axe de l'embryon sont limitées (MISRA et DWIVEDI, 2004). De plus, YILDIRIM et GUVENC (2006) soulignent que la salinité affecte la germination, en facilitant l'absorption des ions toxiques, qui peuvent causer des changements des activités enzymatiques ou hormonales des semences.

Récemment, l'effet dépressif de la salinité sur la germination a également été attribué au stress oxydatif induit par le stress salin (AMOR *et al.*, 2005 ; DEMIRAL et TURKAN, 2005 ; LIU *et al.*, 2007 ; WAHID *et al.*, 2007 ; YAZICI *et al.*, 2007). Dans ce cas, les systèmes de protection antioxydants présents dans les graines deviennent inefficaces, ce qui conduit

à l'inhibition de la germination (KHAN *et al.*, 2006). Ces derniers auteurs proposent un traitement antioxydant avec l'acide ascorbique, pour améliorer la tolérance au stress salin au stade de germination chez quelques halophytes.

Nos résultats concernant les populations P1, P7 et P23 sont similaires à ceux obtenus par d'autres chercheurs travaillant sur *Vigna unguiculata*. En effet, WEST et FRANÇOIS (1982), signalent que l'augmentation de la salinité entraîne deux effets sur la germination des graines *Vigna unguiculata*. À des concentrations de NaCl jusque 12 dS m⁻¹, la germination est retardée, mais sans réduction de la faculté germinative. Cependant, cette dernière est réduite significativement aux plus fortes concentrations de NaCl (16 et 20 dS m⁻¹). WEST et FRANÇOIS (1982), soulignent que la réponse obtenue avec le niébé jusqu'à 12 dS m⁻¹ peut être considérée comme un effet osmotique car la germination est simplement retardée. La réduction de la faculté germinative à 16 et 20 dS m⁻¹ peut être due à l'effet osmotique ou toxique, ou la combinaison des deux effets.

Nos résultats obtenus avec les 3 populations P1, P7 et P23, corroborent également ceux obtenus par DANTAS *et al.* (2005), qui ont montré que la germination des graines de trois cultivars de *Vigna unguiculata* (Pitiúba, Epace 10 et Canapu) est significativement réduite respectivement de 6,1 %, 10,7 % et 25 % lorsqu'elles sont traitées avec 100 mol m⁻³ de NaCl, ce qui est l'équivalent de 10,2 dS m⁻¹.

MURILLO-AMADOR et TROYO-DIEGUEZ (2000), ont mis en évidence chez *Vigna unguiculata* une réduction significative de la faculté germinative à partir de 15,6 dS m⁻¹ ; ce qui n'est pas en opposition avec nos résultats.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par TSOATA (1995), qui montrent que la germination des légumineuses *Vigna marina* et *Cajanus cajan*, est retardée à 12 g/l, mais sans réduction du pourcentage final de germination, alors que pour les concentrations élevées (18 g/l à 30 g/l), la germination est réduite ou même inhibée.

Le 3^{ème} effet du stress Salin, qui se traduit par l'inhibition totale de la germination aux fortes concentrations de NaCl est noté chez les populations P13 et P17 à la concentration T5. Des observations identiques ont été relevées par d'autres chercheurs qui notent que les fortes concentrations de sels provoquent une inhibition totale de la germination (RUBIO-CASAL *et al.*, 2003, VICENTE *et al.*, 2007 ; WEI *et al.*, 2008). MURILLO-AMADOR *et al.* (2002) soulignent que l'inhibition de la germination des graines de *Vigna unguiculata* est due à la conjugaison des deux effets de sels, les effets osmotiques et toxiques.

Les 3 effets du stress salin sont observés chez les 5 populations avec une variabilité de réponses des populations à cette contrainte. La réponse varie en fonction de la population et la dose de sels.

- **Populations tolérantes** : P1, P7 et P23 originaire respectivement d'El Kala, Tizi Ouzou et Bechar.
- **Population moyennement tolérante** : la P17 originaire d'Adrar.
- **Population sensible** : la P13 originaire d'In Salah.

En effet, plusieurs auteurs ont constaté que les différences de tolérance à la salinité existent, pas seulement entre les différentes espèces, mais également à l'intérieur de l'espèce, entre les cultivars et populations (GROUZIS *et al.*, 1976 ; ALONSO *et al.*, 1999 ; SY *et al.*, 2001 ;

MURILLO-AMADOR *et al.*, 2002 ; RACCUIA *et al.*, 2004 ; SALVATORE *et al.*, 2004 ; YE *et al.*, 2005).

Nos avons noté que les différences dans la germination entre les 5 populations ont été plus importantes sous contrainte saline. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par YILDIRIM et GUVENC (2006) qui soulignent que ces différences peuvent être attribuées aux variations génotypiques qui sont exprimées à un degré élevé sous contrainte saline. Certains gènes ne peuvent être induits et exprimés qu'en conditions de stress salin.

Dans ce sens, la variabilité génétique au sein d'une espèce offre un outil précieux pour l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité. Un de ces mécanismes dépend de la capacité d'ajustement osmotique, qui permet de continuer la croissance sous conditions de stress salin (MURILLO-AMADOR *et al.*, 2002 ; MISRA et DWIVEDI, 2004).

Le poids de 100 graines constitue un caractère pouvant permettre une meilleure tolérance des graines au stress salin (SONG *et al.*, 2008). En effet, les graines des populations P1 et P7 qui sont plus lourdes que les autres (Tableau VIII), sont plus tolérantes à la salinité.

Tableau VIII - Poids des 100 graines des populations mises à germer

	Populations				
	P1	P7	P13	P17	P23
Poids de 100 graines (g)	23,43	29,20	7,28	8,66	9,87

II- Effet du stress salin sur la croissance, le potentiel hydrique foliaire, les paramètres biochimiques et le rendement

1- Effet du stress salin sur la croissance

1.1- Effet du stress salin sur la croissance à la fin de l'application du stress

Le stress salin provoque des baisses significatives de la hauteur (figure 5) à partir de T1 (3, 8 dS m⁻¹), très hautement significatives sur la surface foliaire et le nombre de feuilles à partir de T2 (4, 7 dS m⁻¹). Les différences entre génotypes pour tous les paramètres de croissance sont très hautement significatives (Tableau IX, X). Les interactions entre les génotypes et le stress salin sont significatives pour les variables hauteur et nombre de feuilles, non significatives pour la surface foliaire.

Pour le paramètre hauteur, les populations P1, P7 et P13 n'ont pas montré des réductions significatives de leur hauteur à toutes les concentrations de NaCl appliquées. En revanche, la hauteur des populations P17 et P23 est réduite significativement (13.33 % et 28.39 % respectivement) à la concentration élevée (T3).

Concernant le nombre de feuilles, nous avons constaté des réductions non significatives chez les populations P1 et P7 à toutes les concentrations appliquées. Les réductions (en T3) sont de l'ordre de 7,65 % et 8,02 % respectivement par rapport au témoin.

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Pour les populations P23, P17 et P13, la concentration de NaCl élevée (T3), entraîne des baisses significatives (25,28 %, 26,11 % et 43,13 % respectivement) du nombre de feuilles par rapport au témoin.

En ce qui concerne surface foliaire, nous avons noté des réductions non significatives de la surface foliaire pour les populations P1 et P7 à toutes les concentrations de NaCl (15,39 % et 20,74 % de réductions respectivement en T3). Pour les populations P13 et P23, leurs surfaces foliaires ont baissé significativement (24,91 % et 37,24 % respectivement) à partir de T3. La surface foliaire de la P17 est significativement réduite aux concentrations T2 et T3 (32,23 % et 32,83 % respectivement) par rapport au témoin.

Populations/ Traitements salins	Hauteur (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ² / plant)
P1			
Témoin	31,14±6,51a	9,29±0,42a	107,80±9,96a
T1	25,86± 2,50a	8,86±0,26a	98,00±6,44a
T2	23,00±0,44a	8,71±0,18a	93,00±8,29a
T3	21,71±0,92a	8,57±0,20a	91,20±6,55a
P7			
Témoin	34,71±9,25b	8,86±0,40b	134,00±9,85b
T1	29,71±6,74b	8,57±0,37b	115,00±11,03b
T2	23,57±0,95b	8,14±0,40b	106,20±16,69b
T3	20,86±1,92b	8,14±0,89b	106,20±4,65b
P13			
Témoin	15,71± 2,20c	30,14±1,87c	57,00±1,70c
T1	14,57±1,23c	27,4±3,78c	47,60±2,82c
T2	14,57± 0,84c	22,00±2,76ci	43,80± 5,35c
T3	13,14±0,77c	17,14±2,74di	42,80±6,46d
P17			
Témoin	15,00±0,44d	35,57±3,48d	67,00±3,18e
T1	14,14±0,51d	30,86±0,96d	60,40±6,80e
T2	14,00±0,44d	28,43±3,12d	45,40±5,43f
T3	13,00±0,69e	26,29±2,40e	45,00±3,30f
P23			
Témoin	221,43±10,10f	12,43±0,81f	69,80±7,41g
T1	207,14±13,04f	11,00±0,58f	65,60±6,43g
T2	182,86±16,14fg	10,86±0,51f	63,60±4,43g
T3	158,57±22,62g	9,29±0,47g	43,80±1,49h

Tableau IX - Effet de la salinité sur la hauteur, le nombre de feuilles et la surface foliaire des 5 populations de niébé à la fin du stress salin (après 60 jours d'application du stress)

Les valeurs sur la même colonne pour chaque population, suivies par la même lettre ne sont pas différentes significativement. Les résultats sont représentés par les valeurs

moyennes \pm l'ESM. (Surface foliaire : moyenne de **5** répétitions, Hauteur et nombre de feuilles : moyenne de **7** répétitions.

De ce qui précède, les paramètres les plus sensibles à l'augmentation de NaCl dans le milieu, sont le nombre de feuilles et la surface foliaire. Cette sensibilité est constatée chez les populations P13 et P17. En effet, 43 % de réduction du nombre de feuilles ont été observés chez la population P13 (en T3). Des réductions significatives (32,23% et 32,83%) de la surface foliaire ont été notées respectivement aux concentrations T2 et T3 pour la P17. Les populations P1, P7, P17 et P23 présentent respectivement des réductions du nombre de feuilles de 7,69%, 8,04%, 26,10% et 25,29% (T3) par rapport au témoin.

A : Traitements salins.

B : Populations de niébé.

A*B : interaction (Traitements salins x Populations).

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe II) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon la hauteur, la surface foliaire et le nombre de feuilles sous tous les traitements de NaCl.

- **Hauteur des plantes** : (P17, P13) < (P17, P1) < (P1, P7) < P23.
- **Nombre de feuilles** : (P7, P1 et P23) < P13 < P17.
- **Surface foliaire** : (P13, P17) < (P17, P23) < P1 < P7.

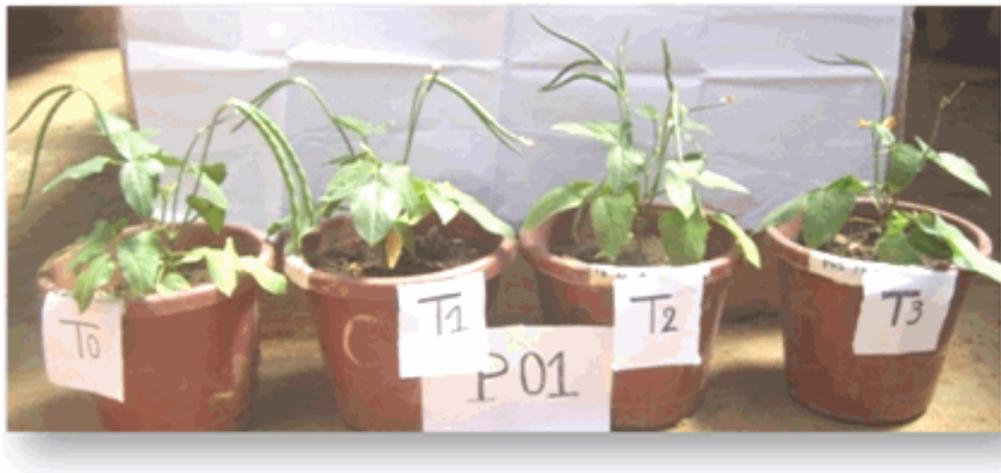


Figure 5 - Les populations P1 et P13 irriguées par différentes solutions salines.

(T0 = 1, 93 dSm⁻¹ , T1= 3, 8 dS m⁻¹, T2 = 4, 7 dS m⁻¹ et T3 = 6, 00 dS m⁻¹).

1.2- Effet du stress salin sur la croissance à la fin de l'expérience

En fin d'expérimentation (31-07-2008), la salinité affecte tous les paramètres de croissance chez les 5 populations (tableau XI et figure 6 et 7).

Populations/ traitements salins	Hauteur (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ² / plant)
P1			
Témoin	178,57±10,10a	22,86±0,70a	93,96±3,25a
T1	152,86± 13,75ac	22,14±0,40a	93,13±2,77a
T2	137,57 ±5,87bc	21,14±0,40ab	91,67±0,87a
T3	130,00±7,56c	20,28±0,52b	87,92±3,20a
P7			
Témoin	144,29±17,84d	23,29±0,64c	101,19±8,53b
T1	140±14,47d	22,00±0,62c	93,54±6,20b
T2	138,57±13,35d	21,71±0,68cd	88,96±3,45b
T3	137,14±19,11d	19,57±1,02d	82,29±3,99c
P13			
Témoin	124±7,56e	103,57±4,46e	67,08±3,91d
T1	88,57±19,11fh	87,86±5,22fgh	63,96±4,02d
T2	77,86±5,55gh	81,43±5,42g	58,12±2,43d
T3	75,71±4,42h	80,86±4,41hg	57,92±2,58d
P17			
Témoin	106,43±6,43i	120,71±12,07i	97,92±4,02e
T1	97,86±5,65i	97,86±4,86il	71,88±8,37fh
T2	96,43±6,70i	88,43±11,34jl	65,00±7,27gh
T3	94,57±5,74i	87,14±2,14kl	57,92±2,58h
P23			
Témoin	207,14±17,00j	30,14 ±3,71m	97,71±6,74i
T1	194,29±3,69j	28,86±0,74m	95,83±2,49ij
T2	187,14±9,18j	23,14±0,74no	88,54±2,00ij
T3	180±6,17j	19,57±1,02lo	83,13±1,29j

Tableau XI - Effet de la salinité sur la hauteur, le nombre de feuilles et la surface foliaire des 5 populations de niébé à la fin d'expérience (après 142 jours du semis).

Les valeurs sur la même colonne pour chaque population, suivies par la même lettre ne sont pas différentes significativement. Les résultats sont représentés par les valeurs moyennes ± l'ESM. (Surface foliaire : moyenne de 5 répétitions, Hauteur et nombre de feuilles : moyenne de 7 répétitions).

L'analyse de la variance (tableau XII) montre que le stress salin à partir de T1 (3, 8 dS m⁻¹) engendre des réductions très hautement significatives de tous les paramètres de croissance. L'effet génotype est également très hautement significatif. L'interaction population x salinité est non significative pour les variables hauteur et surface foliaire et significative pour le nombre de feuilles.

La sensibilité des paramètres de croissance à la salinité varie en fonction du niveau de la salinité et du génotype. La hauteur de P7, P17 et P23 n'est pas réduite significativement à toutes les concentrations de NaCl appliquées. En revanche, les hauteurs des populations P13 et P1 ont baissé significativement à partir de T1 (3, 8 dS m⁻¹) et T2 (4, 7 dS m⁻¹)

respectivement. En effet, c'est la P13 qui présente le pourcentage de réduction de la hauteur le plus élevé, avec 37,21 % et 38,94 % en T2 et T3 (6,00 dS m⁻¹) respectivement par rapport au témoin.

Pour les populations P1, P7, P17 et P23, les réductions de la hauteur (T2) sont respectivement de l'ordre 22,96 %, 3,96 %, 9,39 % et 9,65 % par rapport au témoin, et respectivement de 27,20 %, 4,95 %, 11,14 % et 13,10 % à la même concentration.

Le nombre de feuilles des populations P1, P7 n'est affecté significativement qu'à partir de la concentration T3, avec respectivement 11,25 % et 15,95 % de réduction par rapport au témoin. La P17 présente le pourcentage de réduction du nombre de feuilles le plus élevé suivie de la P23 et P13. Les réductions (en T2) pour les P17, P23 et P13 sont respectivement de l'ordre de 26,74 %, 23,22 %, 21,38 %, et 27,81 %, 25,12 % et 21,93 % (en T3) par rapport au témoin.

En revanche, si on compare le nombre moyen de feuilles, tous traitements confondus, la P17 et P13 présentent le nombre de feuilles le plus élevé par rapport aux autres populations avec en moyenne 98,53 et 88,42 feuilles respectivement contre les moyennes de 26,17, 21,64 et 21,60 feuilles respectivement pour les populations P23, P7 et P1.

Concernant la surface foliaire, nous avons enregistré des réductions non significatives de la surface foliaire pour les populations P1 et P13 à toutes les concentrations de NaCl. La surface foliaire des populations P7 et P23 n'est affectée significativement qu'à partir de T3 avec respectivement 18,67 % et 14,92 % de réduction par rapport au témoin. La P17 enregistre les pourcentages de réductions les plus élevés de la surface foliaire, les réductions sont significatives à partir de T2 et T3 (33,62 % et 40,85 % respectivement).

De ce qui précède, les paramètres les plus sensibles à la salinité, sont la surface foliaire suivie de la hauteur des plantes. En effet, 33,62 % et 40,85 % de réductions de la surface foliaire sont observées chez la population P17 respectivement en T2 et T3 par rapport au témoin. La hauteur de la P13, est réduite significativement à partir de T1, avec respectivement 28,57 %, 37,21 % et 38,94 % de baisses en T1, T2 et T3 par rapport au témoin.

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Significati on
Variable dépendante: Hauteur					
A	16.779,279	3	5.593,093	6,384	0,000
B	187.722,900	4	46.930,725	53,567	0,000
A * B	6.965,043	12	580,420	0,662	0,784
Erreur	105.133,429	120	876,112		
Total	2.847.353,000	140			
Total corrigé	316.600,650	139			
R 2	0,668 (R. deux ajusté = 0,615)				
Variable dépendante: Nombre de feuilles					
A	4274,193	3	1424,731	9,742	0,000
B	168.057,100	4	42.014,275	287,296	0,000
A * B	3.539,986	12	294,999	2,017	0,028
Erreur	17.548,857	120	146,240		
Total	561.549,000	140			
Total corrigé	193.420,136	139			
R 2	0.909 (R. deux ajusté = 0,895)				
Variable dépendante: Surface foliaire					
A	4.338,811	3	1.446,270	13,432	0,000
B	15.141,873	4	3.785,468	35,156	0,000
A * B	2.268,048	12	189,004	1,755	0,070
Erreur	8.613,984	80	107,675		
Total	700.842,010	100			
Total corrigé	30.362,716	99			
R 2	0.716 (R. deux ajusté = 0,649)				

Tableau XII - Tests des effets inter-sujets. Variables : hauteur, nombre de feuilles et surface foliaire « après 142 jours du semis »

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe II) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon la hauteur, la surface foliaire et le nombre de feuilles sous tous les traitements de NaCl. Le classement pour chaque variable fait ressortir les groupes suivants :

- **Hauteur des plantes** : (P13, P17) < (P1, P7) < P23.
- **Nombre de feuilles** : (P1, P7 et P23) < P13 < P17.
- **Surface foliaire** : P13 < P17 < (P23, P7 et P1).



Figure 6 - La population P23 irriguée par différentes solutions salines. T0= 1,93 dSm⁻¹ , T1= 3,8 dS m⁻¹, T2 = 4,7 dS m⁻¹ et T3 = 6,00 dS m⁻¹).



Figure 7 - La population P17 irriguée par différentes solutions salines.

(T0= 1,93 dS m⁻¹ , T1= 3,8 dS m⁻¹ , T2 = 4,7 dS m⁻¹ et T3 = 6,00 dS m⁻¹).

1.3- Discussion

Le stress salin cause des réductions de la hauteur, de la surface foliaire et du nombre de feuilles des plantes des 5 populations de niébé utilisées. En effet, plusieurs auteurs ont rapporté que la réponse générale des plantes à la salinité est la réduction de la croissance (ROGERS et NOBLE, 1992 ; CROSER *et al.*, 2001 ; ROMERO-ARANDA *et al.*, 2001 ; HAMEED et ASHRAF, 2008 ; JALEEL *et al.*, 2008 ; PERICA *et al.*, 2008). XIONG et ZHU (2002) considèrent que la réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique.

La réduction de la surface foliaire observée dans notre étude a été également signalée par WANG et NIL (2000). Ces mêmes auteurs soulignent que la réponse immédiate au stress salin est la réduction du taux d'expansion de la surface foliaire jusqu'à sa cessation avec l'augmentation des concentrations de sels.

En ce qui concerne le nombre de feuilles, NEUMANN (1997) considère que l'inhibition de l'expansion foliaire par le sel, réduit le volume du tissu des feuilles et par conséquent limite la production de nouvelles feuilles. De ce fait, la réduction du nombre de feuilles est fortement liée à la réduction de la surface foliaire. LOVATO *et al.* (1999) ont observé chez *Stylosanthes humilis* (Fabaceae) la réduction du nombre de feuilles chez toutes les populations étudiées. Ce qui est bien en accord avec les résultats que nous avons obtenus avec ce paramètre.

D'autres données de la littérature rapportent aussi que le stress salin induit une réduction considérable du nombre de feuilles, poids frais, poids sec des feuilles, tiges et racines (KURBAN *et al.*, 1999 ; MEHARI *et al.* 2005 ; SILVA *et al.*, 2008).

L'effet dépressif de la salinité sur la croissance des plantes peut être lié aux déséquilibres de l'état hydrique du sol du aux effets osmotiques de sels (PARIDA et DAS, 2005 ; FLOWERS et FLOWERS, 2005). Une forme de sécheresse physiologique survient lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, ce qui rend de plus en plus difficile l'acquisition d'eau et de nutriments par les plantes et le maintien de la turgescence des feuilles (HOPKINS, 2003). De ce fait, l'expansion des feuilles est ralentie et par conséquent la surface foliaire photosynthétique est réduite (SHANNON, 1997). De plus, SLAMA (2004) rapporte que l'effet de NaCl sur la photosynthèse s'exerce par une baisse de la teneur en chlorophylle, et une diminution de la surface foliaire.

Parmi les autres causes de réduction de la croissance on invoque les effets toxiques de sels (LEVIT, 1980), les déséquilibres ioniques, nutritionnels et hormonaux (KHAN *et al.*, 1999 ; KHAN, 2001 ; BAYUELO-JIMENEZ *et al.*, 2003 ; HAOUULA *et al.*, 2007) ou la combinaison de ces facteurs (SHANNON, 1992 ; HAYASHI et MURATA, 1998 ; YEO, 1998).

MUNNS et TERMAAT (1986) ont discuté en détail les processus qui réduisent la croissance de plantes. Ils ont distingué les effets à court terme et à long terme du stress salin. À court terme, la sécheresse physiologique n'est pas la cause de la réduction de la croissance des plantes stressées. C'est plutôt, l'énergie nécessaire à la croissance qui devient insuffisante pour assurer la croissance, car cette énergie est dépensée pour accumuler des ions et des corps dissous pour l'ajustement osmotique. La réduction de la croissance est due cependant, à la présence de concentrations toxiques du Na⁺ ou du Cl⁻ dans les feuilles des plantes soumises à une contrainte saline sévère. À long terme, les niveaux modérés de salinité, même pour de longues durées, peuvent causer des réductions significatives de la croissance et du rendement de la plupart des récoltes sans symptômes de toxicité et des dommages foliaires.

Dans ce sens, nos résultats suggèrent que la réduction de la croissance observée consécutivement à l'addition de NaCl dans la solution d'arrosage pour une longue durée serait imputable aux effets osmotiques des sels.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus chez *Vigna unguiculata* par d'autres chercheurs. C'est ainsi que WEST et FRANCOIS (1982) ont montré que la croissance de *Vigna unguiculata* est significativement réduite de 9 % par unité d'augmentation de la conductivité électrique du sol à partir du seuil de 1,6 dSm⁻¹.

MAAS et POSS, (1989a) ont signalé une réduction significative de la croissance de *Vigna unguiculata* lorsque le stress salin est appliqué au stade végétatif. Des résultats similaires ont été avancés par ASHRAF et RASUL (1988) et ZAYED et ZEID (1998) chez *Vigna radiata*.

Par ailleurs, SILVA *et al.* (2003) notent que la salinité (75 mM de NaCl) induit une réduction de la croissance de *Vigna unguiculata*. En outre, SILVEIRA *et al.* (2001) ont noté une réduction de la croissance de *Vigna unguiculata* lorsqu'elle est soumise au stress salin (50 et 100 mM). Les mêmes auteurs confirment que la réduction de la croissance est due à la restriction ou la baisse d'absorption des nitrates de la solution nutritive, par conséquent, une réduction de l'activité nitrate réductase des feuilles.

Récemment, REJILI *et al.* (2008) ont rapporté que la présence de 9 g/l de NaCl dans la solution d'irrigation affecte significativement la croissance en hauteur de deux populations de *Medicago sativa*.

Des résultats contradictoires ont été rapportés dans la littérature chez les halophytes, qui indiquent un effet stimulant de la croissance en milieu salé. C'est ainsi que PATEL et PANDEY (2007) ont mis en évidence une stimulation de la croissance sous stress salin (jusqu'au 10dSm⁻¹) chez *Cassia montana* (Fabaceae) due à l'ajustement osmotique et l'augmentation de la surface foliaire. RADHOUANE (2008) note une stimulation de la croissance qui se traduit par l'augmentation de la surface foliaire avec l'augmentation de la salinité (4 et 7 g/l) chez quelques écotypes de mil tunisiens. Par ailleurs, AL-KHATEEB (2006) souligne que les concentrations de NaCl de 25 à 50 mM stimulent la croissance de *Panicum turgidum*.

Le stress salin induit des réductions de la hauteur, de la surface foliaire et du nombre de feuilles des plantes chez toutes les populations de niébé utilisées. Il existe cependant une variabilité dans ces mesures en fonction du génotype et des paramètres étudiés. En effet, à la fin d'application du stress salin et si on se base sur le nombre de feuilles, la population P13 est la plus sensible. Par contre, si on considère la surface foliaire, c'est la P17 qui serait la plus sensible.

Des mesures effectuées en fin du cycle pour mieux apprécier les conséquences du stress montrent que, ce sont les P13 et P17 qui ont présenté les réductions les plus élevées de la hauteur et de la surface foliaire respectivement.

Cependant, si on compare le nombre de feuilles moyen des différentes populations, tous traitements confondus (fin d'application de stress ou fin d'expérience), ce sont les populations P13 et P17 qui présentent les moyennes les plus élevées. Les moyennes sont respectivement 88,42 et 98,53 feuilles pour la P13 et P17, contre 26,17, 21,64 et 21,60 feuilles respectivement pour les populations P23, P7 et P1.

En effet, de nombreux travaux ont montré que la réduction de la croissance se produit chez toutes les plantes (BEN AHMED *et al.*, 2008), cependant leur niveau de tolérance et le taux de réduction à des concentrations de sels létales varient largement avec ou entre les différentes espèces végétales (MAAS, 1996 ; PARIDA et DAS, 2005 ; YILDIRIM et GUVENC, 2006), la variété à l'intérieur de l'espèce (ASHRAF, 2001 ; GHOULAM *et al.*, 2002), le stade de développement à partir duquel la salinité est initiée (MAAS, 1996 ; VICENTE *et al.*, 2004) et les interactions avec l'environnement (MAAS et HOFFMAN, 1977).

Les variations génotypiques ont été également signalées par MURILLO AMADOR *et al.* (2002) chez deux cultivars de *Vigna unguiculata*.

MURILLO -AMADOR *et al.* (2006) ont montré que la salinité à des concentrations de NaCl de 85 et 170 Mm affecte significativement la biomasse de 25 génotypes de *Vigna unguiculata*. Des variations génotypiques ont été mises en évidence ; les génotypes tolérants et modérément tolérants présentent une biomasse plus élevée que ceux des génotypes sensibles

2-Effet du stress salin sur les teneurs en pigments photosynthétiques

2.1- Effet du stress salin sur la teneur en chlorophylle a

La figure 8 montre que l'augmentation de la salinité a des effets dépressifs sur les teneurs en Chl. a des feuilles des 5 populations de niébé.

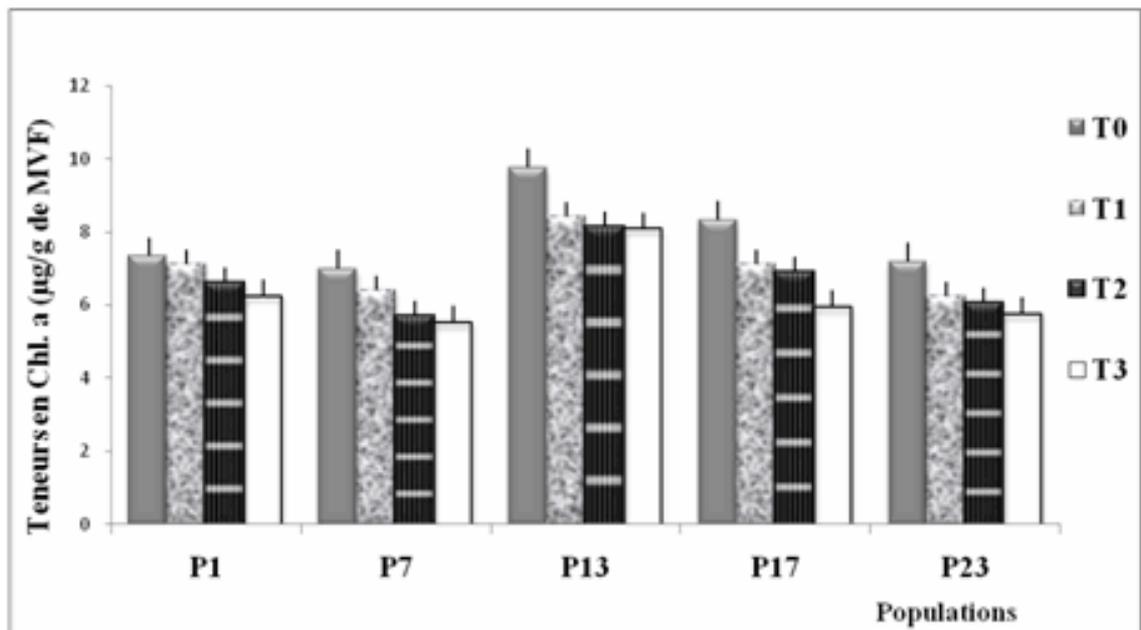


Figure 8 - Effet du stress salin sur les teneurs en chl. a ($\mu\text{g/g}$ de MVF) des feuilles de 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 6 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM.

L'analyse de la variance, consignée sur le tableau XIII montre que la présence de NaCl à des concentrations supérieures ou égales à T_2 ($4,7 \text{ dS m}^{-1}$) entraîne une baisse significative des teneurs en chlorophylles a chez toutes les populations étudiées. L'effet génotype est significatif et l'interaction génotypes X traitements salins n'est pas significative.

En T_3 , une baisse de 14,98 %, 21,14 %, 17,21 %, 28,69 % et 20,03 % est observée chez les populations P1, P7, P13, P17 et P23 respectivement. En T_2 les réductions sont de l'ordre de 9,95 %, 18,57 %, 16,60 %, 17,29 % et 15,72 % respectivement pour les populations suscitées.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe III) et les résultats de test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon les teneurs en Chl. a sous stress salin. Le classement est comme suit : (P1, P7, P17 et P23) < P13.

Tableau XIII- Tests des effets inter-sujets. Variable : Teneurs en Chl. a

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	43,298	3	14,433	3,395	0,021
B	90,527	4	22,632	5,324	0,001
A * B	5,067	12	0,422	,099	1,000
Erreur	425,095	100	4,251		
Total	6.434,191	120			
Total corrigé	563,987	119			

a R deux =0,246 (R 2 ajusté = 0,103)

A : Traitements salins.

B : Populations de niébé.

A*B : interaction (Traitements salins x Populations).

2.2- Effet du stress salin sur la teneur en chlorophylle b

La figure 9 représente l'effet dépressif de l'augmentation des concentrations de NaCl sur les teneurs en chloroph

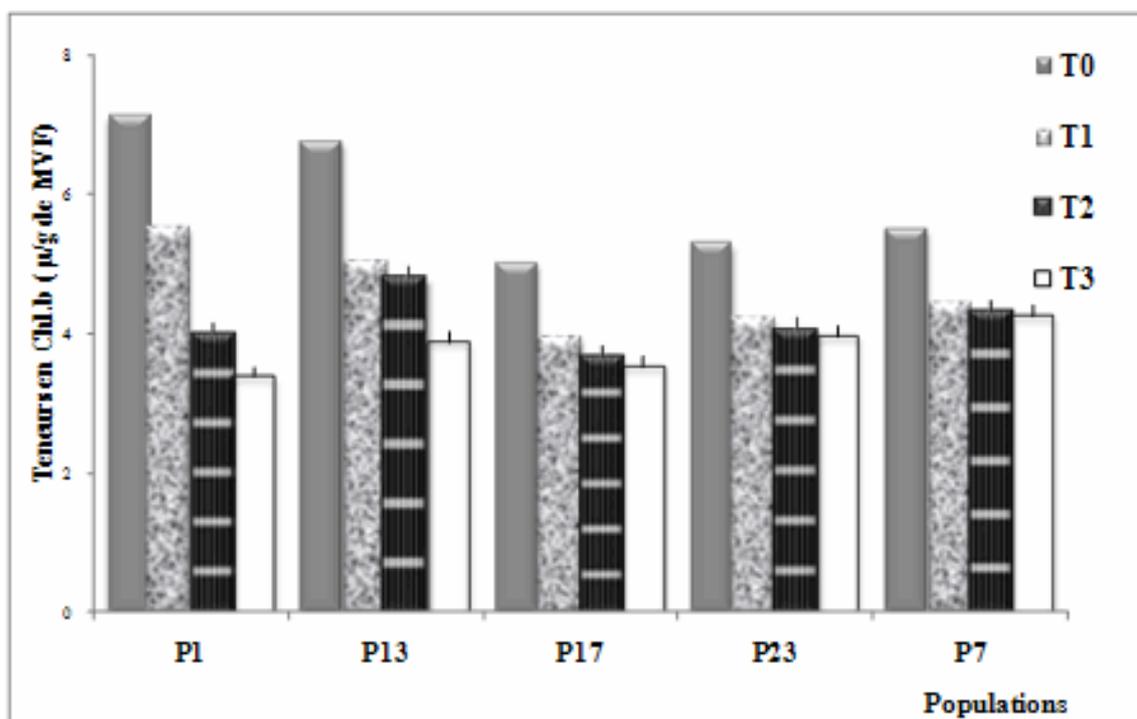


Figure 9 - Effet du stress salin sur les teneurs en Chl. b ($\mu\text{g/g}$ de MVF) des feuilles de 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 6 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM. ylle b.

L'analyse de la variance (tableau XIV et annexe III) montre que la salinité ($\geq T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$) provoque des réductions très hautement significatives des teneurs en chlorophylle b.

Cependant des différences non significatives ont été retrouvées entre les 5 populations et l'interaction populations x salinité.

Les réductions des teneurs en Chl. b en T2 (4,7 dS m⁻¹) sont de l'ordre de 44,20 %, 21,53%, 29,00 %, 26,59 % et 23,45 % respectivement pour les populations P1, P7, P13, 17 et P23. Pour ces dernières les réductions en T3 (6,00 dS m⁻¹) par rapport au témoin sont de l'ordre de 52,70 %, 22,56 %, 42,50 %, 29,29 % et 25,24 %.

Tableau XIV - Tests des effets inter-sujets. Variable : Chl. b

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	78,280	3	26,093	6,762	0 ,000
B	18,838	4	4,709	1,221	0 ,307
A * B	19,555	12	1,630	,422	0 ,951
Erreur	385,859	100	3,859		
Total	3.080,056	120			
Total corrigé	502,532	119			

a R deux = 0 ,232 (R2 ajusté =0 ,086)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

2.3- Effet du stress salin sur la teneur en chlorophylles totales

La figure 10 montre l'effet de la salinité sur les teneurs en chlorophylles totales (Chl. a + Chl. b) des 5 populations soumises au stress salin. Des réductions très hautement significatives des teneurs en Chlorophylles totales sont observées chez les 5 populations à partir de T1 (3,8 dS m⁻¹) (tableau XV et annexe III). Les effets génotypes sont significatifs et les interactions génotypes x salinité sont non significatives.

Le stress salin à T2 induit une réduction de 26,80 %, 19,84 %, 21,71 %, 20,79 % et 19,00 % des teneurs en chlorophylles totales respectivement chez les populations P1, P7, P13, P17 et P23. Ces dernières, présentent respectivement des baisses en chlorophylles totales de l'ordre de 33,58%, 21,74%, 27,60%, 28,92% et 22,24% à la concentration T3 (6,00 dS m⁻¹)

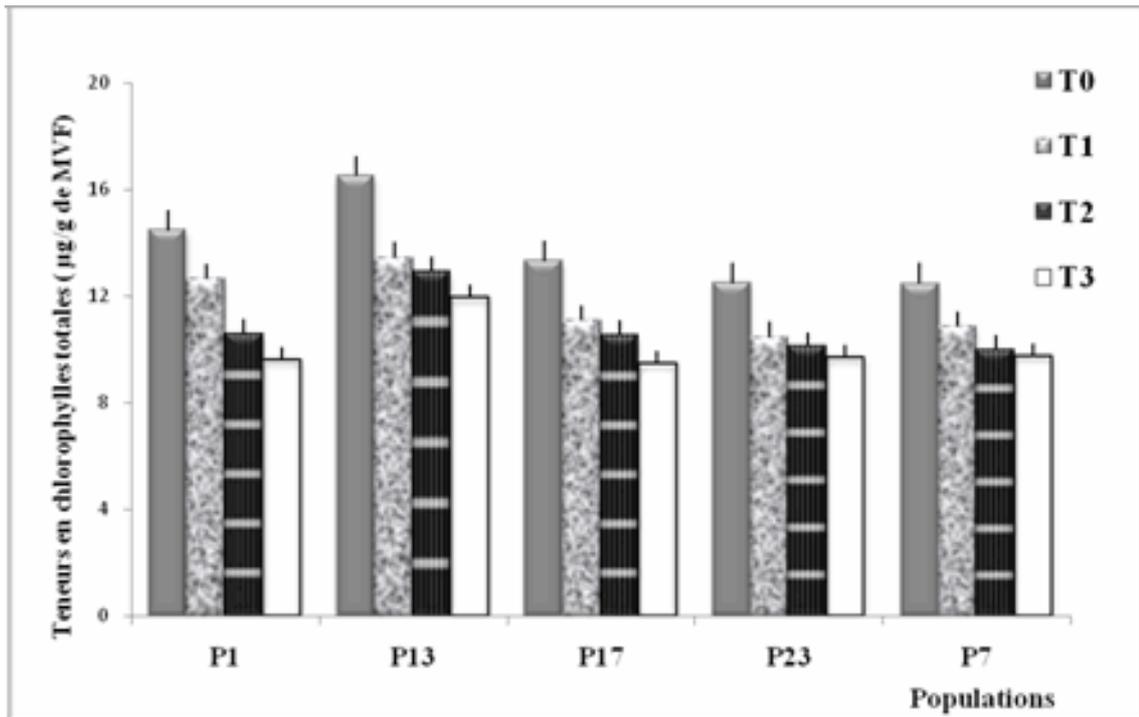


Figure 10 - Effet du stress salin sur les teneurs en chlorophylles totales ($\mu\text{g/g}$ de MVF) des feuilles de 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 6 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe III) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon les teneurs en chlorophylles totales sous stress salin comme suit : **(P1, P7, P17 et P23) < P13**

Tableau XV- Tests des effets inter-sujets. Variable : Chlorophylles totales.

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	237,511	3	79,170	9,307	0,000
B	149,856	4	37,464	4,404	0,003
A * B	18,780	12	1,565	0,184	0,999
Erreur	850,641	100	8,506		
Total	17.484,127	120			
Total corrigé	1.256,788	119			

a $R^2 = 0,323$ (R^2 ajusté = 0,195)

A : Traitements salins.

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations).

2.4- Effet du stress salin sur le rapport Chl. a / Chl. b

Le rapport Chl. a/ Chl. b augmente avec l'augmentation de la salinité dans les feuilles de toutes les populations de niébé (figure 11).

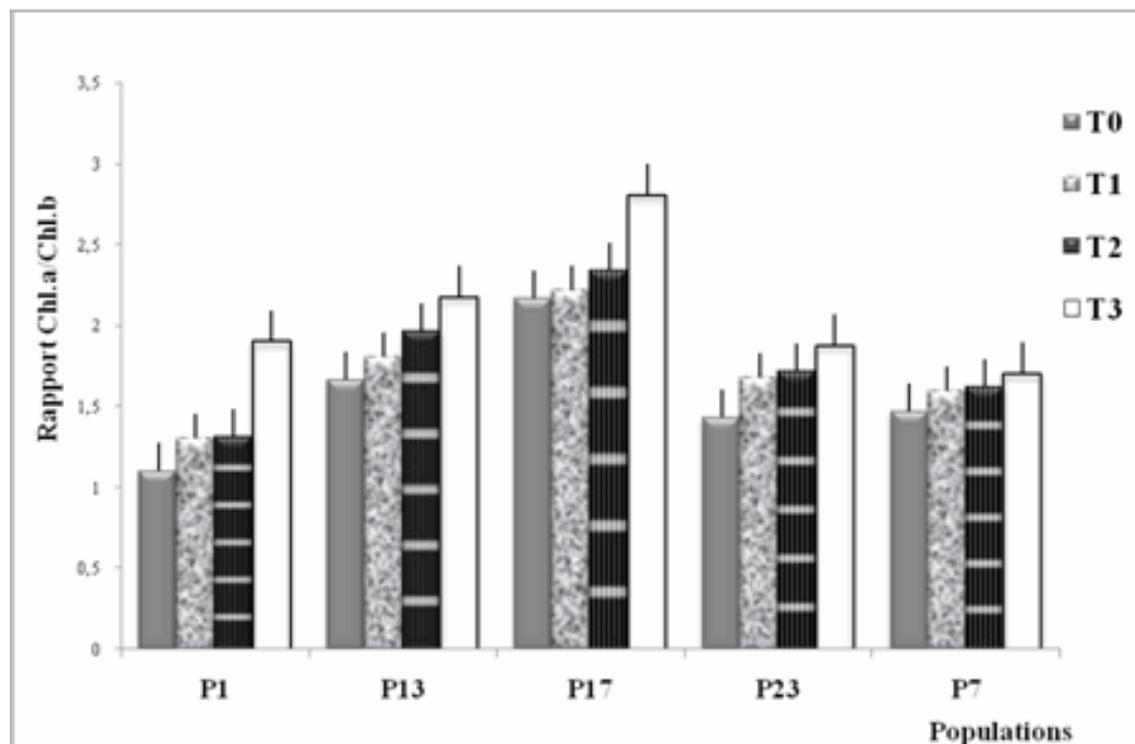


Figure 11 - Effet du stress salin sur le rapport Chl. a / Chl. b des feuilles de 5 populations de niébé (T0= 1,93 dS m⁻¹, T1= 3,8 dS m⁻¹, T2 = 4,7 dS m⁻¹ et T3 = 6,00 dS m⁻¹). Chaque point représente la moyenne de 6 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM.

Chez la P1, le rapport passe de 1,10 chez le témoin à 1,9 chez la plante stressée (T3), de 1,66 à 2,17 pour la P13, 1,43 à 1,87 chez la P23 et de 1,47 à 1,70 chez la P7. Pour la P17 le rapport passe de 2,16 à 2,80.

L'analyse de la variance (Tableau XVI et annexe III) montre que l'effet du facteur salinité est significatif (à partir de T3). Le facteur génotypes a un effet très hautement significatif. Cependant l'interaction salinité x génotypes n'est pas significative.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe III) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon leur rapport Chl. a/Chl. b comme suit : (P1, P7 et P23) < (P7, P23 et P13) < P17.

Tableau XVI- Tests des effets inter-sujets. Variable : Rapport Chl. a/Chl. b

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	4,351	3	1,450	2,841	0,042
B	13,526	4	3,381	6,625	0,000
A * B	0,933	12	7,772E-02	0,152	1,000
Erreur	51,043	100	0,510		
Total	455,419	120			
Total corrigé	69,852	119			

a R deux = 0,269 (R2 ajusté = 0,130)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

2.5- Effet du stress salin sur la teneur en caroténoïdes

La figure 12 illustre l'effet dépressif de l'augmentation de la salinité sur les teneurs en caroténoïdes des feuilles de 5 populations de niébé.

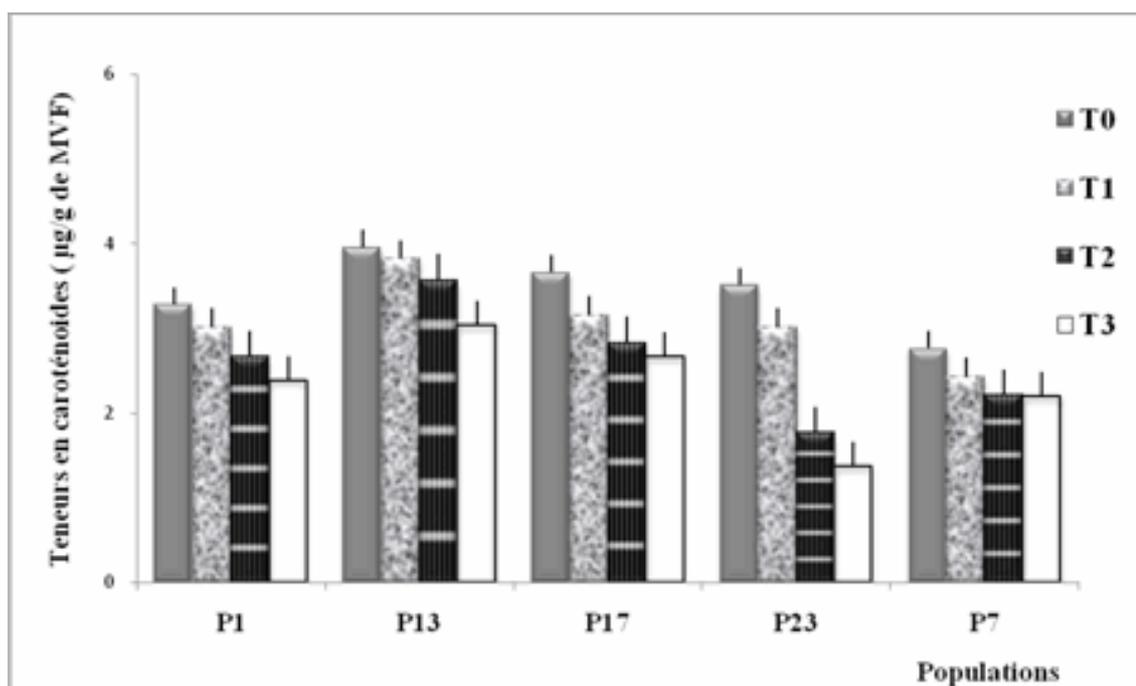


Figure 12 - Effet du stress salin sur les teneurs en caroténoïdes ($\mu\text{g/g}$ de MVF) des feuilles de 5 populations de niébé. Chaque point représente la moyenne de 6 répétitions.

La présence de NaCl à des concentrations supérieures ou égale à T2 ($4,7 \text{ dS m}^{-1}$) provoque des réductions très significatives des teneurs en caroténoïdes chez toutes les populations. Les différences entre populations sont très significatives et l'interaction salinité x populations est non significative (tableau XVII et annexe III).

Les réductions (en T2) sont respectivement de l'ordre de 18,75 %, 20,18 %, 9,80 %, 22,70 % et 49,64 % pour les populations P1, P7, P13, P17 et P23. Pour ces dernières,

les réductions à la concentration T3 (6,00 dS m⁻¹) sont respectivement 27,22 %, 20,36 %, 23,06 %, 27,02 % et 60,84 % par rapport au témoin.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe III) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon les teneurs en caroténoïdes sous stress salin, en 3 groupes homogènes,

P1, P7 et P23 < P17 < P13

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	21,625	3	7,208	5,638	0,001
B	24,030	4	6,007	4,698	0,002
A * B	7,148	12	0,596	0,466	0,930
Erreur	127,862	100	1,279		
Total	1.168,403	120			
Total corrigé	180,664	119			

Tableau XVII- Tests des effets inter-sujets. Variable : Caroténoïdes

a R deux = 0,292 (R2 ajusté = 0 ,158)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

2-6- Discussion

Dans la présente étude, l'augmentation de la salinité engendre des réductions significatives des teneurs en Chl. **a**, Chl. **b**, chlorophylles totales, et caroténoïdes. En effet, les teneurs en chlorophylles totales et en caroténoïdes diminuent en général sous stress salin (RAJESH *et al.*, 1998 ; DAJIC, 2006 ; MANIVANNAN *et al.*, 2008 ; PINHEIRO *et al.*, 2008).

Les réductions des teneurs en chlorophylles observées chez les plantes stressées par le sel ont été attribuées à l'effet inhibiteur de l'accumulation des ions Na⁺ et Cl⁻ sur la structure des chloroplastes et par conséquent sur la biosynthèse des différents pigments (MOHAMMED, 2007). L'augmentation de l'activité chlorophyllase peut aussi provoquer une baisse des teneurs en chlorophylles (ALI DINAR, 1999 ; SULTANA *et al.*, 1999).

Par contre, LEVIT (1980) note que ces réductions sont dues à l'instabilité du complexe protéique, du fait que la salinité affecte les forces de liaisons des complexes protéines pigments. Par ailleurs, JALEEL *et al.* (2007b) ont rapporté que les réductions sont dues à l'interférence des ions salins avec la synthèse de nouvelles protéines, composantes principales des pigments, plutôt qu'à la dégradation des chlorophylles.

Quant à la réduction des teneurs en caroténoïdes sous stress salin, SULTANA *et al.* (1999) soulignent que cette réduction conduit à la dégradation de la β carotène et la formation de zeaxanthine qui sont impliqués dans la protection contre la photoinhibition.

Nos résultats corroborent ceux obtenus par d'autres chercheurs travaillant sur le genre *Vigna*. En effet, TAWFIK (2008) a noté chez *Vigna unguiculata* sous stress salin,

des réductions significatives des teneurs en Chl. **a**, Chl. **b**, chlorophylles totales et des caroténoïdes. Des baisses significatives des teneurs en Chl. **a**, Chl. **b** et chlorophylles totales ont été également observées chez 2 cultivars de *Vigna radiata* soumises au stress salin (ASHRAF et RASUL, 1988), et chez *Vigna mungo* (ASHRAF, 1989). ZAYED et ZEID (1998) ont mis aussi en évidence chez *Vigna radiata* des réductions significatives des teneurs en Chl. **a**, Chl. **b**, chlorophylles totales et des caroténoïdes.

Cependant des résultats contradictoires ont été obtenus par SIVRITEPE *et al.* (2005) qui ont rapporté une augmentation des teneurs en pigments chez 2 cultivars de melon soumis au stress salin (9 dS m⁻¹). Les mêmes auteurs ont conclu que l'accumulation de Na⁺ dans les feuilles stressées n'était pas suffisante pour induire la dégradation de la chlorophylle. LEE *et al.* (2004) ont noté que les teneurs en chlorophylle augmentent avec l'augmentation de la salinité (jusqu'au 49,7 dSm⁻¹) chez *Paspalum vaginatum* (halophyte), et que la stratégie de tolérance de cette plante au stress salin est associée à l'augmentation de la capacité photosynthétique et des teneurs en chlorophylles.

3. Effets du stress salin sur les teneurs en solutés compatibles

3.1- Effet du stress salin sur les teneurs en proline foliaire

Les résultats sont traduits dans la figure 13. Ils montrent que chez les 5 populations étudiées, les teneurs en proline foliaire augmentent régulièrement en fonction de la concentration saline des solutions d'arrosage. L'analyse de la variance (tableau XVIII et annexe IV) montre que la salinité (T3) provoque une accumulation très hautement significative des teneurs en proline foliaires. Les différences entre génotypes sont également très hautement significatives. En revanche, l'interaction génotypes x traitements salins n'est pas significative.

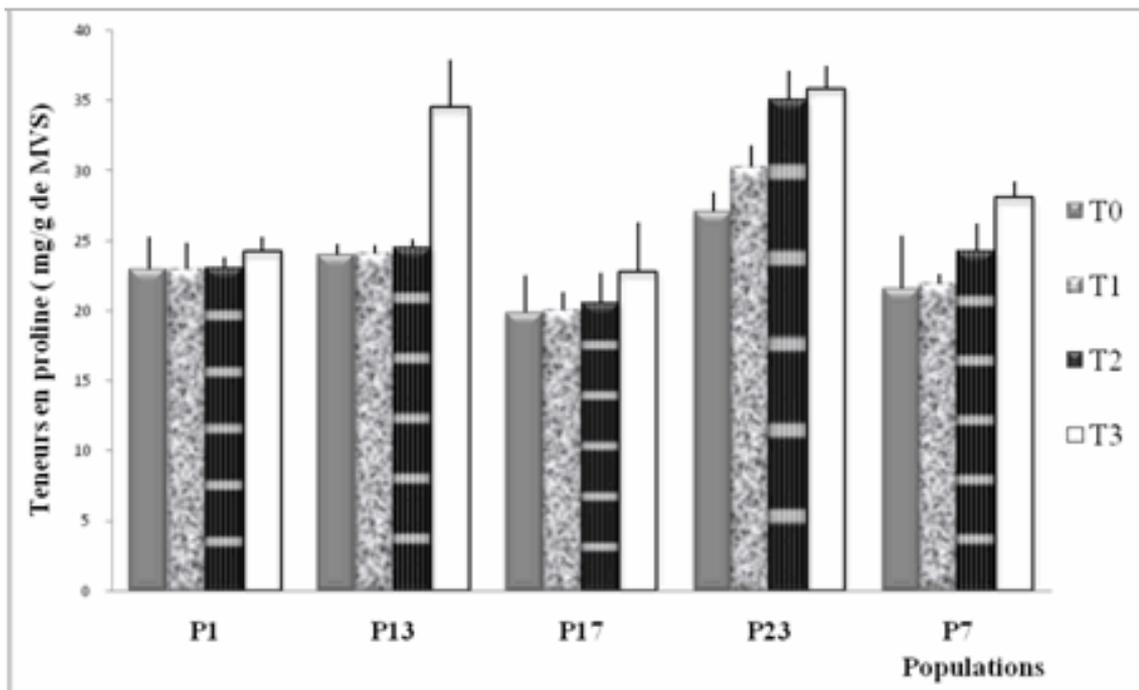


Figure 13 - Effet du stress salin sur les teneurs en proline (mg/g de MVS) des feuilles de 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 5 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM.

À la concentration T_3 , l'accumulation de la proline foliaire la plus élevée est enregistrée pour la P13 suivie de la P23. En effet, les pourcentages d'augmentation de la proline sont de l'ordre de 43,96 % et 32,47 % respectivement pour les populations suscitées par rapport au témoin. Pour la même concentration de sel, l'augmentation des teneurs en proline sont de l'ordre de 5,75 %, 29,85 % et 14,59 % respectivement pour les populations P1, P7 et P17.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe IV) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon les teneurs en proline sous stress salin, en 3 groupes homogènes : **(P1, P17 et P7) < P13 < P23**

Tableau XVIII- Tests des effets inter-sujets. Variable : Proline foliaires

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	536,334	3	178,778	8,946	0,000
B	1.481,179	4	370,295	18,529	0,000
A * B	294,231	12	24,519	1,227	0,280
Erreur	1.598,756	80	19,984		
Total	68.426,500	100			
Total corrigé	3.910,500	99			

a R deux = 0,591 (R deux ajusté = 0,494)

A : Traitements salins.

B : Populations de niébé.

A*B : interaction (Traitements salins x Populations).

3.2- Effet du stress salin sur les teneurs en sucres solubles foliaires

Les résultats de la figure 14 montrent que les 4 populations P1, P7, P13 et P23 réagissent à l'égard de la salinité du milieu par une augmentation des teneurs en sucres solubles pour toutes les concentrations de NaCl.

L'accumulation des sucres solubles est plus accentuée chez les populations P1 et P13. En effet, l'augmentation est de l'ordre de 65,97 % et 31,81 % (en T_2), et de 72,64 % et 71,84 % (en T_3). Les pourcentages d'accumulation des sucres solubles enregistrés pour les P7 et P23 sont de 19,92 % et 5,92 % (T_3) et 17,83 % et 3,78 % (T_2) respectivement.

Cependant, une baisse des teneurs en sucres solubles est observée chez la P17. Elle est de l'ordre de 10,05 % et 36,69 % en T_2 et T_3 respectivement).

L'analyse de la variance (Tableau XIX et annexe IV) montre un effet significatif de la salinité (à partir de T_2) sur les teneurs en sucres solubles, l'effet génotype et l'interaction génotypes x salinité sont très hautement significatifs.

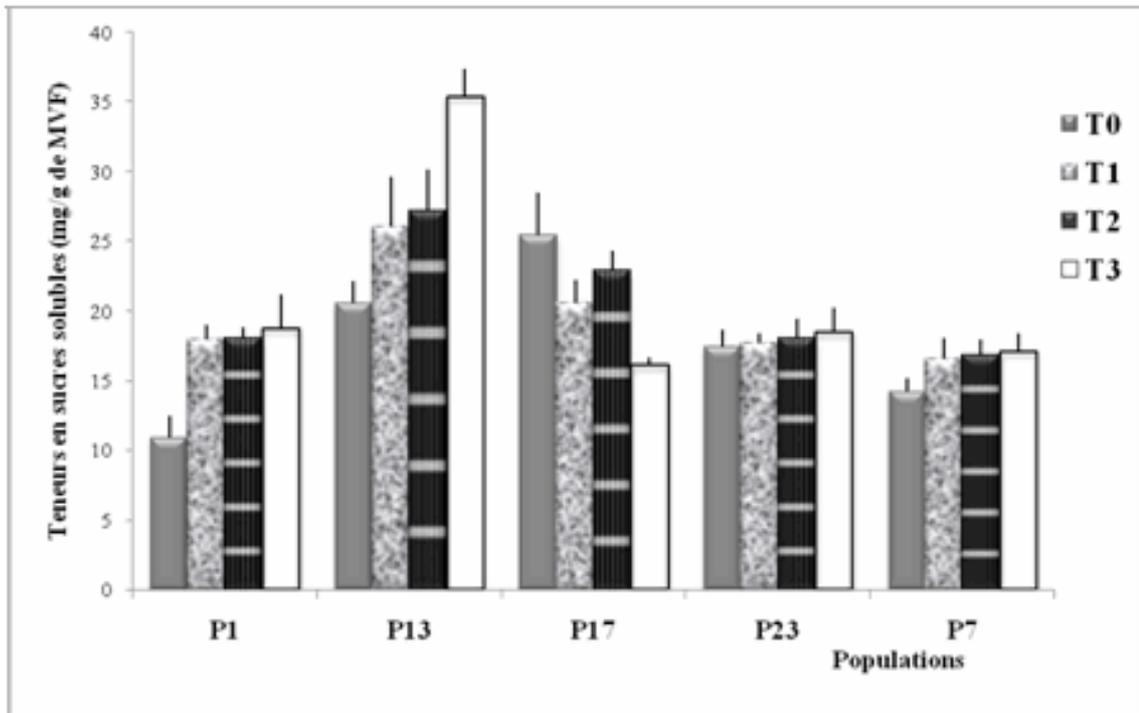


Figure 14 - Effet du stress salin sur les teneurs en sucres solubles (mg/g de MVF) de 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 5 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe IV) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon les teneurs en sucres soluble sous stress salin, en 3 groupes homogènes :

(P1, P7 et P23) < P17 < P13.

Tableau XIX- Tests des effets inter-sujets. Variable : Sucres solubles foliaires

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	170,813	3	56,938	3,575	0,018
B	1.732,362	4	433,090	27,191	0,000
A * B	861,915	12	71,826	4,510	0,000
Erreur	1.274,205	80	15,928		
Total	43.322,931	100			
Total corrigé	4.039,295	99			

a $R^2 = 0,685$ (R^2 ajusté = 0,610)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

3.3- Discussion

Nos résultats démontrent, que la salinité est associée à une augmentation significative des teneurs en proline et en sucres solubles foliaires à l'exception de la population P17. Les populations irriguées par les solutions salines à des concentrations élevées (T2 et T3) accumulent plus de proline et de sucres que celles soumises à des concentrations faibles ou modérées (T0 et T1).

Nos résultats sont analogues à ceux obtenus pour la même espèce ou des espèces proches par d'autres auteurs. En effet, TAWFIK (2008), note chez *Vigna unguiculata* stressée par le sel, une accumulation significative des sucres solubles et de proline foliaires. En outre, SILVA *et al.* (2003) ont observé aussi chez *Vigna unguiculata* une augmentation des teneurs en sucres solubles. MOHAMMED (2007) signale que l'augmentation de la salinité est associée à une élévation des teneurs en proline foliaire chez *Vigna radiata*.

Des résultats contradictoires sont rapportés dans la littérature pour la même espèce ou des espèces appartenant au même genre. Les résultats diffèrent selon les auteurs.

C'est ainsi que, SILVEIRA *et al.* (2001) ont noté une légère augmentation de proline chez *Vigna unguiculata* stressée par le sel. De plus, SILVA *et al.* (2003) soulignent que le stress salin n'affecte pas les teneurs en prolines chez *Vigna unguiculata*.

FRANCO *et al.* (1999) ont trouvé une baisse des teneurs en sucres et en proline chez *Vigna unguiculata* en relation avec la salinité. Ces auteurs suggèrent que ces résultats différents de la plupart des autres auteurs sont dus peut être aux conditions expérimentales différentes.

En outre, ASHRAF et RASUL (1988) ont observé une réduction des teneurs en sucres solubles chez deux cultivars de *Vigna radiata* stressée par le sel. Les auteurs suggèrent que ces diminutions sont dues à l'effet négatif de la salinité sur le métabolisme des glucides par l'inhibition de la photosynthèse due à l'interaction avec les ions Cl^- . Les mêmes résultats sont observés par MOHAMMED (2007). Ceci peut expliquer la réduction des teneurs en sucres solubles avec l'augmentation de la salinité chez la population P17.

Les données de la littérature rapportent que l'accumulation de proline et des sucres solubles dans les feuilles de plantes stressées est un mécanisme de tolérance au sel. Elle joue un rôle dans l'ajustement osmotique des cellules en cas de déficit hydrique (JALEEL *et al.*, 2007b ; TURKAN *et al.*, 2007). Ceci n'a pas été confirmé dans notre étude ; l'augmentation des teneurs en proline et en sucres solubles est plus visible chez les plantes qui ont réduit fortement leur croissance (P13). Ceci renforce l'idée que l'accumulation de la proline et des sucres solubles est le résultat de l'expression des plantes en réponse aux dommages liés au stress et n'est pas associée à la tolérance au stress (LACERDA *et al.* 2003, 2005 ; NAIDOO *et al.*, 2008).

NAIDOO *et al.*, (2008) suggèrent que la proline est un soluté compatible qui assure la stabilisation de certaines macromolécules et organelles tels que les protéines, les complexes protéiques et les membranes et empêche la dénaturation des enzymes par l'inactivation des radicaux hydroxyles et autres molécules actives d'oxygènes.

Des constatations similaires sont rapportées chez *Vigna unguiculata* par d'autres auteurs. En effet, SILVA *et al.* (2003), notent que l'augmentation du contenu en proline en réponse au stress salin, n'est pas suffisante pour expliquer sa contribution dans l'ajustement osmotique. L'augmentation des teneurs proline est observée chez les plantes qui ont montré la plus grande réduction de la croissance.

En plus, ASHRAF (1989) a mis en évidence une augmentation des teneurs en proline, mais pas suffisante pour assurer l'ajustement osmotique chez deux cultivars de *Vigna*

mungo. Les auteurs signalent que l'accumulation de la proline n'est pas liée à la tolérance des cultivars à la salinité et qu'elle doit être associée avec d'autres solutés compatibles pour assurer l'ajustement osmotique. GHOUAM *et al.* (2002) ont abouti à la même conclusion chez 5 cultivars de betterave à sucre.

L'accumulation de la proline et sucres solubles observée dans notre étude peut probablement contribuer au maintien de l'homéostasie ionique (HARE *et al.*, 1998 ; MELONI *et al.*, 2008). PATEL et PANDEY (2007) ont montré que l'accumulation de la proline chez *Cassia montana* (Fabaceae) joue un rôle positif en tant que soluté compatible permettant d'équilibrer l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- induite par le stress salin. L'accumulation des solutés compatibles peut aussi constituer une forme de stockage d'azote ou de carbone utilisables en cas de stress (HARE *et al.*, 1998 ; PARVAIZ et SATYAWATI, 2008).

4-Effet du stress salin sur le potentiel hydrique foliaire

La figure 15 montre que l'augmentation des concentrations de NaCl induit une baisse du potentiel hydrique foliaire chez les 5 populations étudiées.

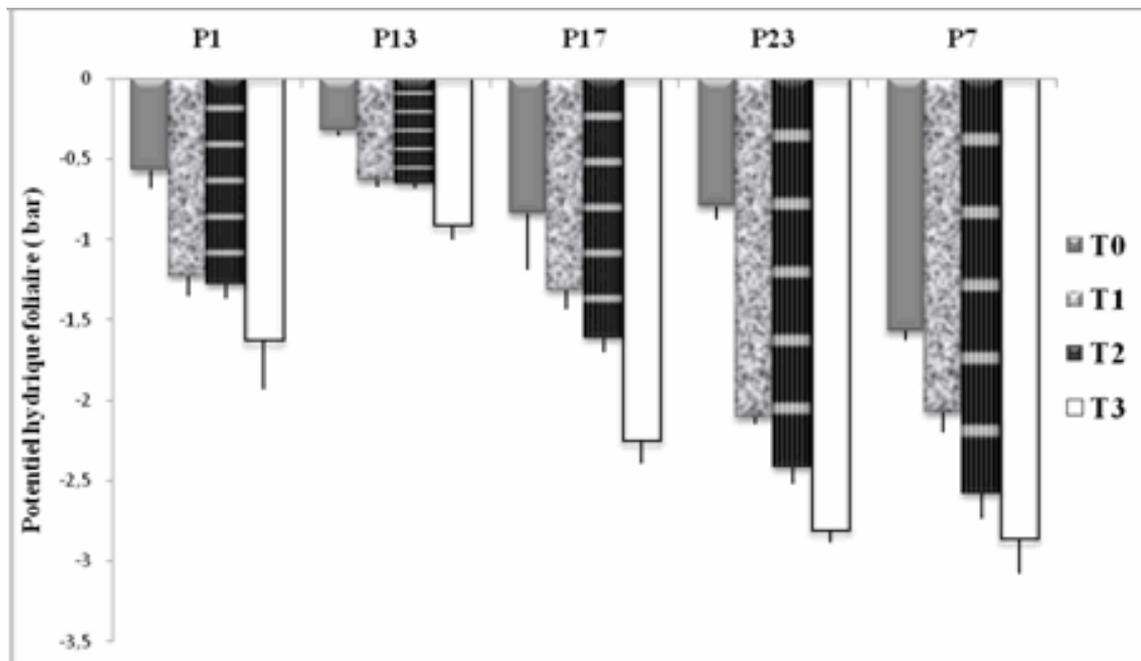


Figure 15 - Effet du stress salin sur le potentiel hydrique foliaire (bar) des feuilles de 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 3 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM

L'analyse de la variance (tableau XX et annexe V) montre que la salinité à partir de T1 entraîne des réductions très hautement significatives du potentiel hydrique foliaire. Les différences entre populations sont également très hautement significatives. L'interaction populations x traitements est très significative.

Les pourcentages de réductions (T2) par rapport au témoin sont de l'ordre de 1,23 %, 0,99 %, 0,92 %, 2,02 % et 0,64 % respectivement pour les populations P1, P13, P17, P23

et P7. Ces dernières présentent respectivement des réductions de 1,85 %, 1,79 %, 1,69 %, 2,53 % et 0,82 % (T3) par rapport au témoin.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe V) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon leur potentiel hydrique sous tous les traitements de NaCl. Le classement des populations est comme suit : **P7 < P23 < P17 < P1 < P13.**

Tableau XX - Tests des effets inter-sujets. Variable : Potentiel hydrique foliaire.

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	12,867	3	4,289	69,328	0,000
B	20,843	4	5,211	84,230	0,000
A * B	2,363	12	0,197	3,184	0,003
Erreur	2,475	40	6,186E-02		
Total	177,841	60			
Total corrigé	38,548	59			

a R deux = 0,936 (R deux ajusté = 0,905)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

4.1- Discussion

Nos résultats montrent que l'augmentation de la salinité réduit très significativement le potentiel hydrique foliaire de toutes les 5 populations étudiées. En effet, plusieurs auteurs ont signalé que le stress salin cause une réduction du potentiel hydrique du sol, ce qui rend difficile l'absorption d'eau par la plante et par conséquent induit une réduction du potentiel hydrique foliaire (ASHRAF, 1989 ; SILVA *et al.*, 2008 ; SLAMA *et al.*, 2008). La baisse du potentiel hydrique foliaire est associée à une réduction du potentiel osmotique foliaire qui permet de maintenir la turgescence des plantes (PARIDA et DAS, 2005).

D'autres travaux ont confirmé que les glycophytes et les halophytes tolèrent la salinité par la réduction du potentiel hydrique foliaire soit par l'accumulation de ions inorganique de la solution externe et/ou la synthèse de solutés organiques, ou par compartimentation des ions inorganiques dans un processus qui s'appelle l'ajustement osmotique (PATEL et PANDEY, 2007 ; SILVA *et al.*, 2008 ; SLAMA *et al.*, 2008 ; TATTINI et TRAVERSI, 2008). En effet, nos résultats montrent que les populations stressées par le sel ont abaissé leurs potentiels hydriques foliaires et ont accumulée des solutés organiques (proline et sucres solubles).

Des résultats similaires ont été rapportés pour la même espèce ou autres légumineuses. SILVA *et al.* (2003) ont montré que *Vigna unguiculata* stressée par le sel abaisse son potentiel hydrique foliaire. ASHRAF (1989) a conclu aussi que la salinité induit une réduction du potentiel hydrique foliaire de deux cultivars de *Vigna mungo*. BAYUELO-JIMENEZ *et al.* (2003) ont noté chez 4 espèces appartenant au genre *Phaseolus* une baisse du potentiel hydrique foliaire associée à une augmentation des ions inorganiques Na⁺, Cl⁻ et K⁺.

Par ailleurs, nous avons noté une variabilité de tolérance au sel. Cette variabilité se traduit par des différences de potentiel hydrique foliaire. BAYUELO-JIMENEZ *et al.* (2003) soulignent que les différences génotypiques de tolérance à la salinité peuvent refléter des différences de réponse de leur potentiel hydrique foliaire. En effet, c'est la P7 et P23 qui présentent le potentiel hydrique le plus bas. La population P13 présente le plus élevé.

Cette variabilité est également signalée par d'autres chercheurs (ASHRAF, 1989 ;HAMEED et ASHRAF 2008).

5- Effet du stress salin sur les composantes du rendement

5.1- Effet du stress salin sur le nombre de gousses par plant

La salinité entraîne une réduction progressive du nombre de gousses par plant chez les 5 populations étudiées (figure 16). L'analyse de la variance (Tableau XXI et annexe VI) montre que la salinité ($\geq T1$) provoque des réductions très hautement significatives du nombre de gousses par plant, l'effet population et les interactions populations x salinité sont également très hautement significatifs.

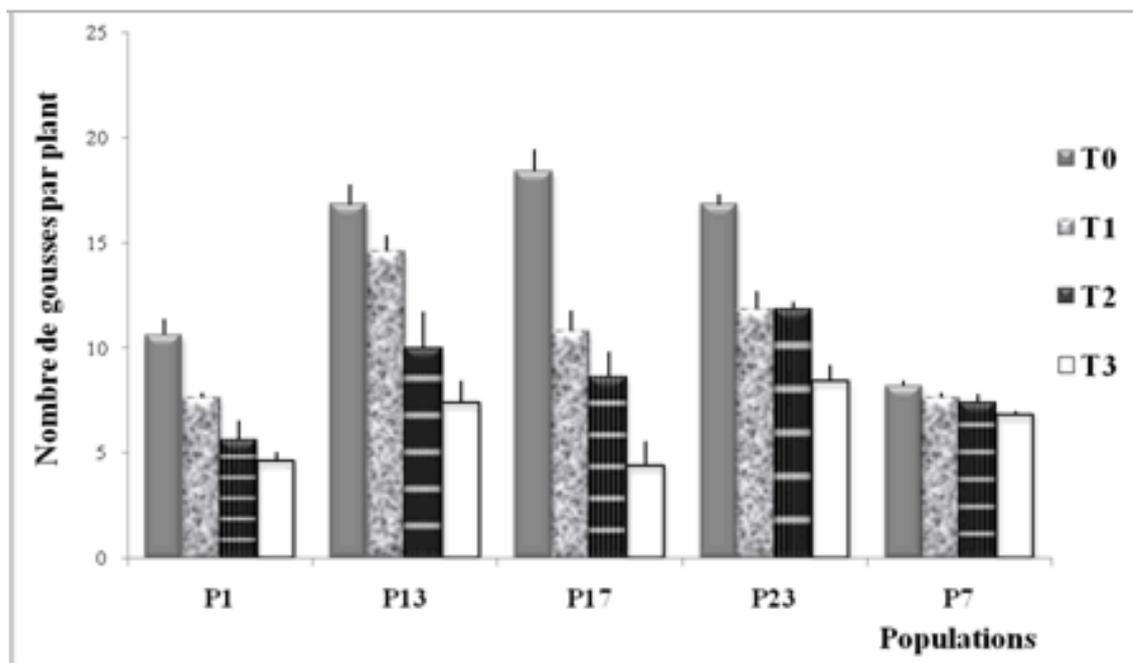


Figure 16 - Effet du stress salin sur le nombre de gousses par plant des 5 populations de niébé ($T0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 5 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM

Les baisses les plus faibles sont notées pour la P7, avec 7,31 %, 9,75 % et 17,07 % de réductions respectivement en T1, T2 et T3. En T1 la P13 présente également un pourcentage de réduction moins élevé (13,09 %), cependant en T2 et T3, les réductions sont élevées : 40,47 % et 55,95 % respectivement.

Les pourcentages de réduction les plus élevés sont observés chez la P17 avec 41.30 %, 53,26 % et 76,09 % de réductions respectivement en T1, T2 et T3 par rapport au témoin.

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Les populations P1 et P23 montrent également des pourcentages de réduction élevés, en effet les réductions sont respectivement de l'ordre de 28,30 % et 29,76 % (en T1), 47,17 % et 27,76 % (en T2) et 56,60 % et 50 % en T3 par rapport au témoin.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe VI) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon leur nombre de gousses tous traitements confondus. Le classement est comme suit :

(P7, P1) < p17 < (P23, P13).

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	819,710	3	273,237	78,629	0,000
B	492,040	4	123,010	35,399	0,000
A * B	260,440	12	21,703	6,246	0,000
Erreur	278,000	80	3,475		
Total	11.671,000	100			
Total corrigé	1.850,190	99			

Tableau XXI - Tests des effets inter-sujets. Variable : Nombre de gousses par plant

a R deux = 0,850 (R deux ajusté = 0,814)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

5.2- Effet du stress salin sur le poids de 100 graines

L'augmentation des concentrations de NaCl entraîne une réduction progressive du poids de 100 graines des 5 populations étudiées (Figure 17). Nous constatons que les poids de 100 graines les plus élevés sont observés chez les plantes témoins.

L'analyse de la variance (Tableau XXII et annexe VI) montre que l'effet du facteur salinité est très significatif (à partir de T2), l'effet population est très hautement significatif, en revanche les interactions populations x salinité ne sont pas significatives.

Les réductions induites par la concentration de NaCl (T2) par rapport au témoin sont de l'ordre de 15,26 %, 2,14 %, 15,64 %, 1,77 % et 2,25 % respectivement pour les populations P1, P13, P17, P23 et P7. Pour ces dernières les pourcentages de réductions (T3) sont respectivement 15,78 %, 4,71 %, 24,16 %, 4,73 % et 9,00 % par rapport au témoin.

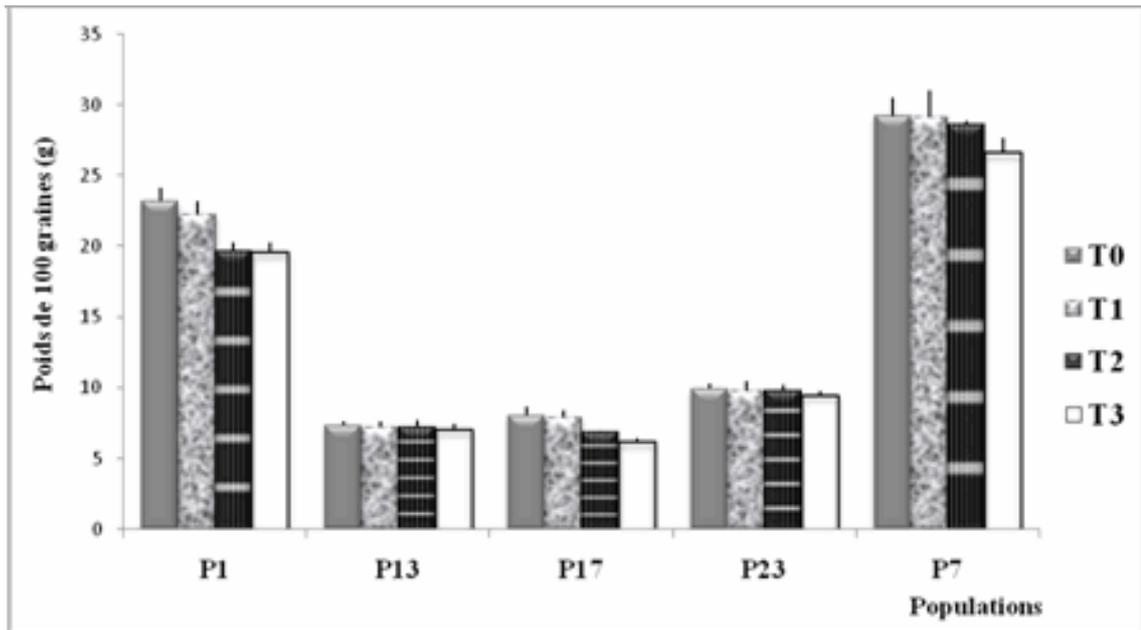


Figure 17 - Effet du stress salin sur le poids de 100 graines (g) des 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 5 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM.

Notons également que, tous traitements confondus, c'est la P7 suivi de la P1 qui présentent les graines les plus lourdes et par conséquent les poids de 100 graines les plus élevés, avec respectivement en moyenne un PCG de 28,40 g et 21,18 g. Les P13 et P17 ne sont pas statistiquement différentes et présentent le poids de 100 graines le plus bas sous tous traitements confondus, avec en moyenne 7,18 g et 7,23 g respectivement.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe VI) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon leur poids de 100 graines sous tous les traitements de NaCl. Le classement des populations est comme suit :

(P13, P17) < P23 < P1 < P7.

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	50,518	3	16,839	5,861	0,001
B	7.324,234	4	1.831,058	637,360	0,000
A * B	35,915	12	2,993	1,042	0,420
Erreur	229,830	80	2,873		
Total	29.397,606	100			
Total corrigé	7.640,497	99			

Tableau XXII- Tests des effets inter-sujets. Variable : Poids de 100 graines (g)

a R deux = 0,970 (R2 ajusté = 0,963)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations)

5.3- Effet du stress salin sur la longueur moyenne des gousses par plant

L'augmentation de la salinité affecte de façon progressive la longueur moyenne des gousses par plant chez les 5 populations étudiées (Figure 18). Les valeurs maximales des longueurs moyennes de gousses sont atteintes chez les plantes témoins.

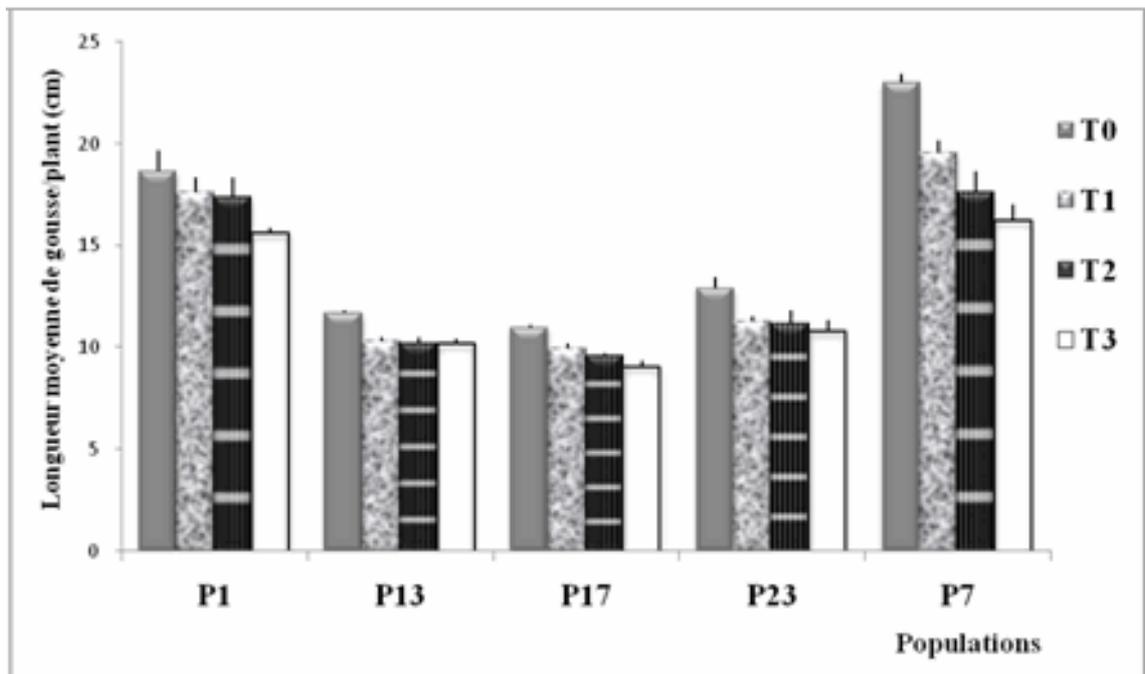


Figure 18 - Effet du stress salin sur la longueur moyenne de gousse par plant des 5 populations de niébé (T0= 1,93 dS m¹, T1= 3,8 dS m⁻¹, T2 = 4,7 dS m⁻¹ et T3 = 6,00 dS m⁻¹). Chaque point représente la moyenne de 5 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM.

L'analyse de la variance (tableau XXIII et annexe VI) montre des effets très hautement significatifs de la salinité (à partir de T1) sur la longueur moyenne des gousses par plant. Les effets génotypes sont également très hautement significatifs et l'interaction génotypes x salinité est très significative.

Les pourcentages de réduction les plus élevés sont observés chez la P7. En effet les réductions sont de l'ordre de 14,93 %, 23,49 % et 29,34 % respectivement pour les concentrations T1, T2 et T3 par rapport au témoin.

La P1 enregistre un faible pourcentage de réduction en T1 et T2 (5,71 % et 6,96 %), et en T3 la réduction est de l'ordre de 16,25 % par rapport au témoin.

Pour les populations P13, P17 et P23, les réductions sont respectivement de l'ordre de 11,57 %, 9,21 % et 12,65 % (T1), 12,70 %, 12,71 % et 13,53 % (T2) et 12,70 %, 17,56 % et 16,23 % (T3) par rapport au témoin.

En revanche en l'absence de NaCl et/ou sous stress salin, la P7 possède les gousses les plus longues suivie de la P1 (figure 19).

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe VI) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon la longueur moyenne de gousse par plant sous tous les traitements de NaCl. Le classement des populations est comme suit :

(P13, P17) < p23 < P1 < P7.

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	126,112	3	42,037	27,083	0,000
B	1417,468	4	354,367	228,306	0,000
A * B	57,472	12	4,789	3,086	0,001
Erreur	124,172	80	1,552		
Total	20.484,636	100			
Total corrigé	1.725,224	99			

Tableau XXIII- Tests des effets inter-sujets.

Variable : la longueur moyenne des gousses par plant.

a R deux =0,928 (R deux ajusté =0 ,911)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x Populations).

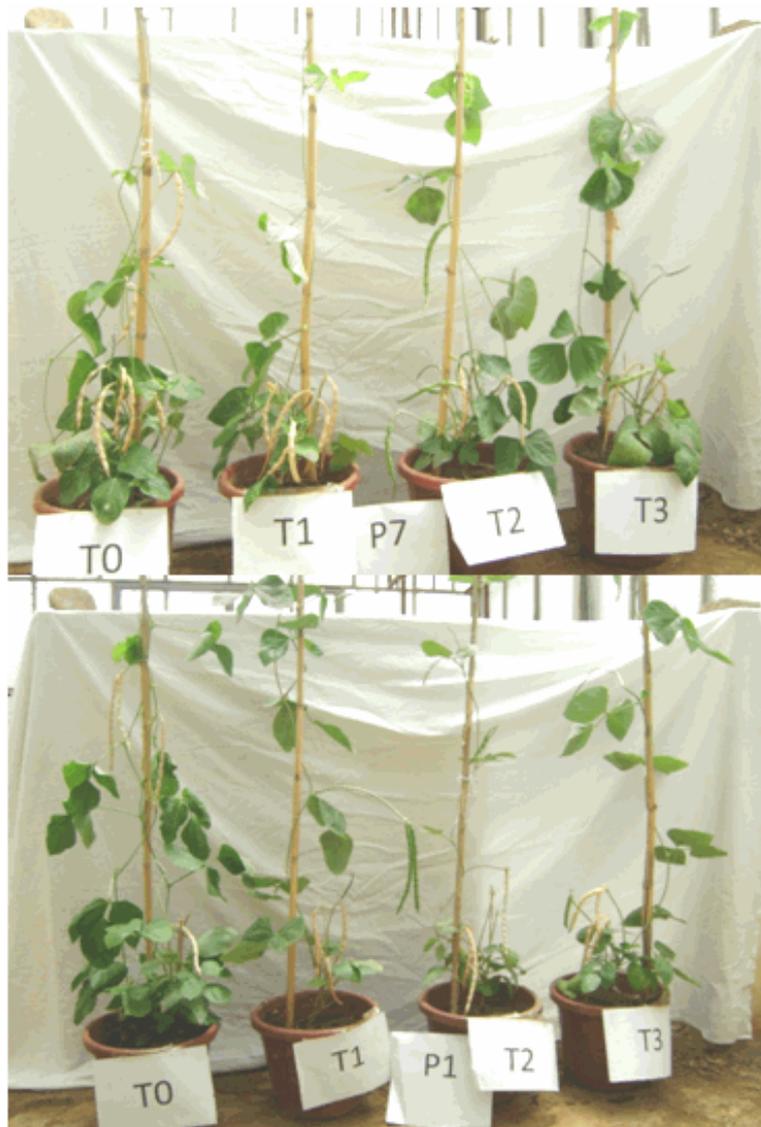


Figure 19 - Les populations P7 et P1 irriguées par différentes solutions salines.
(T0= 1,93 ds m⁻¹ , T1= 3,8 dS m⁻¹ , T2 = 4,7 dS m⁻¹ et T3 = 6,00 dS m⁻¹)

5.4- Effet du stress salin sur le nombre moyen de graines par gousse

La figure 20 traduit l'effet dépressif de la salinité sur le nombre moyen de graines par gousse. Les plantes témoins présentent le nombre de graines par gousse le plus élevé

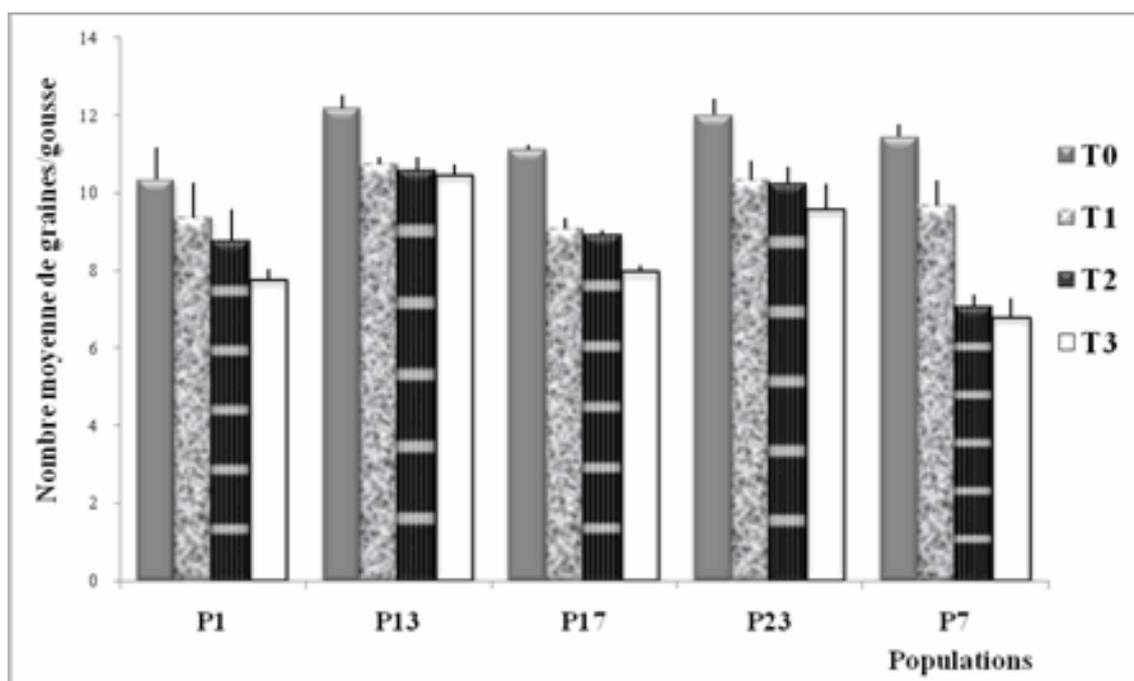


Figure 20- Effet du stress salin sur le nombre moyen de graines par gousse des 5 populations de niébé ($T_0 = 1,93 \text{ dS m}^{-1}$, $T_1 = 3,8 \text{ dS m}^{-1}$, $T_2 = 4,7 \text{ dS m}^{-1}$ et $T_3 = 6,00 \text{ dS m}^{-1}$). Chaque point représente la moyenne de 5 répétitions. Les barres verticales (barre d'erreur) représentent les ESM.

L'analyse de la variance (tableau XXIV et annexe VI) montre des effets très hautement significatifs de la salinité (à partir de T1) et du facteur génotype. En revanche l'interaction salinité x génotype est non significative.

Les pourcentages de réduction les plus élevés sont observés chez la P7 avec respectivement 38,20 % et 40,54 % de réductions en T2 et T3 par rapport au témoin.

En T1, c'est la P1 qui a le pourcentage de réduction le plus bas (9,67 %) et la P17 qui a le plus élevée (18,32 %).

Les populations P1, P13, P17 et P23 enregistrent respectivement des réductions de l'ordre de 15,48 %, 13,15 %, 19,84% et 14,17 % (T2) et 24,80 %, 13,97 %, 28,23 % et 20,27 % (en T3) par rapport au témoin.

L'examen des dendrogrammes établis par le logiciel SPSS (annexe VI) et les résultats du test post hoc (LSD) a permis de classer les populations selon le nombre moyen de graines par gousse sous tous les traitements de NaCl. Le classement est comme suit : (P7, P1 et P17) < (P13, P23).

Tableau XXIV-Tests des effets inter-sujets. Variable : nombre moyen de graines par gousse.

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
A	117,451	3	39,150	33,017	0,000
B	77,744	4	19,436	16,391	0,000
A * B	25,120	12	2,093	1,765	0,068
Erreur	94,862	80	1,186		
Total	9746,501	100			
Total corrigé	315,177	99			

a R deux = 0,699 (R2 ajusté = 0,628)

A : Traitements salins

B : Populations de niébé

A*B : interaction (Traitements salins x populations)

5.5- Discussion

La tolérance au sel des cultures est généralement décrite en terme de rendement en réponse à l'accroissement de la salinité (exprimée en conductivité électrique) de la zone racinaire ou de l'eau d'irrigation (MAAS, 1996 ; MAGGIO *et al.*, 2007).

De nombreux auteurs ont rapporté que la salinité est le facteur principal qui réduit le rendement des cultures (KATERJI *et al.*, 2001 ; ASHRAF, 2004 ; VICENTE *et al.*, 2004 ; WAHID, 2004 ; MAHAJAN et TUTEJA, 2005 ; WILSON *et al.*, 2006). En effet, nos résultats relatifs aux 5 populations de *Vigna unguiculata* irriguées par différentes solutions additionnées de NaCl, montrent que les composantes du rendement en grains sont affectées par la salinité.

Le nombre de gousses/plant, le poids de 100 graines, la longueur moyenne de gousses / plant et le nombre moyen de graines / gousses atteignent leur valeur maximale chez les plantes témoins et décroissent réduites progressivement par l'augmentation de la salinité.

Nos résultats corroborent ceux obtenus par d'autres auteurs sur la même espèce. En effet, TAWFIK (2008) a trouvé que le nombre de gousses/plant et le poids de 100 graines de *Vigna unguiculata* sont réduits progressivement avec l'augmentation de la salinité.

De plus, MAAS et POSS (1989a), ont noté chez *Vigna unguiculata* sousstress salin, une baisse du rendement. Le nombre de gousses/plant, le nombre de graines et du rendement en graines sont les plus affectés.

WEST et FRANCOIS (1982) ont constaté une réduction du rendement en graines à partir de 4.9 dS m⁻¹ (conductivité électrique du sol). La réduction du rendement est due en grande partie à la réduction du nombre de gousses par plant. Ce qui est similaire à nos résultats qui montrent que c'est le nombre de gousses/plant qui est le plus affecté.

Des résultats similaires ont été rapportés dans la littérature pour d'autres espèces appartenant au genre *Vigna*. En 2005, les travaux d'AHMED *et al.* ont révélé chez *Vigna radiata* une réduction remarquable du poids de gousses, poids de 100 graines et le rendement en graines /plant en réponse à la salinité (NaCl).

De même, MOHAMED et EL KRAMANY (2005) ont noté une baisse des composantes du rendement de *Vigna radiata* avec l'élévation de la salinité.

Les réductions de rendement ont été attribuées à plusieurs causes. C'est ainsi que MOHAMED et EL KRAMANY (2005) soulignent que la salinité accélère la maturation des graines, par conséquent limite la période de développement des graines et le remplissage des gousses ; le poids de 100 graines est donc réduit. Ce qui n'est pas en opposition avec nos résultats.

De plus, AHMAD *et al.* (2005), notent que la salinité affecte le remplissage des graines et le rendement en réduisant l'offre des assimilats photosynthétiques aux gousses en développement. En effet, nos résultats ont montré que le stress salin a induit une réduction de la surface foliaire photosynthétique et des teneurs en pigments photosynthétiques ; Ce qui explique, la réduction de l'offre des assimilats photosynthétiques aux gousses.

En outre, RAMOLIYA *et al.* (2004) ont indiqué que la salinité induit des réductions de la surface foliaire ainsi que le taux de la photosynthèse, qui ont pour effet la réduction de la croissance et le rendement des cultures ; ce qui confirme nos résultats.

En 1996, MAAS rapporte que les réductions de rendement sont dues essentiellement aux effets toxiques et aux déséquilibres nutritionnels causés par l'accumulation excessive des ions Na^+ et Cl^- dans les feuilles. Ce qui induit des symptômes de toxicité et des lésions des feuilles. Le même auteur rajoute que les concentrations de NaCl modérées appliquées à long terme peuvent également provoquer des réductions de croissance et de rendement sans induire des dommages aux feuilles (sans effet toxique), l'effet est donc osmotique. Les résultats de notre étude suggèrent que les réductions de rendement sont dues essentiellement aux effets osmotiques et non pas toxiques, aucun symptôme de dommage aux feuilles n'a été observé, en plus la contrainte saline modérée était appliquée à long terme.

DAJIC (2006) souligne que les caractères agronomiques tel que la germination, la croissance, la survie et le rendement sont couramment utilisés comme critère de sélection pour la tolérance à la salinité, En outre, ASHRAF (2004) rapporte que le critère le plus direct de sélection pour la tolérance à la salinité est le rendement.

Le stress salin a réduit les composantes du rendement chez les 5 populations étudiées. Mais si on compare la réponse des 5 populations à la salinité, sur la base de la germination, la croissance et le rendement nous pouvons classer la P7 suivies de la P1 et la P23 comme les plus tolérantes, la P13 et P17 sont moyennement tolérantes.

Chez les P1, P7 et P23 les réductions de rendement sont moins marquées que chez les P17 et la P13. D'après AHMAD *et al.* (2005), le comportement des populations tolérantes pourrait s'expliquer par une gestion de la répartition des glucides entre les feuilles et les gousses qui préserveraient la synthèse et l'exportation des assimilats en cas de stress salin.

Les populations P13 et P17 soumises au stress salin présentent le nombre de feuilles moyen le plus élevé par rapport aux autres populations. De plus la P13 s'adapte à la salinité par la réduction de la croissance et l'accumulation de proline et sucres foliaires. Ces variations génotypiques de tolérance à la salinité ont été également signalées par de nombreux auteurs (CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000 ; WAHID, 2004 ; AHMAD *et al.*, 2005).

CONCLUSION

Le comportement de 5 populations de niébé vis-à-vis du stress salin a fait l'objet de deux essais. Le premier essai a été réalisé au laboratoire et concerne l'effet de la salinité sur la germination ; le deuxième a été mis en place sous serre pour étudier l'effet de cette contrainte sur quelques paramètres physiologiques et agronomiques.

- Essai de germination

Les résultats ont montré que les conditions optimales de la germination sont réalisées en milieu non salé. Le stress salin a trois effets de sur la germination : (i) Les concentrations de NaCl faibles retardent la germination sans réduction de la faculté germinative, (ii) Les concentrations de NaCl élevées retardent la germination et la faculté germinative, (iii) Les concentrations fortes inhibent totalement la germination. Mais il existe une variabilité génétique entre les 5 populations pour la germination sous stress salin.

- Les populations **P1**, **P7** et **P23** originaires respectivement d'El Kala, Tizi Ouzou et Béchar semblent mieux tolérer la contrainte saline. Les teneurs en NaCl jusqu'à 12 dS m⁻¹ (P1 et P7) et de 8 dS m⁻¹ (P23), entraînent un retard de germination sans réduction de la faculté germinative, qui est déprimée à partir de 20 dS m⁻¹ (P1 et P23) et à partir de 16 dS m⁻¹ (P7).
- La **P17** originaire d'Adrar, présente une tolérance moyenne. Sa faculté germinative est réduite significativement à partir de 12 dS m⁻¹.
- La **P13** est la plus sensible. Sa faculté germinative est réduite significativement à partir de 4 dS m⁻¹.
- Essai de comportement sous serre

Le stress salin réduit significativement les paramètres de croissance (la hauteur, la surface foliaire et le nombre de feuilles), à la fin de l'application du stress et à la fin de l'expérience.

Les effets sont plus marqués aux concentrations élevées (T2 : 4,7 dS m⁻¹ et T3 : 6,00 dS m⁻¹). Les réductions de croissance les plus élevées ont été notées pour les populations P13 et P17, que ce soit en fin de l'application de stress ou à la fin de l'expérience.

Le sel a eu un effet négatif sur les teneurs foliaires en Chl.a, Chl.b, chlorophylles totales, et les caroténoïdes, le rapport Chl.a/Chl.b augmente. La P13 présente les teneurs les plus élevées en Chl. a, chlorophylles totales et en caroténoïdes.

Le potentiel hydrique foliaire des 5 populations stressées par le sel est réduit à partir de 3,8 dS m⁻¹. La P7 a le plus bas potentiel hydrique, suivie de la P23, P17, P1 et P13.

Le stress salin est associé à une élévation significative de la proline (à partir de T3) et de sucres solubles foliaires (à partir de T2), à l'exception de la P17 qui présente une diminution des teneurs en sucres solubles. Les moyennes les plus élevées en sucres solubles tous traitements confondus ont été notées pour la P13 suivie de la P17. La P23 présente la moyenne la plus élevée en proline suivie de la P13.

L'augmentation de la salinité affecte significativement toutes les composantes du rendement (nombre de gousse/plant, poids de 100 graines, longueur moyenne de gousse/plant et le nombre moyen de graines/plant). Le nombre de gousses/plant est le plus affecté. Les réductions de nombre de gousses les moins élevées en T1, T2 et T3 ont été enregistrées pour la P7. Les plus élevées sont observées pour la P17.

L'analyse de ces résultats et selon la base de données de MAAS et HOFFMANN (1977), nous pouvons conclure que *Vigna unguiculata* est modérément tolérante à la salinité et tolérante pendant la phase de germination. Elle peut être irriguée par des solutions moyennement salines ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$ et $4,7 \text{ dS m}^{-1}$).

Les résultats reflètent également, une variabilité génétique de tolérance au sel entre les 5 populations. Les populations P1, P7 et P23 se révèlent plus tolérantes à la salinité que les populations P13 et P17. Ces dernières présentent néanmoins un feuillage abondant tous traitements confondus par rapport aux autres populations. Cette caractéristique peut présenter un intérêt dans l'alimentation du bétail. Notons également que les populations les plus tolérantes à la salinité durant la phase de germination sont les mêmes pendant la croissance et le rendement.

Ces résultats suggèrent que les essais de germination pourraient constituer des tests de sélection précoce pour la tolérance au sel, comme cela a déjà été signalé pour diverses espèces par d'autres auteurs (ZID et GRIGNON, 1992 ; RADHOUANE, 2008).

Ces résultats laissent supposer l'existence d'une variabilité génétique plus large en Algérie pour *Vigna unguiculata*. L'étude d'effet de la salinité sur d'autres populations provenant d'autres régions de l'Algérie permettra de mieux évaluer la tolérance de niébé à la salinité et de l'intégrer dans l'amélioration de cette espèce.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AHMAD S., WAHID A., RASUL E. and WAHID A., 2005** - Comparative morphological and physiological responses of green gram genotypes to salinity applied at different growth stages. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **46**: 135-142.
- ALI-DINAR H. M., EBERT G. and LÜDDERS P., 1999** - Growth, Chlorophyll Content, Photosynthesis and Water Relations in Guava (*Psidium guajava* L.) Under Salinity and Different Nitrogen Supply. *Gartenbauwissenschaft*, **64 (2)**: 54–59.
- AL-KHATEEB S. A., 2006** - Effect of salinity and temperature on germination, growth and ion relations of *Panicum turgidum* Forssk. *Bioresource Technology*, **97**: 292–298.
- ALONSO S. I., GUMA I. R., and CLAUSEN A. M., 1999** - Variability for salt tolerance during germination in *Lolium multiflorum* Lam. naturalized in the pampean grasslands. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **46**: 87–94.
- AMOR N. B., BEN HAMED K., DEBEZ A., GRIGNON C. and ABDELLY C., 2005** - Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant Science*, **168**: 889–899.
- ANOUN N. et ECHIKH N., 1990** - Etude bio systématique d'une légumineuse saharienne : le Tadelaght. *Mémoire DES, Univ. Sci. Technol. "Houari Boumedienne"*, Bab Ezzouar, Algérie, 101 p.
- ASHRAF M. and RASUL E., 1988** - Salt tolerance of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) at two growth stages. *Plant and Soil*, **110**: 63-67.
- ASHRAF M., 1989** - The effect of NaCl on water relations, chlorophyll, and protein and proline contents of two cultivars of blackgram (*Vigna mungo* L.). *Plant and Soil*, **119**: 205-210.
- ASHRAF M., 2001** - Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt-tolerant amphidiploid *Brassica* species in relation to their diploid parents. *Environ. Exp. Bot.*, **45**: 155-163.
- ASHRAF M., RAFFIA M. Z. and ASHRAF M. Y., 2003** - Time-course changes in the inorganic and organic components of germinating sunflower achenes under salt (NaCl) stress. *Flora*, **198**: 26–36.
- ASHRAF M., 2004** - Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, **199**: 361–376.
- ASHRAF M., ATHAR H. R., HARRIS P. J. C. and KWON T. R., 2008** - Some Prospective Strategies for Improving Crop Salt Tolerance. *Advances in Agronomy*, **97**: 45-110.
- AYERS R. S. and WESTCOT D. W., 1985** - Water quality for agriculture. FAO, Rome, 174 p.
- AZIZ I. and KHAN M. A., 2001** - Effect of seawater on the growth, ion content and water potential of *Rhizophora mucronata* Lam. *J. Plant Res.*, **114**: 369-373.

- BAYUELO-JIMÉNEZ J. S., GRAIG R. and LYNCH J. P., 2002** - Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.*, **42**: 1584-1594.
- BAYUELO-JIMÉNEZ J. S., DEBOUK D. G. and LYNCH J. P., 2003** – Growth, gas exchange, water relations, and ions composition of *Phaseolus* species grown under saline conditions. *Field Crop Research*, **80**: 207-222.
- BEATTY K. D. and EHLIG C. F., 1973** - A technique for testing and selecting for salt tolerance in sugarbeet. *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.*, **17**: 295-299.
- BEDDIAF Z., 2006** - Caractérisation agro morphologique de quelques populations locales du (*Vigna unguiculata*) (L.) Walp. Dans la région de Djanet. *Mém. Ing.Agro.*, INA, EL Harrach, Alger, 78p.
- BELATRA O., 2006** – Effet du stress hydrique sur la symbiose *Vigna unguiculata*-*Rhizobium*. *Mém. Ing.Agro.*, INA, EL Harrach, Alger, 83p.
- BELKHODJA M. et BIDAI Y., 2004** - Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, **15 (4)**: 331-335.
- BEN AHMED H., MANAA A. et ZID E., 2008** - Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court : la sétaire (*Setaria verticillata* L.). *C. R. Biologies*, **331** : 164–170.
- BOUBKEUR D., 2007** - Caractérisation agro morphologique de quelques populations locales de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Dans la région de Tidikelt. *Mém. Ing.Agro.*, INA, EL Harrach, Alger, 60 p.
- CHARTZOULAKIS K. and KLAPAKI G., 2000** - Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, **86**: 247-260.
- CHAUDHURI K. and CHOUDHURI M.A., 1997** - Effect of short-term NaCl stress on water relations and gas exchange of two jute species. *Biol. Plant.*, **40**: 373–380.
- CÔME D., 1970** - Les obstacles de la germination. Masson, Paris, 162 p.
- CROSER C., RENAULT S., FRANKLIN J. and ZWIAZEK J., 2001**- The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca* and *Pinus banksiana*. *Environmental pollution*, **115**: 9-16.
- DAJIC Z., 2006** - **Salt stress**. In : *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. and Janardhan Reddy K. (eds.), Netherlands., Springer, 41-99.
- DANTAS B. F., SARIBEIRO L. and ARAGAO C. A., 2005** - Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. *Revista Brasileira de Sementes*, **27**: 144-148.
- DAOUD Y. et HALITIM A., 1994** - Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse*, **3 (5)** : 151-160.
- DEMIRAL T. and TÜRKAN I., 2005** - Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, **53**: 247–257.
- DROUHIN G., 1961** - Expérience algérienne d'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation avec référence particulières aux sols salins. U.N.E.S.C.O, Paris, 239-244.
- ECHIKH N., 2000** - Organisation du pool génétique de formes sauvages et cultivées d'une légumineuse alimentaire, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Thèse de Doctorat*

en Sciences agronomiques et Ingénierie biologique. Fac. Sci. Agron., Gembloux, Belgique, 307p.

EHLERS J. D. and HALL A. E., 1997 - Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field Crop Research*, **53**: 187-204.

EL HANSALI M., HARZALLAH H., ZID E. et CHALBI N., 1993 - Etude comparative de trois lignées de piment (*Capsicum annum* L.) et des haploïdes doublés issus de leur croisement. La tolérance au stress salin. In : Le progrès génétique passe-t-il par le repérage et l'inventaire des gènes. [Demarly Y.](#), [Chly ah H.](#) (eds.), Paris, AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext. 249-259.

EL-KEBLAWY A. and AL-RAWAI A., 2005 - Effects of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. *Journal of Arid Environments*, **61**: 555–565.

ELOWAD H. O. A. and HALL A. E., 1987 - Influences of early and late nitrogen fertilization on yield and nitrogen fixation of cowpea under well-watered and dry field conditions. *Field Crop Res.*, **15**: 229-244.

EL-SWAIFY S. A., 2000 - Soil and Water Salinity. In: *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture*, Silva J. A. and Uchida R. (eds.), University of Hawaii at Manoa, 151-158.

FARIS D.G., 1964 - Improved cowpea cultivars for horticultural in industry in the USA. In: Cowpea research, production and utilization. Singh S.R. et Rachie K.O. (eds.), New York- Etats- Unis, Wiley, 105-115.

FLOWERS T. J. and FLOWERS S. A., 2005 - Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?. *Agricultural Water Management*, **78**: 15–24.

FRANCO O. L., FILHO J. E., PRISCO J. T. and FILHO E. G., 1999 - Effects of CaCl₂ on growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedlings. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, **11(3)**:145-151.

GHALMI N., HANIFI-MEKLICHE L., BAUDOIN JP., OUNANE S.M. et BENMOHAMED A., 2005 - Caractérisation agro-morphologique de quelques populations locales de niébé (*vigna unguiculata*) (L.) Walp.) cultivées en Algérie. In : Actes du séminaire international sur l'amélioration des productions végétales. L. Khelifi (ed.), 5-7 Décembre 2005, INA, Alger, 190-192.

GHOULAM C. and FARES K., 2001 - Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Sci. Tech.*, **29**: 357–364.

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. *Environmental and Experimental Botany*, **47**: 39–50.

GRATTAN S. R., SHENNAN C., MAY D. M., MITCHELL J. P. and BURAU R. G., 1987 - Use of drainage water for irrigation of melons and tomatoes. *California Agric.*, **41**: 24-26.

GRATTAN S. R. and GRIEVE C. M., 1993 - Mineral nutrient acquisition and response by plant grown in saline environments. In: Handbook of plant and crop stress. Pessarakli (ed.), Dekker, New York, 203-226.

GRATTAN S. R. and GRIEVE C. M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in

horticultural crops. *Sci. Hort.*, 78: 127-157.

GROUZIS M., BERGER A. et HEIM G., 1976 - Polymorphisme et germination des graines chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia*. *Œcof. Plant.*, 11: 41-52.

HALL A. E. and PATEL P. N., 1985 - Breeding for resistance to drought and heat. In: Cowpea research, Production and Utilization. Signgh S. R. and Rachie K. O. (eds.) Wiley, New York, 137-151.

HAMEED M. and ASHRAF M., 2008 - Physiological and biochemical adaptations of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. from the Salt Range (Pakistan) to salinity stress. *Flora*, 203: 683-694.

HAOUALA F., FERJANI H. et EL HADJ S., 2007 - Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na^+ , K^+ et Ca^{+2}) et du chlore (Cl^-) dans les parties aériennes et les racines de ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 11 (3): 235-244.

HARE P. D., CRESS W. A. and STADEN J. V., 1998 - Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant. Cell and Environment*, 21: 535–553.

HERNANDEZ J. A., OLMOS E., CORPAS F. J., SEVILLA F. and DELRIO L. A., 1995 - Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Sci.*, 105: 151–167.

HASEGAWA P. M., BRESSAN R. A., ZHU J. K. and BOHNERT H. J., 2000 – Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 51: 463–499.

HAWKINS H. J. and LEWIS O. A. M., 1993. Combination effect of NaCl salinity, nitrogen form and calcium concentration on the growth and ionic content and gaseous properties of *Triticum aestivum* L. cv. Gamtoos. *New Phytol.*, 124 : 161-170.

HAYASHI H. and MURATA N., 1998 - Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation. Sato K., Murata N. (eds.), Elsevier, Amsterdam, 133–148.

HOPKINS W. G., 2003 - Physiologie végétale. De Boeck, Bruxelles, 514 p.

JALEEL A. C., GOPI R., SANKAR B., MANIVANNAN P., KISHOREKUMAR A., SRIDHARAN R. and PANNEERSELVAM R., 2007a - Studies on germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress. *South African Journal of Botany*, 73: 190–195.

JALEEL A. C., MANIVANNAN P., LAKSHMANAN G. M. A., SRIDHARAN R. and PANNEERSELVAM R., 2007b - NaCl as a physiological modulator of proline metabolism and antioxidant potential in *Phyllanthus amarus*. *C. R. Biologies*, 330: 806–813.

JALEEL C. A., SANKAR B., SRIDHARAN R. and PANNEERSELVAM R., 2008 - Soil Salinity Alters Growth, Chlorophyll Content, and Secondary Metabolite Accumulation in *Catharanthus roseus*. *Turk J Biol*, 32: 79-83.

JAMIL M., LEE D. B., JUNG K. Y., ASHRAF M., LEE S. C. and RHA E. S., 2006 – Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Journal Central European Agriculture*, 7(2): 273-282.

- KAO W. Y., TSAI H. C. and TSAI T. T., 2001** - Effect of NaCl and nitrogen availability on growth and photosynthesis of seedlings of a mangrove species, *Kandelia candel* (L.) Druce. *J. Plant Physiol.*, **158**: 841–846.
- KATERJI N., VAN HOORN J. W., HAMDY A., MASTRORILLID M., OWEISE T. and ERSKINEE W., 2001** - Response of two varieties of lentil to soil salinity. *Agricultural Water Management*, **47**: 179-190.
- KAWAPATA M. B. and HALL A. E., 1985** - Effects of moisture regime and phosphorus on mycorrhizal infection, nutrient uptake and growth of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Field Crop Research*, **24**: 1-10.
- KHAN M. A., UNGAR I. A. and SHOWALTER A. M., 1999** - Effects of salinity on growth, ion content and osmotic relations in *Halopyrum mocoronatum* (L.) Stapf. *J. Plant Nutr.*, **22**: 191–204.
- KHAN M. A., GUL B. and WEBER D. J., 2000** - Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. *Journal of Arid Environments*, **45**: 207-214.
- KHAN M. A., 2001** - Experimental assessment of salinity tolerance of *Ceriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta, Pakistan. *Aquat. Bot.*, **70**: 259–268.
- KHAN M. A. and GULZAR S., 2003** - Germination responses of *Sporobolus ioclados*: a saline desert grass. *Journal of Arid Environments*, **53**: 387–394.
- KHAN M. A., ZAHEER AHMED M. and HAMEED A., 2006** - Effect of sea salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. *Journal of Arid Environments*, **67**: 535–540.
- KOUADIO D., ECHIKH N., TOUSSAINT A., PASQUET R. S. and BAUDOIN J. P., 2007** - Organisation du pool génique de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. : Croisements entre les formes sauvages et cultivées du niébé. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **11** (1): 47–57.
- KURBAN H., SANEOKA H., NEHIRA K., ADILLA R., PREMACHANDRA, G. S. and FUJITA, K., 1999** - Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). *Soil Sci. Plant Nutr.*, **45**: 851–862.
- LACERDA C. F., CAMBRAIA J., OLIVA M. A., RUIZ H. A., PRISCO J. T., 2003** - Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, **49**: 107-120.
- LACERDA C. F. , CAMBRAIA J., OLIVA M. A. AND RUIZ H. A., 2005** - Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environmental and Experimental Botany*, **54**: 69–76.
- LEE G., CARROW R. N. and DUNCAN R. R., 2004** - Photosynthetic responses to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. *Plant Science*, **166** : 1417–1425.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P, FOURCROY P. et FRANCINE C. D., 1995** - Les plantes face au stress salin. *Cahiers agricultures*, **4**: 263-73.

- LEVITT J., 1980** - Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses, Academic Press, NewYork, 606p.
- LICHTENTHALER H. K., 1987** - Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol*, **148**:350–382.
- LIU K., XU S., XUAN W., LING T., CAO Z., HUANG B., SUN Y., FANG L., LIU Z., NAN ZHAO N. and WENBIAO S., 2007** - Carbon monoxide counteracts the inhibition of seed germination and alleviates oxidative damage caused by salt stress in *Oryza sativa*. *Plant Science*, **172**: 544–555.
- LOVATO M. B., DE LEMOS FILHO J. P. and MARTINS P. S., 1999** - Growth responses of *Stylosanthes humilis* (Fabaceae) populations to saline stress. *Environmental and Experimental Botany*, **41**:145–153.
- LUSH W. M., RAWSON H. M., 1979** - Effects of domestication and region of origin on leaf gas exchange in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Photosynthetica*, **13**: 419.
- MAAS, E. V. and HOFFMAN G. J., 1977** - Crop salt tolerance—current assessment. *J. Irrig. Drain Div. ASCE*, **103**: 115–134.
- MAAS E. V., POSS J. A. and HOFFMAN G. J. 1986** - Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. *Irrig. Sci.*, **7**: 1-11.
- MAAS E. V. and POSS J. A., 1989a** - Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. *Irrigation Science*, **10**: 313–320.
- MAAS E. V. and POSS, J. A. 1989b**. Salt sensitivity of wheat at various growth stages. *Irrig. Sci.*, **10**: 29-40.
- MAAS E. V., 1993** - Testing Crops for Salinity Tolerance. In: Proc. Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stresses. Maranville J.W., Baligar B.V., Duncan R.R. and Yohe J.M. (eds.), 234-247.
- MAAS E. V., 1996** - Plant response to soil salinity. In: 4th National Conference and Workshop on the Productive Use and Rehabilitation of Saline Land. Promaco conventions Pty Ltd, 25-30 March 1996, Albany Western Australia.
- MAGGIO A., RAIMONDI G., MARTINO A. and PASCALE S., 2007** - Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. *Environmental and Experimental Botany*, **59**: 276–2.
- MAGNÉ C., and LARHER F., 1992** - High sugar content of extracts interferes with colorimetric determination of aminoacid and free proline. *Anal. Biochem.*, **200**: 115-118.
- MAHAJAN S. and TUTEJA N., 2005** - Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **444**: 139–158.
- MANIVANNAN P., JALEEL A. C., SANKAR B., KISHOREKUMAR A., MURALI P. V., SOMASUNDARAM R. and PANNEERSELVAM R., 2008** - Mineral uptake and biochemical changes in *Helianthus annuus* under treatment with different sodium salts. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **62**: 58–63.
- MATSUURA A, INANAGA S. et MURATA K., 2005** - Differences in the Vegetative Growth between Common and Tartary Buckwheat in Saline Hydroponic Culture. *Plant Prod. Sci.*, **8 (5)**: 533-538.

- McREADY R. M., GUGGOZ J. J., SILVICERA V. and OWENS H. S., 1950** - Determination of starch and amylase in vegetables. *Annal. Chem.*, **22**: 1156-1160.
- MEHARI A. ERICSSON T. and WEIH M., 2005** - Effects of NaCl on seedling growth, biomass production and water status of *Acacia nilotica* and *A. tortilis*. *Journal of Arid Environments*, **62**: 343-349.
- MELONI D. A., GULOTTA M. R. and MARTINEZ C. A., 2008** - Salinity tolerance in *Schinopsis quebracho colorado*: Seed germination, growth, ion relations and metabolic responses. *Journal of Arid Environments* **72**:1785– 1792.
- MISRA N. and DWIVEDI U. N., 2004** - Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. *Plant Science*, **166**: 1135-1142.
- MOHAMMED A. H., 2007** - Physiological aspects of mungbean plant (*Vigna radiata* L.) in response to salt stress and gibberellic acid treatment. *Res. J. of Agric. and Biol. Sci.*, **3**: 200-213.
- MOHAMED M. H. and EL KRAMANY M.F., 2005** - Salinity Tolerance of Some Mungbean Varieties. *Journal of Applied Sciences Research*, **1(1)**: 78-84.
- MUNNS R. and TERMATT A., 1986** - Whole plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.*, **13**: 143–160.
- MUNNS R., 2002** - Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, **25**: 239–250.
- MURILLO-AMADOR B. and TROYO-DIEGUEZ E., 2000** - Effect of salinity on the germination and seedling growth of cowpea. *Journal Agronomy & Crop Science*, **188**: 235-247.
- MURILLO-AMADOR B., TROYO-DIEGUEZ E., LOPEZ-CORTES A., JONES H. G., AYALA-CHAIREZ F. and TINOCO-OJANGUREN C. L., 2001**- Salt tolerance of cowpea genotypes in emergence stage. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **41**: 81-88.
- MURILLO-AMADOR B., LOPEZ-AGUILAR R., KAYA C., LARRINAGA MAYORAL J. and FLORES-HERNANUEZ A., 2002** - Comparative Effects of NaCl and Polyethylene Glycol on Germination, Emergence and Seedling Growth of Cowpea. *J. Agronomy & Crop Science*, **188**: 235-247.
- MURILLO-AMADOR B., TROYO-DIEGUEZ E., HERNANDEZ J. L. G., LOPEZ-AGUILAR R., AVILA-SERRANO N. Y., ZAMORA-SALGADO S., RUEDA-PUENTE E. O. and KAYA C., 2006** - Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. *Scientia Horticulturae*, **108**: 423–431.
- NAIDOO G. and KIFT J., 2006** - Responses of the saltmarsh rush *Juncus kraussii* to salinity and waterlogging. *Aquatic Botany*, **84**: 217–225.
- NAIDOO G., SOMARU R. and ACHAR P., 2008** - Morphological and physiological responses of the halophyte, *Odyssea paucinervis* (Staph) (Poaceae), to salinity. *Flora*, **203**: 437–447.
- NEUMANN P., 1997** – Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant, cell and Environment*, **20**: 1193-1198.

- PARIDA A., DAS A. B. and DAS P., 2002** - NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol.*, **45**: 28–36.
- PARIDA A. K., DAS A. B. and MITTRA B., 2004** - Effects of salt on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. *Trees-Struct. Funct.* **18**, 167–174.
- PARIDA A. K. and DAS A.B., 2005** - Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**: 324–349.
- PARTRIDGE T. R and WILSON J. B., 1987**- Germination in relation to salinity in some plants of salt marshes in otago. *New Zealand Journal of Botany*, **25**: 255-261.
- PARVAIZ A. and SATYAWATI S., 2008** - Salt stress and phyto-biochemical responses of plants – a review. *Plant Soil Environ.* **54 (3)**: 89–99.
- PATEL A. D. and PANDEY A. N., 2007** - Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in seedlings of *Cassia montana* (Fabaceae). *Journal of Arid Environments*, **70**: 174–182.
- PAUL M. H., PLANCHTON C., ECOCHARD R., 1979** - Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement et la productivité chez le soja. *Ann. Amélioration des plantes*, **29**: 479-492.
- PERICA S., GORETA S. and VULETIN SELAK G., 2008** - Growth, biomass allocation and leaf ion concentration of seven olive (*Olea europaea* L.) cultivars under increased salinity. *Scientia Horticulturae*, **117**: 123–129.
- PINHEIRO H. A., SILVA J. V., ENDRES L., FERREIRAC V. M., ALBUQUERQUE CAMARA C., CABRAL F. F., OLIVEIRA J. F., CARVALHO L. W. T., SANTOS J. M. and SANTOS FILHO B. G., 2008** - Leaf gas exchange, chloroplastic pigments and dry matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis* L). *Industrial Crops and Products*, **27**: 385–392.
- PIRI K., ANCEAU C., EL JAAFARI, S., LEPOIVRE P. et SEMAL J., 1994** - Sélection *in vitro* de plantes androgénétiques de blé tendre résistantes à la salinité. In : Quel avenir pour l'amélioration des plantes. Dubois J., ed., Paris, AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, 311-320.
- PROMILA K. and KUMAR S., 2000** - *Vigna radiata* seed germination under salinity. *Biologia Plantarum*, **43**: 423-426.
- RACCUIA S. A., CAVALLARO V., et MELILLI M. G., 2004** - Intraspecific variability in *Cynara cardunculus* L. var. *sylvestris* Lam. Sicilian populations: seed germination under salt and moisture stresses. *Journal of Arid Environments*, **56**: 107–116.
- RADHOUANE L., 2008** - Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) autochtones de Tunisie. *C. R. Biologies*, **331**: 278–286.
- RAJESH A., ARUMUGAM R. and VENKATESALU V., 1998** - Growth and photosynthetic characteristics of *Ceriops roxburghiana* under NaCl stress. *Photosynthetica*, **35**: 285–287.
- RAMOLIYA P. J., PATEL H. M. and PANDEY A. N., 2004** - Effect of salinization of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Salvadora persica* (Salvadoraceae). *Forest Ecology and Management*, **202**: 181–193.

- REJILI M., TELAHIGUE D., LACHIHEB B., MRABET A. and FERCHICHI A., 2008** - Impact of gamma radiation and salinity on growth and K⁺/Na⁺ balance in two populations of *Medicago sativa* (L.) cultivar Gabès. *Progress in Natural Science*, **18**: 1095-1105.
- RHOADES J. D., 1986** - Use of saline water for irrigation. Spec. issue bull.-Water Quality, Burlington. Natl. Water Res. Inst., Ontario, Canada.
- ROGERS M. E. and NOBLE C. L., 1992** - Variation in growth and ion accumulation between two selected populations of *triticum repens* L., differing in salt tolerance. *Plant soil*, **146**: 131-136.
- ROMAIN H. R., 2001**- Agriculture en Afrique Tropicale. Direction générales de la coopération internationale, Bruxelles, Belgique, 368-383p.
- ROMERO-ARANDA R., SORIA T. and CUARTERO J., 2001.** Tomato plant-water uptake and plant–water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.*, **160**: 265–272.
- RUBIO-CASAL A. E., CASTILLO J. M., LUQUE C. J. and FIGUEROA M. E., 2003** - Influence of salinity on germination and seeds viability of two primary colonizers of Mediterranean salt pans. *Journal of Arid Environment*, **53**: 145-154.
- SALVATORE A. R., CAVALLARO V. and MELILLI M. G., 2004** - Intraspecific variability in *Cynara cardunculus* L. var. *sylvestris* Lam. Sicilian populations: seed germination under salt and moisture stresses. *Journal of Arid Environments*, **56**: 107–116.
- SHANNON M. C., 1986** - New insights in plant breeding efforts for improved salt tolerance. *Hort. Technol.*, **6**: 96–99.
- SHANNON M. C., 1992** - The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. In: Proc. Plant Stress in Trop. Environ. Davenport T. L. and Harrington H. M. (eds.), Kailu-Kona, HI, 20-25 Sept, Univ. FL, Homestead, 56-63.
- SHANNON M. C., 1997** – Adaptation of plant to salinity. *Adv. Agron.*, **60**: 75-120.
- SHOLANDER P. F., HAMMEL H. T., HEMINGSEN E. A. and BRADSTREET E. D., 1964** - Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of the National Academy of science* , **52**: 119-125.
- SILVA E. C., NOGUEIRA, R. J. M. C., ARAUJO F. P., MELOC N. F. and AZEVEDO NETO A. D., 2008** - Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, **63**:147–157.
- SILVA J. V., LACERDA C. F., COSTA P. H. A., FILHO J. E., FILHO E. G. and PRISCO J. T., 2003** - Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. *Braz. J. Plant Physiol.*, **15 (2)**:99-105.
- SILVEIRA J. A. G., MELO A. R. B., VIE´GAS R. A. and OLIVEIRA J. T. A., 2001** - Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environmental and Experimental Botany*, **46**: 171–179.
- SIVRITEPE H. O., SIVRITEPE N., ERIS A. and TURHAN E., 2005** - The effects of NaCl pre-treatments on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. *Scientia Horticulturae*, **106**: 568–58.

-
- SLAMA F., 2004** - La salinité et la production végétale. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 163 p.
- SLAMA I., GHNAYA T., SAVOURE A. and ABDELLY C., 2008** - Combined effects of long-term salinity and soil drying on growth, water relations, nutrient status and proline accumulation of *Sesuvium portulacastrum*. *C. R. Biologies*, **331**: 442–451.
- SNOUSSI S. A et HALITIM A., 1998** - Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées : cas de l'haricot et la tomate. *Etude et gestion des sols*, **5 (4)**: 289-298.
- SONG J., FAN H., ZHAO Y., JIA Y., DU X, WANG B., 2008** - Effect of salinity on germination, seedling emergence, seedling growth and ion accumulation of a euhalophyte *Suaeda salsa* in an intertidal zone and on saline inland. *Aquatic Botany*, **88**: 331–337.
- SOUSA M. F., CAMPOS F. A. P., PRISCO J. T., ENEAS-FILHO J. And GOMES-FILHO E., 2004** - Growth and protein pattern in cowpea seedlings subjected to salinity. *Biologia Plantarum*, **47 (3)**: 341-346.
- SOUSSI M., LLUCH C. and OCANA A., 1998** - Effects of salt stress on growth, photosynthesis and nitrogen fixation in chick-pea (*Cicer arietinum* L.). *J. Exp. Bot.*, **49**: 1329–1337.
- SULTANA N., IKEDA T. and ITOH R., 1999** - Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*, **42**: 211–220.
- SY A., GROUZIS M. and DANTHU P., 2001** - Seed germination of seven Sahelian legume species. *Journal of Arid Environments*, **49**: 875 – 882.
- TAKEMURA T., HANAGATA N., SUGIHARA K., BABA S., KARUBE I. and
DUBINSKY Z., 2000 - Physiological and biochemical responses to salt stress in the mangrove, *Bruguiera gymnorrhiza*. *Aquat. Bot.*, **68**: 15–28.
- TATTINI M. and TRAVERSI M. L., 2008** - On the mechanism of salt tolerance in olive (*Olea europaea* L.) under low- or high-Ca²⁺ supply. *Environmental and Experimental Botany*, **65**: 72-81.
- TAWFIK K. M., 2008** - Evaluating the Use of Rhizobacterin on Cowpea Plants Grown under Salt Stress. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, **4(1)**: 26-33.
- THAKUR M. and SHARMA A. D., 2005** - Salt-stress-induced proline accumulation in germinating embryos: Evidence suggesting a role of proline in seed germination. *Journal of Arid Environments*, **62**: 517–523.
- THOMSON W. W., 1985** - Physiological Responses to Salt Stress. In: five year report, Ed. Kearney Fondation, 1-5.
- TLIG T., GORAI M. and NEFFATI M., 2008** - Germination responses of *Diplotaxis harra* to temperature and salinity. *Flora* **203**: 421-428.
- TOUAMI N., 2004** - Caractérisation agro morphologique de quelques populations locales de niébé (*Vigna unguiculata*) (L.) Walp. Dans la région d'El Kala. *Mém. Ing. Agro.INA*, El Harrach, Alger, 70p.
-

- TSOATA E., 1995** – Effet de sel (NaCl) sur la germination de graines de légumineuses. *Cahiers agricultures*, **4**: 207-209.
- TURK K. J., HALL A. E. and ASBELL C. W., 1980** - Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. *Agron J.*, **72**: 413-420.
- VICENTE M. J., CONESA E., ROGEL J. A., FRANCO J. A. and J. J. MARTINEZ-SANCHEZ, 2007** - Effects of various salts on the germination of three perennial salt marsh species. *Aquatic Botany*, **87**: 167–170.
- VICENTE O., BOSCAIU M., NARANJO M. A., ESTRELLES E., BELLES J. M., and SORIANO P., 2004** - Responses to salt stress in the halophyte *Plantago crassifolia* (Plantaginaceae). *J. Arid Environ.*, **58**: 463- 481.
- WAHID A., 2004** - Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **45**: 133-141.
- WAHID A., PERVEEN M., GELANI S. and BASRA S. M. A., 2007**- Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology*, **164**: 283-294.
- WANG Y. and NIL N., 2000** - Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, **75**: 623–627.
- WEI Y., DONG M., HUANG Z. and TAN D., 2008** - Factors influencing seed germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant annual halophyte inhabiting the deserts of Xinjiang, China. *Flora*, **203**: 134–140.
- WEST D. W. and FRANCOIS L. E., 1982** - Effects of Salinity on Germination, Growth and Yield of Cowpea. *Irrig. Sci.*, **3**:169-175.
- WILSON C., LIU X., LESCH S. M. and SUAREZ D. L., 2006** - Growth response of major USA cowpea cultivars: Effect of salinity on leaf gas exchange. *Plant Science*, **170**: 1095–1101.
- XIONG L. and ZHU J. K., 2002** - Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. *Plant, Cell and Environment*, **25**: 131–139.
- YAZICI I., TURKAN I., SEKMEN A. H. and DEMIRAL T., 2007** - Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, **61**: 49-57.
- YE Y., FUNG-YEE TAM N., LU C. Y., and WONG Y. S., 2005** - Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. *Aquatic Botany*, **83**: 193–205.
- YEO A. R., 1998** - Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *J. Exp. Bot.*, **49**: 915-929.
- YILDIRIM E. and GUVENC I., 2006** - Salt Tolerance of Pepper Cultivars during Germination and Seedling Growth. *Turk. J. Agric. For.*, **30**: 347-353.
- YOKOI S., BRESSAN R. A. and HASEGAWA P. M., 2002** - Salt Stress Tolerance of plants. *Jircas Working Report*, 25-33.

ZAYED M. A. and ZEID I. M., 1998 - Effect of water and salt stress on growth, chlorophyll, mineral ions and organic solutes contents, and enzymes activity in mung bean seedlings. *Biologia Plantarum*, **40**: 351-356.

ZID E., GRIGNON C., 1991 - Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. In : L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Chalbi N., Demarly Y. (eds.), Paris, AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, 91 - 108.

ANNEXES

Annexe I : Résultats d'analyse de la variance Variable : Germination

1-Deuxième jour après semis

1.1-Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Modèle corrigé	40949,393*	29	1412,048	13,463	,000
Constante	11284,673	1	11284,673	107,593	,000
A	29014,594	5	5802,919	55,327	,000
B	3675,482	4	918,870	8,761	,000
A * B	8259,317	20	412,966	3,937	,000
Erreur	6292,996	60	104,883		
Total	58527,062	90			
Total corrigé	47242,389	89			

a R deux = ,867 (R deux ajusté = ,802)

A : Traitements salins

B : Populations

A*B : interaction (Traitements salins / populations)

1.2-Tests post hoc

1.2.1-Variable traitement « T »

Comparisons multiples

Variable dépendante: Germination

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	35,3327*	3,7396	,000	27,8524	42,8129
	T2	46,5920*	3,7396	,000	39,1117	54,0723
	T3	49,7033*	3,7396	,000	42,2231	57,1836
	T4	49,7033*	3,7396	,000	42,2231	57,1836
	T5	49,7033*	3,7396	,000	42,2231	57,1836
T1	T0	-35,3327*	3,7396	,000	-42,8129	-27,8524
	T2	11,2593*	3,7396	,004	3,7791	18,7396
	T3	14,3707*	3,7396	,000	6,8904	21,8509
	T4	14,3707*	3,7396	,000	6,8904	21,8509
	T5	14,3707*	3,7396	,000	6,8904	21,8509
T2	T0	-46,5920*	3,7396	,000	-54,0723	-39,1117
	T1	-11,2593*	3,7396	,004	-18,7396	-3,7791
	T3	3,1113	3,7396	,409	-4,3689	10,5916
	T4	3,1113	3,7396	,409	-4,3689	10,5916
	T5	3,1113	3,7396	,409	-4,3689	10,5916
T3	T0	-49,7033*	3,7396	,000	-57,1836	-42,2231
	T1	-14,3707*	3,7396	,000	-21,8509	-6,8904
	T2	-3,1113	3,7396	,409	-10,5916	4,3689
	T4	,0000	3,7396	1,000	-7,4803	7,4803
	T5	,0000	3,7396	1,000	-7,4803	7,4803
T4	T0	-49,7033*	3,7396	,000	-57,1836	-42,2231
	T1	-14,3707*	3,7396	,000	-21,8509	-6,8904
	T2	-3,1113	3,7396	,409	-10,5916	4,3689
	T3	,0000	3,7396	1,000	-7,4803	7,4803
	T5	,0000	3,7396	1,000	-7,4803	7,4803
T5	T0	-49,7033*	3,7396	,000	-57,1836	-42,2231
	T1	-14,3707*	3,7396	,000	-21,8509	-6,8904
	T2	-3,1113	3,7396	,409	-10,5916	4,3689
	T3	,0000	3,7396	1,000	-7,4803	7,4803
	T4	,0000	3,7396	1,000	-7,4803	7,4803

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05

1.2.2-Variable population « P »

Comparaisons multiples

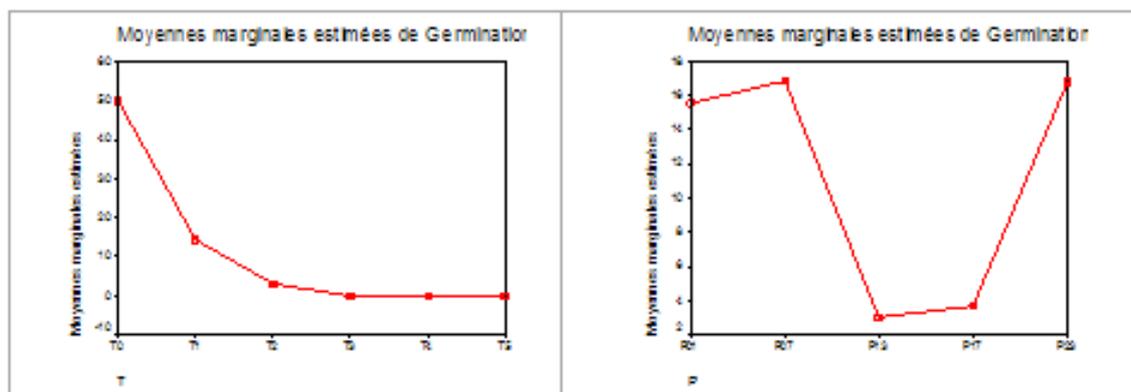
Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P01	P07	-1,2967	3,4138	,705	-8,1252	5,5319
	P13	12,4694*	3,4138	,001	5,6409	19,2980
	P17	11,8517*	3,4138	,001	5,0231	18,6802
	P23	-1,2344	3,4138	,719	-8,0630	5,5941
P07	P01	1,2967	3,4138	,705	-5,5319	8,1252
	P13	13,7661*	3,4138	,000	6,9376	20,5946
	P17	13,1483*	3,4138	,000	6,3198	19,9769
	P23	6,222E-02	3,4138	,986	-6,7663	6,8907
P13	P01	-12,4694*	3,4138	,001	-19,2980	-5,6409
	P07	-13,7661	3,4138	,000	-20,5946	-6,9376
	P17	-,6178*	3,4138	,857	-7,4463	6,2107
	P23	-13,7039*	3,4138	,000	-20,5324	-6,8754
P17	P01	-11,8517*	3,4138	,001	-18,6802	-5,0231
	P07	-13,1483	3,4138	,000	-19,9769	-6,3198
	P13	,6178*	3,4138	,857	-6,2107	7,4463
	P23	-13,0861*	3,4138	,000	-19,9146	-6,2576
P23	P01	1,2344	3,4138	,719	-5,5941	8,0630
	P07	-6,222E-02	3,4138	,986	-6,8907	6,7663
	P13	13,7039*	3,4138	,000	6,8754	20,5324
	P17	13,0861*	3,4138	,000	6,2576	19,9146

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.3-Diagramme des profils



2-Troisième jour après semis

2.1- Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Germination

	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Modèle corrigé	119616,420 ^a	29	4124,704	36,965	,000
Constante	109765,434	1	109765,434	983,707	,000
A	96933,347	5	19386,669	173,741	,000
B	13087,911	4	3271,978	29,323	,000
A * B	9595,162	20	479,758	4,300	,000
Erreur	6695,011	60	111,584		
Total	236076,864	90			
Total corrigé	126311,431	89			

a. R deux = ,947 (R deux ajusté = ,921)

A : Traitements salin

B : Populations

A*B : interaction (Traitements salins / populatio

2.2- Tests post hoc

2.2.1-Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	16,3393*	3,8572	,000	8,6238	24,0548
	T2	48,9400*	3,8572	,000	41,2245	56,6555
	T3	72,1240*	3,8572	,000	64,4085	79,8395
	T4	84,5687*	3,8572	,000	76,8532	92,2842
	T5	83,9020*	3,8572	,000	76,1865	91,6175
T1	T0	-16,3393*	3,8572	,000	-24,0548	-8,6238
	T2	32,6007*	3,8572	,000	24,8852	40,3162
	T3	55,7847*	3,8572	,000	48,0692	63,5002
	T4	68,2293*	3,8572	,000	60,5138	75,9448
	T5	67,5627*	3,8572	,000	59,8472	75,2782
T2	T0	-48,9400*	3,8572	,000	-56,6555	-41,2245
	T1	-32,6007*	3,8572	,000	-40,3162	-24,8852
	T3	23,1840*	3,8572	,000	15,4685	30,8995
	T4	35,6287*	3,8572	,000	27,9132	43,3442
	T5	34,9620*	3,8572	,000	27,2465	42,6775
T3	T0	-72,1240*	3,8572	,000	-79,8395	-64,4085
	T1	-55,7847*	3,8572	,000	-63,5002	-48,0692
	T2	-23,1840*	3,8572	,000	-30,8995	-15,4685
	T4	12,4447*	3,8572	,002	4,7292	20,1602
	T5	11,7780*	3,8572	,003	4,0625	19,4935
T4	T0	-84,5687*	3,8572	,000	-92,2842	-76,8532
	T1	-68,2293*	3,8572	,000	-75,9448	-60,5138
	T2	-35,6287*	3,8572	,000	-43,3442	-27,9132
	T3	-12,4447*	3,8572	,002	-20,1602	-4,7292
	T5	-,6667	3,8572	,863	-8,3822	7,0488
T5	T0	-83,9020*	3,8572	,000	-91,6175	-76,1865
	T1	-67,5627*	3,8572	,000	-75,2782	-59,8472
	T2	-34,9620*	3,8572	,000	-42,6775	-27,2465
	T3	-11,7780*	3,8572	,003	-19,4935	-4,0625
	T4	-,6667	3,8572	,863	-7,0488	8,3822

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

2.2.2- Variable population « P » :

Comparaisons multiples

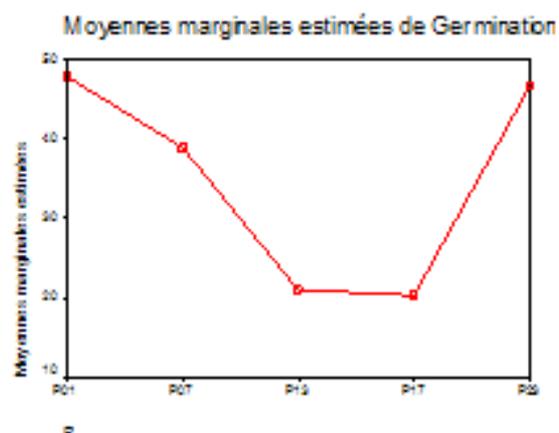
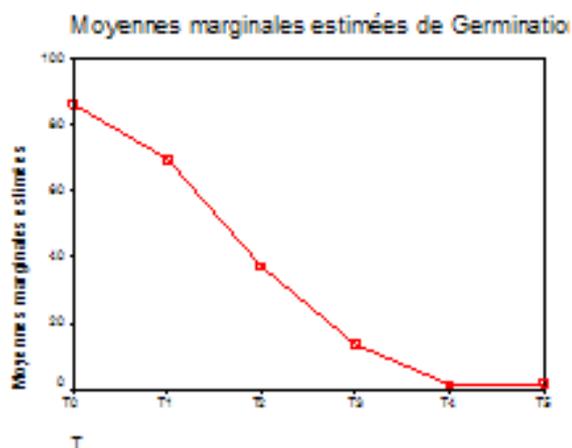
Variable dépendante: Germination

(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P01	P07	8,8883*	3,5211	,014	1,8451	15,9316
	P13	26,7922*	3,5211	,000	19,7490	33,8355
	P17	27,4822*	3,5211	,000	20,4390	34,5255
	P23	1,1111	3,5211	,753	-5,9321	8,1544
P07	P01	-8,8883*	3,5211	,014	-15,9316	-1,8451
	P13	17,9039*	3,5211	,000	10,8606	24,9471
	P17	18,5939*	3,5211	,000	11,5506	25,6371
	P23	-7,7772*	3,5211	,031	-14,8205	-7,7340
P13	P01	-26,7922*	3,5211	,000	-33,8355	-19,7490
	P07	-17,9039*	3,5211	,000	-24,9471	-10,8606
	P17	,6900	3,5211	,845	-6,3533	7,7333
	P23	-25,6811*	3,5211	,000	-32,7244	-18,6379
P17	P01	-27,4822*	3,5211	,000	-34,5255	-20,4390
	P07	-18,5939*	3,5211	,000	-25,6371	-11,5506
	P13	-,6900	3,5211	,845	-7,7333	6,3533
	P23	-26,3711*	3,5211	,000	-33,4144	-19,3279
P23	P01	-1,1111	3,5211	,753	-8,1544	5,9321
	P07	7,7772*	3,5211	,031	,7340	14,8205
	P13	25,6811*	3,5211	,000	18,6379	32,7244
	P17	26,3711*	3,5211	,000	19,3279	33,4144

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

2.3-Diagramme des profils



3-Quatrième jour après semis

3.1. Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Germination

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Modèle corrigé	124139,878	29	4280,685	31,777	,000
Constante	222665,089	1	222665,089	1652,896	,000
A	103477,509	5	20695,502	153,628	,000
B	11619,238	4	2904,810	21,563	,000
A * B	9043,131	20	452,157	3,356	,000
Erreur	8082,724	60	134,712		
Total	354887,692	90			
Total corrigé	132222,603	89			

R deux = ,939 (R deux ajusté = ,909)

A : Traitements salins

B : Populations

A*B : interaction (Traitements salins / populations)

3.2-Tests post hoc :

3.2.1 - Variable traitement « T »

Comparisons multiples

Variable dépendante: Germination

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	12,5933*	4,2381	,004	4,1158	21,0708
	T2	32,0733*	4,2381	,000	23,5958	40,5508
	T3	57,5547*	4,2381	,000	49,0772	66,0322
	T4	79,7760*	4,2381	,000	71,2985	88,2535
	T5	92,8873*	4,2381	,000	84,4098	101,3648
T1	T0	-12,5933*	4,2381	,004	-21,0708	-4,1158
	T2	19,4800*	4,2381	,000	11,0025	27,9575
	T3	44,9613*	4,2381	,000	36,4838	53,4388
	T4	67,1827*	4,2381	,000	58,7052	75,6602
	T5	80,2940*	4,2381	,000	71,8165	88,7715
T2	T0	-32,0733*	4,2381	,000	-40,5508	-23,5958
	T1	-19,4800*	4,2381	,000	-27,9575	-11,0025
	T3	25,4813*	4,2381	,000	17,0038	33,9588
	T4	47,7027*	4,2381	,000	39,2252	56,1802
	T5	60,8140*	4,2381	,000	52,3365	69,2915
T3	T0	-57,5547*	4,2381	,000	-66,0322	-49,0772
	T1	-44,9613*	4,2381	,000	-53,4388	-36,4838
	T2	-25,4813*	4,2381	,000	-33,9588	-17,0038
	T4	22,2213*	4,2381	,000	13,7438	30,6988
	T5	35,3327*	4,2381	,000	26,8552	43,8102
T4	T0	-79,7760*	4,2381	,000	-88,2535	-71,2985
	T1	-67,1827*	4,2381	,000	-75,6602	-58,7052
	T2	-47,7027*	4,2381	,000	-56,1802	-39,2252
	T3	-22,2213*	4,2381	,000	-30,6988	-13,7438
	T5	13,1113*	4,2381	,005	4,6338	21,5888
T5	T0	-92,8873*	4,2381	,000	-101,3648	-84,4098
	T1	-80,2940*	4,2381	,000	-88,7715	-71,8165
	T2	-60,8140*	4,2381	,000	-69,2915	-52,3365
	T3	-35,3327*	4,2381	,000	-43,8102	-26,8552
	T4	-13,1113*	4,2381	,005	-21,5888	-4,6338

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05

3.2.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

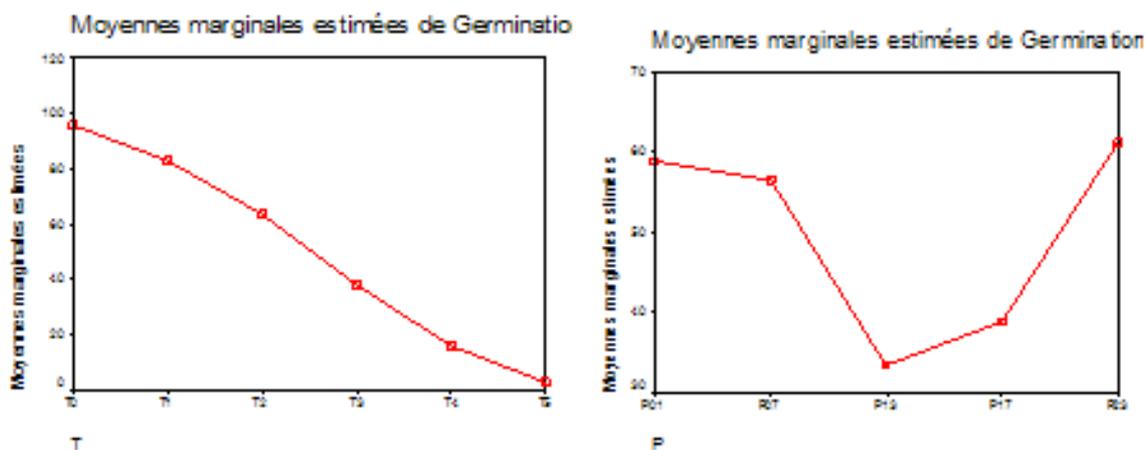
Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P01	P07	2,4072	3,8689	,536	-5,3316	10,1461
	P13	25,5589*	3,8689	,000	17,8200	33,2977
	P17	20,0011*	3,8689	,000	12,2623	27,7400
	P23	-2,2222	3,8689	,568	-9,9611	5,5166
P07	P01	-2,4072	3,8689	,536	-10,1461	5,3316
	P13	23,1517*	3,8689	,000	15,4128	30,8905
	P17	17,5939*	3,8689	,000	9,8550	25,3327
	P23	-4,6294	3,8689	,236	-12,3683	3,1094
P13	P01	-25,5589*	3,8689	,000	-33,2977	-17,8200
	P07	-23,1517*	3,8689	,000	-30,8905	-15,4128
	P17	-5,5578	3,8689	,156	-13,2966	2,1811
	P23	-27,7811*	3,8689	,000	-35,5200	-20,0423
P17	P01	-20,0011*	3,8689	,000	-27,7400	-12,2623
	P07	-17,5939*	3,8689	,000	-25,3327	-9,8550
	P13	5,5578	3,8689	,156	-2,1811	13,2966
	P23	-22,2233*	3,8689	,000	-29,9622	-14,4845
P23	P01	2,2222	3,8689	,568	-5,5166	9,9611
	P07	4,6294	3,8689	,236	-3,1094	12,3683
	P13	27,7811*	3,8689	,000	20,0423	35,5200
	P17	22,2233*	3,8689	,000	14,4845	29,9622

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

3.3- Diagramme des profils :



4-Cinquième jour après semis

4.1. Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Modèle corrigé	125280,170*	29	4320,006	41,576	,000
Constante	289747,349	1	289747,349	2788,520	,000
A	97097,222	5	19419,444	186,892	,000
B	13254,095	4	3313,524	36,701	,000
A * B	12928,852	20	646,443	6,221	,000
Erreur	6234,432	60	103,907		
Total	421261,951	90			
Total corrigé	131514,602	89			

a. R deux = ,953 (R deux ajusté = ,930)

A : Traitements salins

B : Populations

A*B : interaction (Traitements salins / populations)

4.2- Tests post hoc

4.2.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	7,0367	3,7221	,064	-,4087	14,4820
	T2	20,5927*	3,7221	,000	13,1473	28,0380
	T3	47,0360*	3,7221	,000	39,5906	54,4814
	T4	66,6633*	3,7221	,000	59,2200	74,1107
	T5	91,5540*	3,7221	,000	84,1086	98,9994
T1	T0	-7,0367	3,7221	,064	-14,4820	,4087
	T2	13,5560*	3,7221	,001	6,1106	21,0014
	T3	39,9993*	3,7221	,000	32,5540	47,4447
	T4	59,6287*	3,7221	,000	52,1833	67,0740
	T5	84,5173*	3,7221	,000	77,0720	91,9627
T2	T0	-20,5927*	3,7221	,000	-28,0380	-13,1473
	T1	-13,5560*	3,7221	,001	-21,0014	-6,1106
	T3	26,4433*	3,7221	,000	18,9980	33,8887
	T4	46,0727*	3,7221	,000	38,6273	53,5180
	T5	70,9613*	3,7221	,000	63,5160	78,4067
T3	T0	-47,0360*	3,7221	,000	-54,4814	-39,5906
	T1	-39,9993*	3,7221	,000	-47,4447	-32,5540
	T2	-26,4433*	3,7221	,000	-33,8887	-18,9980
	T4	19,6293*	3,7221	,000	12,1840	27,0747
	T5	44,5180*	3,7221	,000	37,0726	51,9634
T4	T0	-66,6633*	3,7221	,000	-74,1107	-59,2200
	T1	-59,6287*	3,7221	,000	-67,0740	-52,1833
	T2	-46,0727*	3,7221	,000	-53,5180	-38,6273
	T3	-19,6293*	3,7221	,000	-27,0747	-12,1840
	T5	24,8887*	3,7221	,000	17,4433	32,3340
T5	T0	-91,5540*	3,7221	,000	-98,9994	-84,1086
	T1	-84,5173*	3,7221	,000	-91,9627	-77,0720
	T2	-70,9613*	3,7221	,000	-78,4067	-63,5160
	T3	-44,5180*	3,7221	,000	-51,9634	-37,0726
	T4	-24,8887*	3,7221	,000	-32,3340	-17,4433

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

4.2.2-Variable population « P » :

Comparaisons multiples

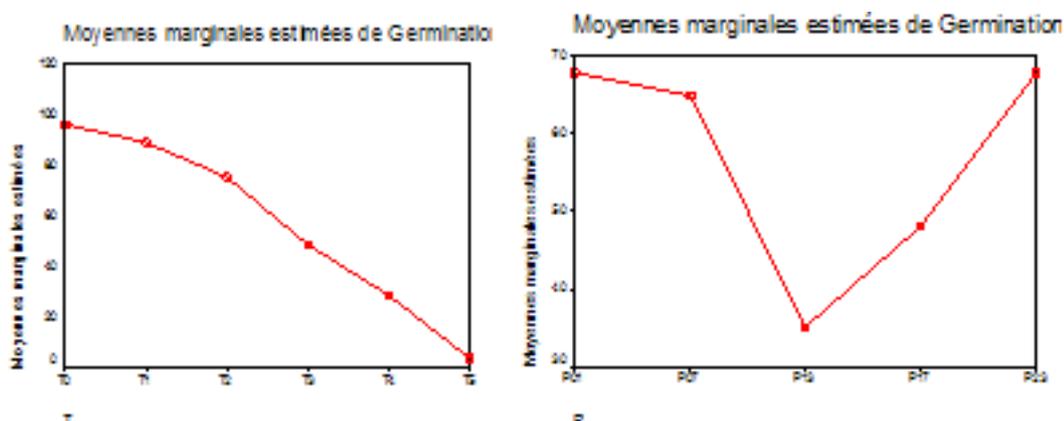
Variable dépendante: Germination

(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreurs standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P01	P07	2,9633	3,3978	,387	-3,8333	9,7600
	P13	32,5961*	3,3978	,000	25,7994	39,3928
	P17	19,6300*	3,3978	,000	12,8333	26,4267
	P23	-1,4211E-14	3,3978	1,000	-6,7967	6,7967
P07	P01	-2,9633	3,3978	,387	-9,7600	3,8333
	P13	29,6328*	3,3978	,000	22,8361	36,4294
	P17	16,6667*	3,3978	,000	9,8700	23,4633
	P23	-2,9633	3,3978	,387	-9,7600	3,8333
P13	P01	-32,5961*	3,3978	,000	-39,3928	-25,7994
	P07	-29,6328*	3,3978	,000	-36,4294	-22,8361
	P17	-12,9661*	3,3978	,000	-19,7628	-6,1694
	P23	-32,5961*	3,3978	,000	-39,3928	-25,7994
P17	P01	-19,6300*	3,3978	,000	-26,4267	-12,8333
	P07	-16,6667*	3,3978	,000	-23,4633	-9,8700
	P13	12,9661*	3,3978	,000	6,1694	19,7628
	P23	-19,6300*	3,3978	,000	-26,4267	-12,8333
P23	P01	1,4211E-14	3,3978	1,000	-6,7967	6,7967
	P07	2,9633	3,3978	,387	-3,8333	9,7600
	P13	32,5961*	3,3978	,000	25,7994	39,3928
	P17	19,6300*	3,3978	,000	12,8333	26,4267

2-Basé sur les moyennes observées.

3-La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

4.3- Diagramme des profils :



5-Sixième jour après semis

5.1. Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Germination

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Modèle corrigé	131112,523*	29	4521,121	43,467	,000
Constante	359485,392	1	359485,392	3456,139	,000
A	93975,056	5	18795,011	180,698	,000
B	20705,713	4	5176,428	49,767	,000
A * B	16431,755	20	821,588	7,899	,000
Erreur	6240,814	60	104,014		
Total	496838,729	90			
Total corrigé	137353,337	89			

a. R deux = ,955 (R deux ajusté = ,933) A : Traitements salins B : Populations
A*B : interaction (Traitements salins / populations)

5.2- Tests post hoc :

5.2.1-Variable traitement « T »

Comparaisons multiples Variable dépendante: Germination

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreurs standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	3,7033	3,7240	,324	-3,7459	11,1525
	T2	10,0740*	3,7240	,009	2,6248	17,5232
	T3	33,6807*	3,7240	,000	26,2315	41,1299
	T4	56,8880*	3,7240	,000	49,4388	64,3372
	T5	89,7760*	3,7240	,000	82,3268	97,2252
T1	T0	-3,7033	3,7240	,324	-11,1525	3,7459
	T2	6,3707	3,7240	,092	-1,0785	13,8199
	T3	29,9773*	3,7240	,000	22,5281	37,4265
	T4	53,1847*	3,7240	,000	45,7355	60,6339
	T5	86,0727*	3,7240	,000	78,6235	93,5219
T2	T0	-10,0740*	3,7240	,009	-17,5232	-2,6248
	T1	-6,3707	3,7240	,092	-13,8199	1,0785
	T3	23,6067*	3,7240	,000	16,1575	31,0559
	T4	46,8140*	3,7240	,000	39,3648	54,2632
	T5	79,7020*	3,7240	,000	72,2528	87,1512
T3	T0	-33,6807*	3,7240	,000	-41,1299	-26,2315
	T1	-29,9773*	3,7240	,000	-37,4265	-22,5281
	T2	-23,6067*	3,7240	,000	-31,0559	-16,1575
	T4	23,2073*	3,7240	,000	15,7581	30,6565
	T5	56,0953*	3,7240	,000	48,6461	63,5445
T4	T0	-56,8880*	3,7240	,000	-64,3372	-49,4388
	T1	-53,1847*	3,7240	,000	-60,6339	-45,7355
	T2	-46,8140*	3,7240	,000	-54,2632	-39,3648
	T3	-23,2073*	3,7240	,000	-30,6565	-15,7581
	T5	32,8880*	3,7240	,000	25,4388	40,3372
T5	T0	-89,7760*	3,7240	,000	-97,2252	-82,3268
	T1	-86,0727*	3,7240	,000	-93,5219	-78,6235
	T2	-79,7020*	3,7240	,000	-87,1512	-72,2528
	T3	-56,0953*	3,7240	,000	-63,5445	-48,6461
	T4	-32,8880*	3,7240	,000	-40,3372	-25,4388

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,050.

5.2.2-Variable population « P »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

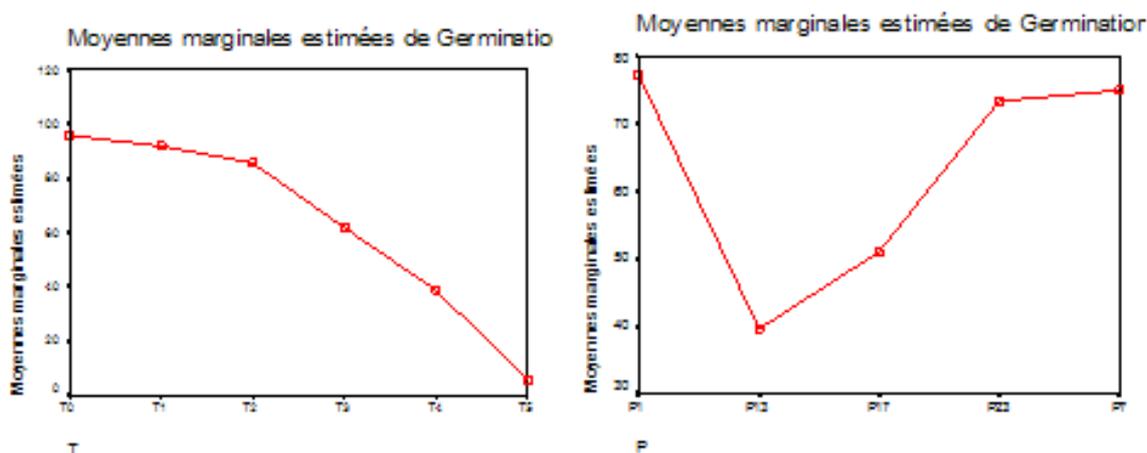
Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreurs standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	37,7200*	3,3996	,000	30,9199	44,5201
	P17	26,2778*	3,3996	,000	19,4776	33,0779
	P23	3,8889	3,3996	,257	-2,9113	10,6890
	P7	2,2228	3,3996	,516	-4,5774	9,0229
P13	P1	-37,7200*	3,3996	,000	-44,5201	-30,9199
	P17	-11,4422*	3,3996	,001	-18,2424	-4,6421
	P23	-33,8311*	3,3996	,000	-40,6313	-27,0310
	P7	-35,4972*	3,3996	,000	-42,2974	-28,6971
P17	P1	-26,2778*	3,3996	,000	-33,0779	-19,4776
	P13	11,4422*	3,3996	,001	4,6421	18,2424
	P23	-22,3889*	3,3996	,000	-29,1890	-15,5887
	P7	-24,0550*	3,3996	,000	-30,8551	-17,2549
P23	P1	-3,8889	3,3996	,257	-10,6890	2,9113
	P13	33,8311*	3,3996	,000	27,0310	40,6313
	P17	22,3889*	3,3996	,000	15,5887	29,1890
	P7	-1,6661	3,3996	,626	-8,4663	5,1340
P7	P1	-2,2228	3,3996	,516	-9,0229	4,5774
	P13	35,4972*	3,3996	,000	28,6971	42,2974
	P17	24,0550*	3,3996	,000	17,2549	30,8551
	P23	1,6661	3,3996	,626	-5,1340	8,4663

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,050.

5.3- Diagramme des profils



6-Septième jour après semis

6.1. Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Modèle corrigé	119236,646*	29	4111,608	22,108	,000
Constante	390754,056	1	390754,056	2101,095	,000
A	84812,324	5	16962,465	91,208	,000
B	20592,649	4	5148,162	27,682	,000
A * B	13831,674	20	691,584	3,719	,000
Erreur	11158,582	60	185,976		
Total	521149,285	90			
Total corrigé	130595,228	89			

a. R deux = ,914 (R deux ajusté = ,873)

A : Traitements salins

B : Populations

A*B : interaction (Traitements salins / populations)

6.2- Tests post hoc

6.2.1-Variation traitement « T »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

	(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Limite supérieure
LSD	T0	T1	4,4440	4,9796	,376	-5,5168	14,4048
		T2	9,0367	4,9796	,075	-9,241	18,9974
		T3	33,7027*	4,9796	,000	23,7419	43,6634
		T4	47,3847*	4,9796	,000	37,4239	57,3454
		T5	87,8500*	4,9796	,000	77,8892	97,8108
		T1	-4,4440	4,9796	,376	-14,4048	5,5168
		T2	4,3927	4,9796	,360	-5,3681	14,5534
		T3	29,2587*	4,9796	,000	19,2979	39,2194
		T4	42,9407*	4,9796	,000	32,9799	52,9014
		T5	83,4060*	4,9796	,000	73,4452	93,3668
		T2	-9,0367	4,9796	,075	-18,9974	,9241
		T1	-4,3927	4,9796	,360	-14,5534	5,3681
		T3	24,6660*	4,9796	,000	14,7052	34,6268
		T4	38,3480*	4,9796	,000	28,3872	48,3088
		T5	78,8133*	4,9796	,000	68,8526	88,7741
	T3	-33,7027*	4,9796	,000	-43,6634	-23,7419	
	T1	-29,2587*	4,9796	,000	-39,2194	-19,2979	
	T2	-24,6660*	4,9796	,000	-34,6268	-14,7052	
	T4	13,6820*	4,9796	,008	3,7212	23,6428	
	T5	54,1473*	4,9796	,000	44,1866	64,1081	
	T4	-47,3847*	4,9796	,000	-57,3454	-37,4239	
	T1	-42,9407*	4,9796	,000	-52,9014	-32,9799	
	T2	-38,3480*	4,9796	,000	-48,3088	-28,3872	
	T3	-13,6820*	4,9796	,008	-23,6428	-3,7212	
	T5	40,4653*	4,9796	,000	30,5046	50,4261	
	T5	-87,8500*	4,9796	,000	-97,8108	-77,8892	
	T1	-83,4060*	4,9796	,000	-93,3668	-73,4452	
	T2	-78,8133*	4,9796	,000	-88,7741	-68,8526	
	T3	-54,1473*	4,9796	,000	-64,1081	-44,1866	
	T4	-40,4653*	4,9796	,000	-50,4261	-30,5046	
t de Dunnett (bilatéral)	T0	T5	87,8500*	4,9796	,000	74,9899	100,7101
	T1	T5	83,4060*	4,9796	,000	70,5459	96,2661
	T2	T5	78,8133*	4,9796	,000	65,9532	91,6734
	T3	T5	54,1473*	4,9796	,000	41,2872	67,0074
	T4	T5	40,4653*	4,9796	,000	27,6052	53,3254

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

6.2.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

	(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %		
						Borne inférieure	Limite supérieure	
LSD	P1	P13	41,8561*	4,5458	,000	32,7632	50,9490	
		P17	29,7961*	4,5458	,000	20,7032	38,8890	
		P23	9,4444*	4,5458	,042	,3515	18,5373	
		P7	11,6672*	4,5458	,013	2,5743	20,7601	
		P13	P1	-41,8561*	4,5458	,000	-50,9490	-32,7632
	P13	P17	-12,0600*	4,5458	,010	-21,1529	-2,9671	
		P23	-32,4117*	4,5458	,000	-41,5046	-23,3188	
		P7	-30,1889*	4,5458	,000	-39,2818	-21,0960	
		P17	P1	-29,7961*	4,5458	,000	-38,8890	-20,7032
		P13	12,0600*	4,5458	,010	2,9671	21,1529	
	P17	P23	-20,3517*	4,5458	,000	-29,4446	-11,2588	
		P7	-18,1289*	4,5458	,000	-27,2218	-9,0360	
		P23	P1	-9,4444*	4,5458	,042	-18,5373	-3,515
		P13	32,4117*	4,5458	,000	23,3188	41,5046	
		P17	20,3517*	4,5458	,000	11,2588	29,4446	
P23	P7	2,2228	4,5458	,627	-6,8701	11,3157		
	P1	-11,6672*	4,5458	,013	-20,7601	-2,5743		
	P13	30,1889*	4,5458	,000	21,0960	39,2818		
	P17	18,1289*	4,5458	,000	9,0360	27,2218		
	P23	-2,2228	4,5458	,627	-11,3157	6,8701		
t de Dunnett (bilatéral)	P1	P7	11,6672*	4,5458	,043	,2645	23,0700	
	P13	P7	-30,1889*	4,5458	,000	-41,5917	-18,7861	
	P17	P7	-18,1289*	4,5458	,001	-29,5317	-6,7261	
	P23	P7	2,2228	4,5458	,967	-9,1800	13,6255	

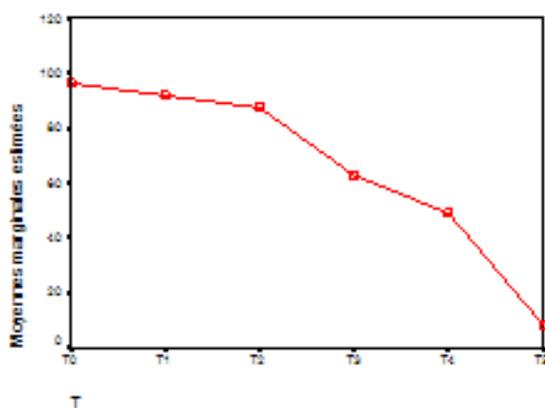
Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

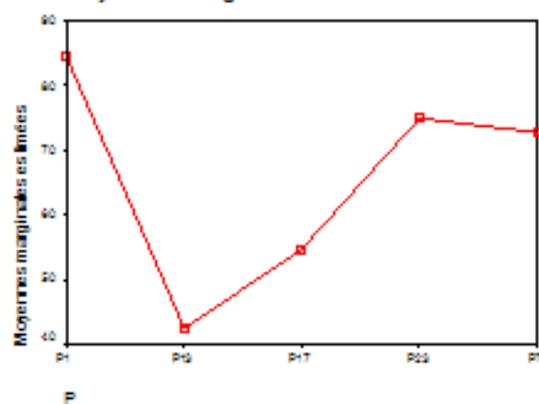
a. Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

6.3-Diagramme des profils

Moyennes marginales estimées de Germination



Moyennes marginales estimées de Germination



7-Huitième jour après semis

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

7.1- Tests post hoc

7.1.1-Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

	(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Limite supérieure
LSD	T0	T1	3,7033	4,0762	,367	-4,4303	11,8369
		T2	7,2587	4,0762	,080	-,8949	15,4123
		T3	23,7027*	4,0762	,000	15,5491	31,8563
		T4	44,0513*	4,0762	,000	35,8977	52,2049
		T5	86,0727*	4,0762	,000	77,9191	94,2263
T1	T0	T1	-3,7033	4,0762	,367	-11,8569	4,4503
		T2	3,3533	4,0762	,387	-4,3983	11,7089
		T3	19,9993*	4,0762	,000	11,8457	28,1529
		T4	40,3480*	4,0762	,000	32,1944	48,5016
		T5	82,3693*	4,0762	,000	74,2157	90,5229
T2	T0	T0	-7,2587	4,0762	,080	-15,4123	,8949
		T1	-3,3533	4,0762	,387	-11,7089	4,3983
		T3	16,4440*	4,0762	,000	8,2904	24,3976
		T4	36,7927*	4,0762	,000	28,6391	44,9463
		T5	78,8140*	4,0762	,000	70,6604	86,9676
T3	T0	T0	-23,7027*	4,0762	,000	-31,8563	-15,5491
		T1	-19,9993*	4,0762	,000	-28,1529	-11,8457
		T2	-16,4440*	4,0762	,000	-24,3976	-8,2904
		T4	20,3487*	4,0762	,000	12,1951	28,5023
		T5	62,3700*	4,0762	,000	54,2164	70,5236
T4	T0	T0	-44,0513*	4,0762	,000	-52,2049	-35,8977
		T1	-40,3480*	4,0762	,000	-48,5016	-32,1944
		T2	-36,7927*	4,0762	,000	-44,9463	-28,6391
		T3	-20,3487*	4,0762	,000	-28,5023	-12,1951
		T5	42,0213*	4,0762	,000	33,8677	50,1749
T5	T0	T0	-86,0727*	4,0762	,000	-94,2263	-77,9191
		T1	-82,3693*	4,0762	,000	-90,5229	-74,2157
		T2	-78,8140*	4,0762	,000	-86,9676	-70,6604
		T3	-62,3700*	4,0762	,000	-70,5236	-54,2164
		T4	-42,0213*	4,0762	,000	-50,1749	-33,8677
t de Dunnett (bilatéral)	T0	T5	86,0727*	4,0762	,000	75,5457	96,5996
		T1	82,3693*	4,0762	,000	71,8424	92,8963
		T2	78,8140*	4,0762	,000	68,2871	89,3409
		T3	62,3700*	4,0762	,000	51,8431	72,8969
		T4	42,0213*	4,0762	,000	31,4944	52,5483

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

a Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

7.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: Germination

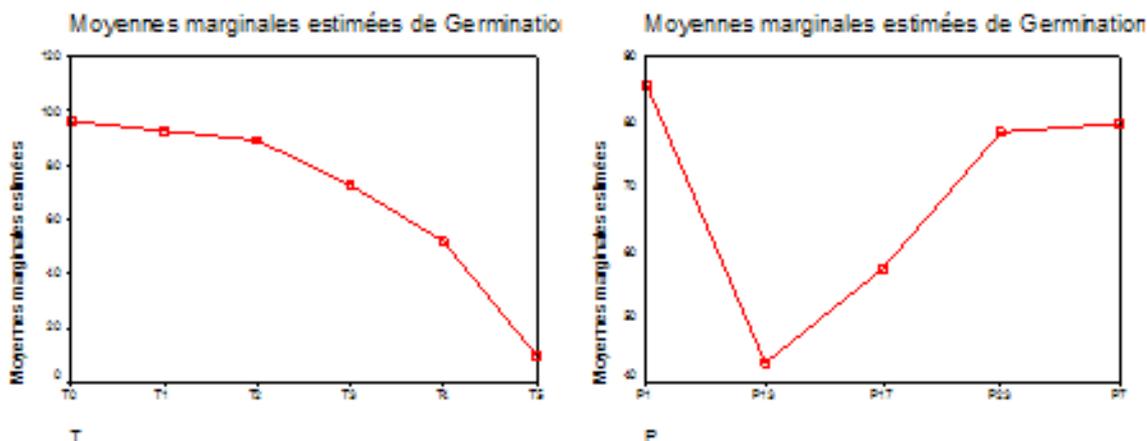
	(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Limite supérieure
LSD	P1	P13	42,3500*	3,7210	,000	34,9068	49,7932
		P17	28,1294*	3,7210	,000	20,6862	35,5726
		P23	7,2222	3,7210	,057	-,2210	14,6654
	P13	P1	-42,3500*	3,7210	,000	-49,7932	-34,9068
		P17	-14,2206*	3,7210	,000	-21,6638	-6,7774
		P23	-35,1278*	3,7210	,000	-42,5710	-27,6846
	P17	P1	-36,4233*	3,7210	,000	-43,8665	-28,9801
		P13	-28,1294*	3,7210	,000	-35,5726	-20,6862
		P23	14,2206*	3,7210	,000	6,7774	21,6638
	P23	P1	-20,9072*	3,7210	,000	-28,3504	-13,4640
		P13	-22,2028*	3,7210	,000	-29,6460	-14,7596
		P17	-7,2222	3,7210	,057	-14,6654	2,2210
P7	P13	35,1278*	3,7210	,000	27,6846	42,5710	
	P17	20,9072*	3,7210	,000	13,4640	28,3504	
	P23	-1,2956	3,7210	,729	-8,7388	6,1476	
t de Dunnett* (bilatéral)	P1	P7	-5,9267	3,7210	,116	-13,3699	1,5165
		P13	36,4233*	3,7210	,000	28,9801	43,8665
		P17	22,2028*	3,7210	,000	14,7596	29,6460
	P7	P13	1,2956	3,7210	,729	-6,1476	8,7388
		P17	5,9267	3,7210	,325	-3,4073	15,2607
		P23	-36,4233*	3,7210	,000	-45,7573	-27,0893
	P17	P7	-22,2028*	3,7210	,000	-31,5368	-12,8688
		P23	-1,2956	3,7210	,990	-10,8295	8,0384

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

a Les tests t de Dunnett considèrent un groupe comme référence et lui comparent tous les autres groupes.

7.2- Diagramme des profils



ANNEXE II : résultats d'analyse de la variance pour les paramètres de croissance

Résultats de croissance à la fin d'application de stress : 29-05-2008

1-HAUTEUR

1.1-Tests post hoc

1.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: HAUTEUR

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	5,3143	4,9766	,288	-4,5391	15,1677
	T2	12,0000*	4,9766	,017	2,1466	21,8534
	T3	18,1429*	4,9766	,000	8,2895	27,9962
T1	T0	-5,3143	4,9766	,288	-15,1677	4,5391
	T2	6,6857	4,9766	,182	-3,1677	16,5391
	T3	12,8286*	4,9766	,011	2,9752	22,6819
T2	T0	-12,0000*	4,9766	,017	-21,8534	-2,1466
	T1	-6,6857	4,9766	,182	-16,5391	3,1677
	T3	6,1429	4,9766	,219	-3,7105	15,9962
T3	T0	-18,1429	4,9766	,000	-27,9962	-8,2895
	T1	-12,8286*	4,9766	,011	-22,6819	-2,9752
	T2	-6,1429*	4,9766	,219	-15,9962	3,7105

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

Variable dépendante: HAUTEUR

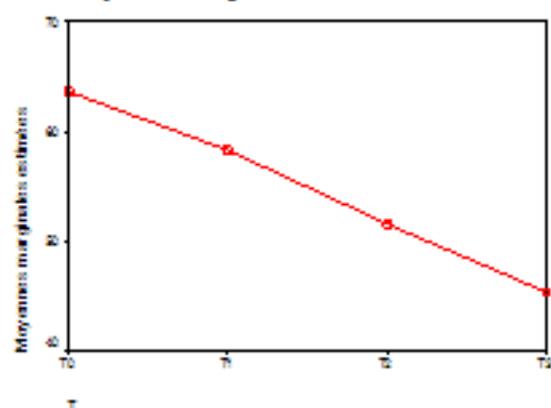
(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	10,9286	5,5640	,052	-8,7834E-02	21,9450
	P17	11,3929*	5,5640	,043	,3765	22,4093
	P23	-167,0714*	5,5640	,000	-178,0878	-156,0550
P13	P7	-1,7857	5,5640	,749	-12,8021	9,2307
	P1	-10,9286	5,5640	,052	-21,9450	8,783E-02
	P17	,4643	5,5640	,934	-10,5521	11,4807
P17	P23	-178,0000*	5,5640	,000	-189,0164	-166,9836
	P7	-12,7143*	5,5640	,024	-23,7307	-1,6979
	P1	-11,3929*	5,5640	,043	-22,4093	-,3765
P23	P13	-,4643	5,5640	,934	-11,4807	10,5521
	P23	-178,4643*	5,5640	,000	-189,4807	-167,4479
	P7	-13,1786*	5,5640	,019	-24,1950	-2,1622
P7	P1	167,0714*	5,5640	,000	156,0550	178,0878
	P13	178,0000*	5,5640	,000	166,9836	189,0164
	P17	178,4643*	5,5640	,000	167,4479	189,4807
P7	P7	165,2857*	5,5640	,000	154,2693	176,3021
	P1	1,7857	5,5640	,749	-9,2307	12,8021
	P13	12,7143*	5,5640	,024	1,6979	23,7307
	P17	13,1786*	5,5640	,019	2,1622	24,1950
	P23	-165,2857*	5,5640	,000	-176,3021	-154,2693

Basé sur les moyennes observées.

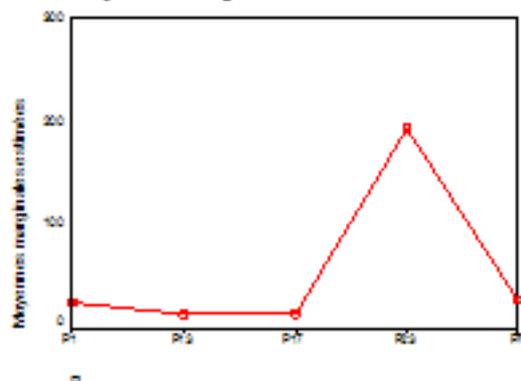
La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.2-Diagramme des profils

Moyennes marginales estimées de HAUTEUR



Moyennes marginales estimées de HAUTEUR



2- Nombre de feuilles

2.1- Test Post Hoc (LSD)

2.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	1,9143	1,1290	,093	-3,211	4,1497
	T2	3,6286	1,1290	,002	1,3932	5,8640
	T3	5,3714	1,1290	,000	3,1360	7,6068
T1	T0	-1,9143	1,1290	,093	-4,1497	,3211
	T2	1,7143	1,1290	,132	-,5211	3,9497
	T3	3,4571	1,1290	,003	1,2218	5,6923
T2	T0	-3,6286	1,1290	,002	-5,8640	-1,3932
	T1	-1,7143	1,1290	,132	-3,9497	,5211
	T3	1,7429	1,1290	,125	-,4925	3,9782
T3	T0	-5,3714	1,1290	,000	-7,6068	-3,1360
	T1	-3,4571	1,1290	,003	-5,6923	-1,2218
	T2	-1,7429	1,1290	,125	-3,9782	,4925

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

2.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

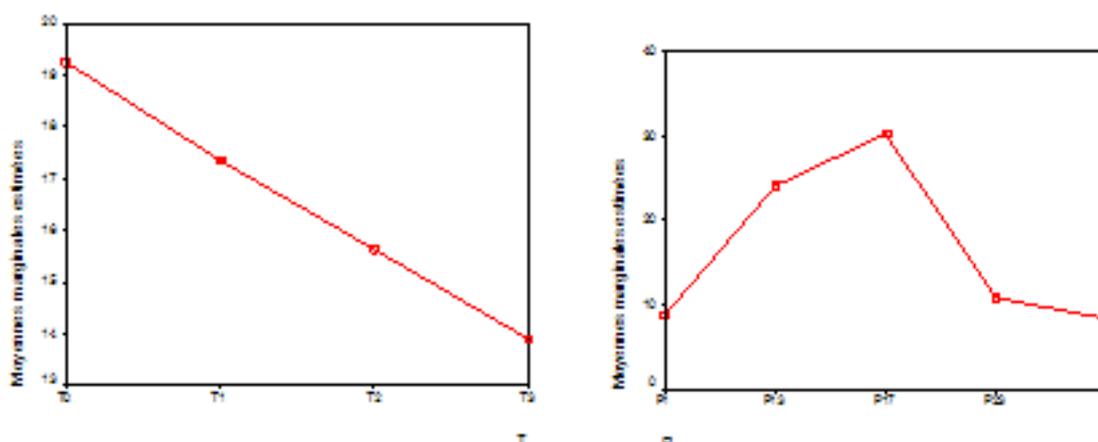
(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-15,3214	1,2623	,000	-17,8207	-12,8222
	P17	-21,4286	1,2623	,000	-23,9278	-18,9293
	P23	-2,0357	1,2623	,109	-4,5350	,4635
P13	P7	,4286	1,2623	,735	-2,0707	2,9278
	P1	15,3214	1,2623	,000	12,8222	17,8207
	P17	-6,1071	1,2623	,000	-8,6064	-3,6079
P17	P23	13,2857	1,2623	,000	10,7865	15,7850
	P7	15,7500	1,2623	,000	13,2508	18,2492
	P1	21,4286	1,2623	,000	18,9293	23,9278
P23	P13	6,1071	1,2623	,000	3,6079	8,6064
	P17	19,3929	1,2623	,000	16,8936	21,8921
	P7	21,8571	1,2623	,000	19,3579	24,3564
P7	P1	2,0357	1,2623	,109	-,4635	4,5350
	P13	-13,2857	1,2623	,000	-15,7850	-10,7865
	P17	-19,3929	1,2623	,000	-21,8921	-16,8936
P13	P7	2,4643	1,2623	,053	-3,4954E-02	4,9635
	P1	-,4286	1,2623	,735	-2,9278	2,0707
	P17	-15,7500	1,2623	,000	-18,2492	-13,2508
P17	P13	-21,8571	1,2623	,000	-24,3564	-19,3579
	P23	-2,4643	1,2623	,053	-4,9635	3,4954E-02

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

2.2-Diagramme des profils

Moyenne marginales estimées de nombre de feuilles



3-Surface foliaire

3.1- Test Post Hoc (LSD)

3.1.1- Variable traitement « T »

LSD	(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Limite supérieure
	T0	T1	9,800000	4,587636	,036	,670314	18,929686
		T2	16,720000	4,587636	,000	7,590314	25,849686
		T3	21,320000	4,587636	,000	12,190314	30,449686
	T1	T0	-9,800000	4,587636	,036	-18,929686	-6,70314
		T2	6,920000	4,587636	,135	-2,209686	16,049686
		T3	11,520000	4,587636	,014	2,390314	20,649686
	T2	T0	-16,720000	4,587636	,000	-25,849686	-7,590314
		T1	-6,920000	4,587636	,135	-16,049686	2,209686
		T3	4,600000	4,587636	,319	-4,529686	13,729686
	T3	T0	-21,320000	4,587636	,000	-30,449686	-12,190314
		T1	-11,520000	4,587636	,014	-20,649686	-2,390314
		T2	-4,600000	4,587636	,319	-13,729686	4,529686

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

3.1.2- Variable population « P »

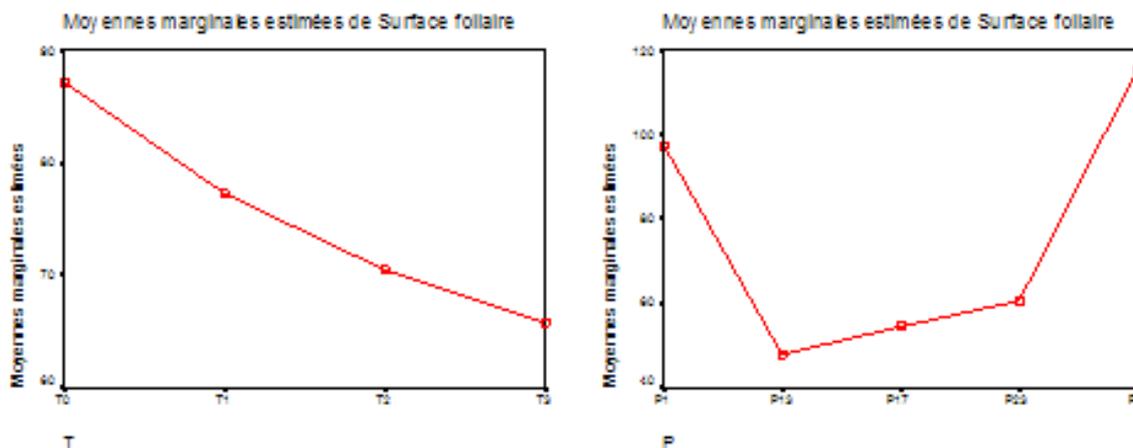
Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	49,700000	5,129132	,000	39,492701	59,907299
	P17	43,050000	5,129132	,000	32,842701	53,257299
	P23	36,800000	5,129132	,000	26,592701	47,007299
P13	P7	-17,850000	5,129132	,001	-28,057299	-7,642701
	P1	-49,700000	5,129132	,000	-59,907299	-39,492701
	P17	-6,650000	5,129132	,199	-16,857299	3,557299
P17	P23	-12,900000	5,129132	,014	-23,107299	-2,692701
	P7	-67,550000	5,129132	,000	-77,757299	-57,342701
	P1	-43,050000	5,129132	,000	-53,257299	-32,842701
P23	P13	6,650000	5,129132	,199	-3,557299	16,857299
	P7	-6,250000	5,129132	,227	-16,457299	3,957299
	P1	-36,800000	5,129132	,000	-47,007299	-26,592701
P7	P13	12,900000	5,129132	,014	2,692701	23,107299
	P17	6,250000	5,129132	,227	-3,957299	16,457299
	P1	-54,650000	5,129132	,000	-64,857299	-44,442701
P1	P13	17,850000	5,129132	,001	7,642701	28,057299
	P17	67,550000	5,129132	,000	57,342701	77,757299
	P23	60,900000	5,129132	,000	50,692701	71,107299
P13	P17	54,650000	5,129132	,000	44,442701	64,857299

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

3.2- Diagramme des profils



Résultats de croissance à la fin de l'expérience : 31-08-2008

1- Hauteur

1.1-Tests post hoc (LSD)

1.1.1- Variable traitement « T »

(I)T	(J)T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	17,3714	7,0756	,016	3,3623	31,3805
	T2	24,5714	7,0756	,001	10,5623	38,5805
	T3	28,6000	7,0756	,000	14,5909	42,6091
T1	T0	-17,3714	7,0756	,016	-31,3805	-3,3623
	T2	7,2000	7,0756	,311	-6,8091	21,2091
	T3	11,2286	7,0756	,115	-2,7805	25,2377
T2	T0	-24,5714	7,0756	,001	-38,5805	-10,5623
	T1	-7,2000	7,0756	,311	-21,2091	6,8091
	T3	4,0286	7,0756	,570	-9,9805	18,0377
T3	T0	-28,6000	7,0756	,000	-42,6091	-14,5909
	T1	-11,2286	7,0756	,115	-25,2377	2,7805
	T2	-4,0286	7,0756	,570	-18,0377	9,9805

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.1.2- Variable population « P »

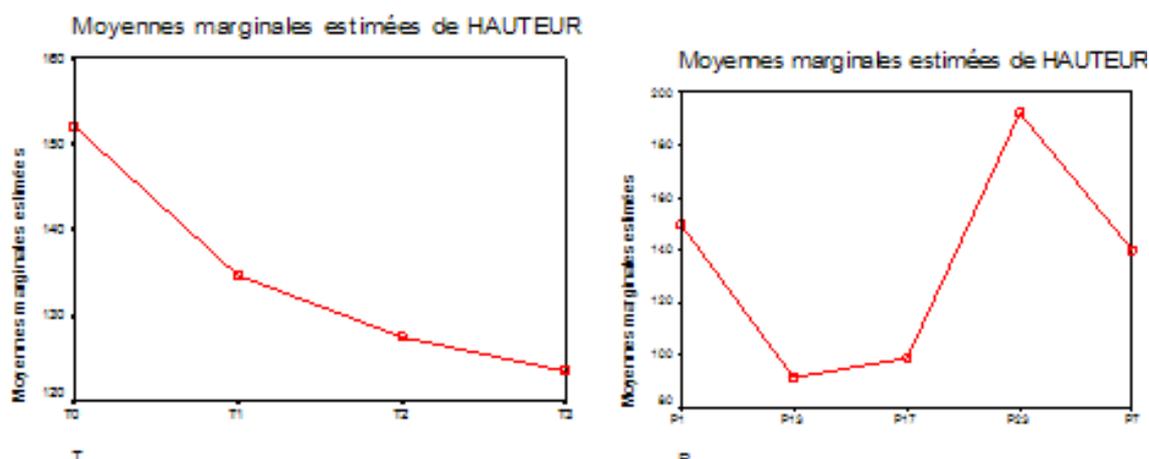
Comparaisons multiples

(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	58,2143	7,9107	,000	42,5516	73,8770
	P17	50,9286	7,9107	,000	35,2659	66,5912
	P23	-42,3929	7,9107	,000	-58,0555	-26,7302
P13	P7	9,7500	7,9107	,220	-5,9127	25,4127
	P1	-58,2143	7,9107	,000	-73,8770	-42,5516
	P17	-7,2857	7,9107	,359	-22,9484	8,3770
P17	P23	-100,6071	7,9107	,000	-116,2698	-84,9445
	P7	-48,4643	7,9107	,000	-64,1270	-32,8016
	P1	-50,9286	7,9107	,000	-66,5912	-35,2659
P23	P13	7,2857	7,9107	,359	-8,3770	22,9484
	P7	-93,3214	7,9107	,000	-108,9841	-77,6588
	P1	-41,1786	7,9107	,000	-56,8412	-25,5159
P7	P1	42,3929	7,9107	,000	26,7302	58,0555
	P13	100,6071	7,9107	,000	84,9445	116,2698
	P17	93,3214	7,9107	,000	77,6588	108,9841
P13	P7	52,1429	7,9107	,000	36,4802	67,8055
	P1	-9,7500	7,9107	,220	-25,4127	5,9127
	P17	48,4643	7,9107	,000	32,8016	64,1270
P17	P13	41,1786	7,9107	,000	25,5159	56,8412
	P7	-52,1429	7,9107	,000	-67,8055	-36,4802

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.2-Diagramme des profils

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).



2-Nombre de feuilles

2.1- Tests post hoc

2.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	8,3714	2,8908	,004	2,6479	14,0950
	T2	12,9429	2,8908	,000	7,2193	18,6664
	T3	14,0286	2,8908	,000	8,3050	19,7521
T1	T0	-8,3714	2,8908	,004	-14,0950	-2,6479
	T2	-4,5714	2,8908	,116	-1,1521	10,2950
	T3	5,6571	2,8908	,053	-6,6397E-02	11,3807
T2	T0	-12,9429	2,8908	,000	-18,6664	-7,2193
	T1	-4,5714	2,8908	,116	-10,2950	1,1521
	T3	1,0857	2,8908	,708	-4,6378	6,8093
T3	T0	-14,0286	2,8908	,000	-19,7521	-8,3050
	T1	-5,6571	2,8908	,053	-11,3807	6,640E-02
	T2	-1,0857	2,8908	,708	-6,8093	4,6378

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

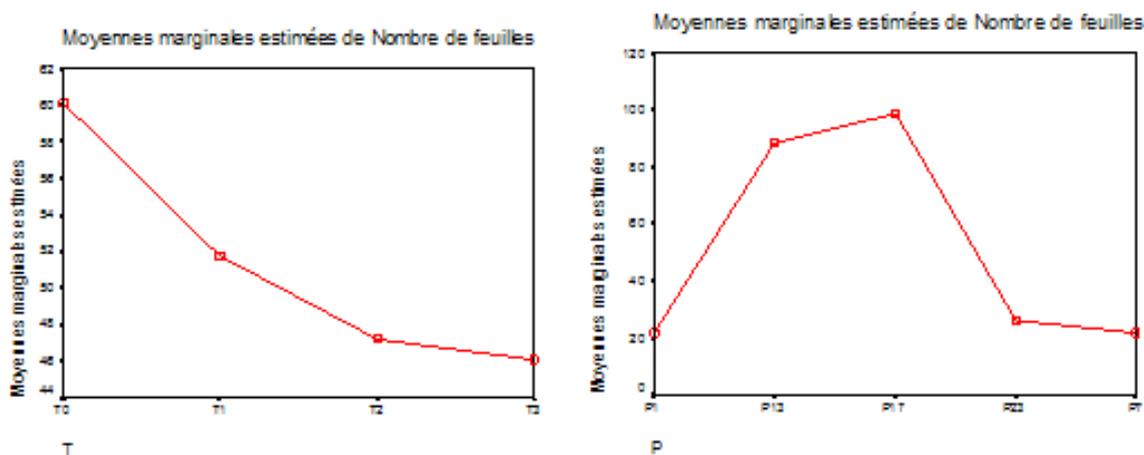
2.1.2- Variable population « P »

(I)P	(J)P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-66,8214	3,2320	,000	-73,2205	-60,4223
	P17	-76,9286	3,2320	,000	-83,3277	-70,5295
	P23	-4,5714	3,2320	,160	-10,9705	1,8277
P13	P7	-3,5714E-02	3,2320	,991	-6,4348	6,3634
	P1	66,8214	3,2320	,000	60,4223	73,2205
	P17	-10,1071	3,2320	,002	-16,5063	-3,7080
P17	P23	62,2500	3,2320	,000	55,8509	68,6491
	P7	66,7857	3,2320	,000	60,3866	73,1848
	P1	76,9286	3,2320	,000	70,5295	83,3277
P23	P13	10,1071	3,2320	,002	3,7080	16,5063
	P17	72,3571	3,2320	,000	65,9580	78,7563
	P7	76,8929	3,2320	,000	70,4937	83,2920
P7	P1	4,5714	3,2320	,160	-1,8277	10,9705
	P13	-62,2500	3,2320	,000	-68,6491	-55,8509
	P17	-72,3571	3,2320	,000	-78,7563	-65,9580
P7	P23	4,5357	3,2320	,165	-1,8634	10,9348
	P1	3,5714E-02	3,2320	,991	-6,3634	6,4348
	P13	-66,7857	3,2320	,000	-73,1848	-60,3866
P7	P17	-76,8929	3,2320	,000	-83,2920	-70,4937
	P23	-4,5357	3,2320	,165	-10,9348	1,8634

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

2.2- Diagramme des profils



3-Surface foliaire

3.1-Tests post hoc (LSD)

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	7,9040	2,9350	,009	2,0632	13,7448
	T2	13,1128	2,9350	,000	7,2720	18,9536
	T3	17,7368	2,9350	,000	11,8960	23,5776
T1	T0	-7,9040	2,9350	,009	-13,7448	-2,0632
	T2	5,2088	2,9350	,080	-,6320	11,0496
	T3	9,8328	2,9350	,001	3,9920	15,6736
T2	T0	-13,1128	2,9350	,000	-18,9536	-7,2720
	T1	-5,2088	2,9350	,080	-11,0496	,6320
	T3	4,6240	2,9350	,119	-1,2168	10,4648
T3	T0	-17,7368	2,9350	,000	-23,5776	-11,8960
	T1	-9,8328	2,9350	,001	-15,6736	-3,9920
	T2	-4,6240	2,9350	,119	-10,4648	1,2168

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

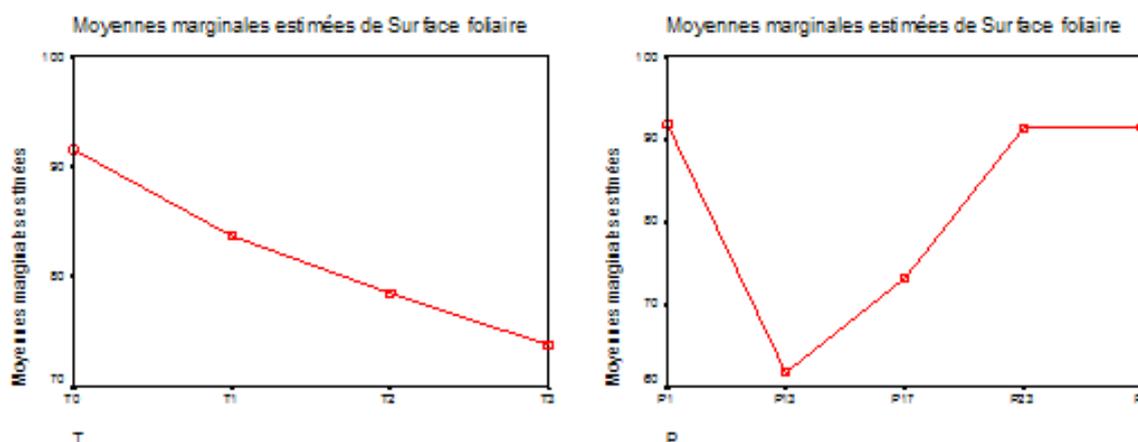
3.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	29,8955	3,2814	,000	23,3653	36,4257
	P17	18,4890	3,2814	,000	11,9588	25,0192
	P23	,3645	3,2814	,912	-6,1657	6,8947
	P7	-,1720	3,2814	,958	-6,3582	6,7022
P13	P1	-29,8955	3,2814	,000	-36,4257	-23,3653
	P17	-11,4065	3,2814	,001	-17,9367	-4,8763
	P23	-29,5310	3,2814	,000	-36,0612	-23,0008
	P7	-29,7235	3,2814	,000	-36,2537	-23,1933
P17	P1	-18,4890	3,2814	,000	-25,0192	-11,9588
	P13	11,4065	3,2814	,001	4,8763	17,9367
	P23	-18,1245	3,2814	,000	-24,6547	-11,5943
	P7	-18,3170	3,2814	,000	-24,8472	-11,7868
P23	P1	-,3645	3,2814	,912	-6,8947	6,1657
	P13	29,5310	3,2814	,000	23,0008	36,0612
	P17	18,1245	3,2814	,000	11,5943	24,6547
	P7	-,1925	3,2814	,953	-6,7227	6,3377
P7	P1	-,1720	3,2814	,958	-6,7022	6,3582
	P13	29,7235	3,2814	,000	23,1933	36,2537
	P17	18,3170	3,2814	,000	11,7868	24,8472
	P23	-,1925	3,2814	,953	-6,3377	6,7227

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

3.2-Diagramme des profils



ANNEXE III – Résultats d'analyse statistique des pigments photosynthétiques

1-Chlorophylle a

1.1-Test Post hoc (LSD)

1.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	,8543	,5323	,112	-,2018	1,9105
	T2	1,2437	,5323	,021	,1875	2,2998
	T3	1,6187	,5323	,003	,5625	2,6748
T1	T0	-,8543	,5323	,112	-1,9105	,2018
	T2	,3893	,5323	,466	-,6668	1,4455
	T3	,7643	,5323	,154	-,2918	1,8205
T2	T0	-1,2437	,5323	,021	-2,2998	-,1875
	T1	-,3893	,5323	,466	-1,4455	,6668
	T3	,3750	,5323	,483	-,6812	1,4312
T3	T0	-1,6187	,5323	,003	-2,6748	-,5625
	T1	-,7643	,5323	,154	-1,8205	,2918
	T2	-,3750	,5323	,483	-1,4312	,6812

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.1.2- Variable population « P »

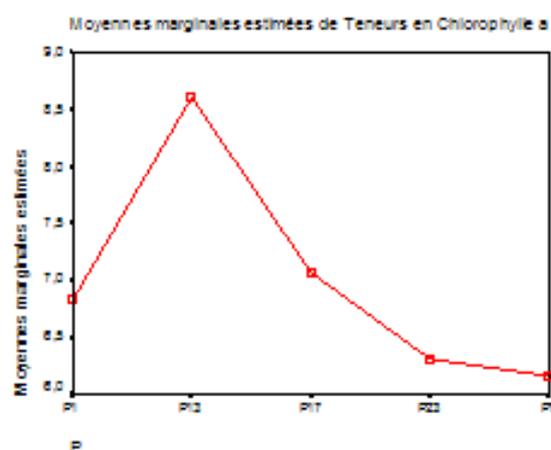
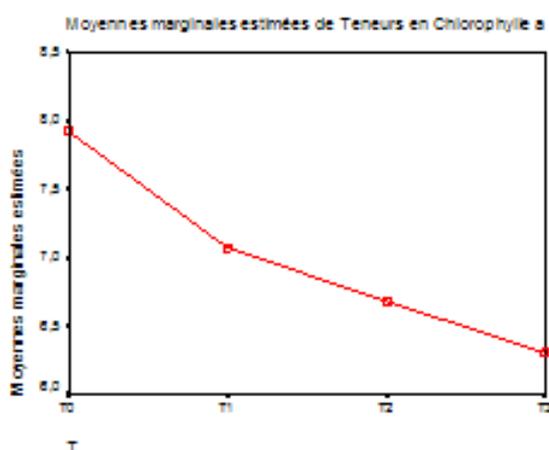
Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-1,7713	,5952	,004	-2,9521	-,5904
	P17	-,2463	,5952	,680	-1,4271	,9346
	P23	,5154	,5952	,389	-,6654	1,6962
	P7	,6687	,5952	,264	-,5121	1,8496
P13	P1	1,7713	,5952	,004	,5904	2,9521
	P17	1,5250	,5952	,012	,3442	2,7058
	P23	2,2867	,5952	,000	1,1058	3,4675
	P7	2,4400	,5952	,000	1,2592	3,6208
P17	P1	,2463	,5952	,680	-,9346	1,4271
	P13	-1,5250	,5952	,012	-2,7058	-,3442
	P23	,7617	,5952	,204	-,4192	1,9425
	P7	,9150	,5952	,127	-,2658	2,0958
P23	P1	-,5154	,5952	,389	-1,6962	,6654
	P13	-2,2867	,5952	,000	-3,4675	-1,1058
	P17	-,7617	,5952	,204	-1,9425	,4192
	P7	,1533	,5952	,797	-1,0275	1,3342
P7	P1	-,6687	,5952	,264	-1,8496	,5121
	P13	-2,4400	,5952	,000	-3,6208	-1,2592
	P17	-,9150	,5952	,127	-2,0958	,2658
	P23	-,1533	,5952	,797	-1,3342	1,0275

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.2-Diagramme des profils



2-Chlorophylle b

2.1-Test Post hoc (LSD)

2.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	1,2933	,5072	,012	,2871	2,2996
	T2	1,7730	,5072	,001	,7668	2,7792
	T3	2,1340	,5072	,000	1,1278	3,1402
T1	T0	-1,2933	,5072	,012	-2,2996	-,2871
	T2	,4797	,5072	,347	-,5266	1,4859
	T3	,8407	,5072	,101	-,1656	1,8469
T2	T0	-1,7730	,5072	,001	-2,7792	-,7668
	T1	-,4797	,5072	,347	-1,4859	,5266
	T3	,3610	,5072	,478	-,6452	1,3672
T3	T0	-2,1340	,5072	,000	-3,1402	-1,1278
	T1	-,8407	,5072	,101	-1,8469	,1656
	T2	-,3610	,5072	,478	-1,3672	,6452

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

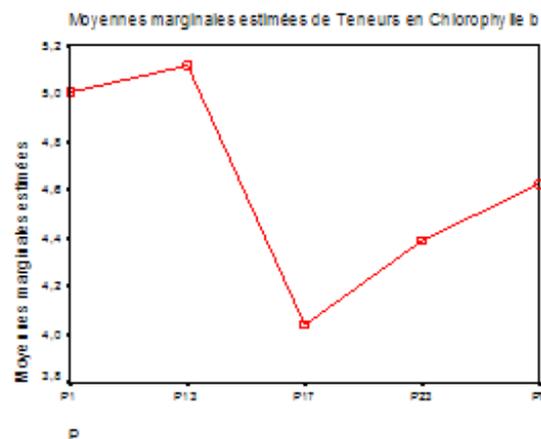
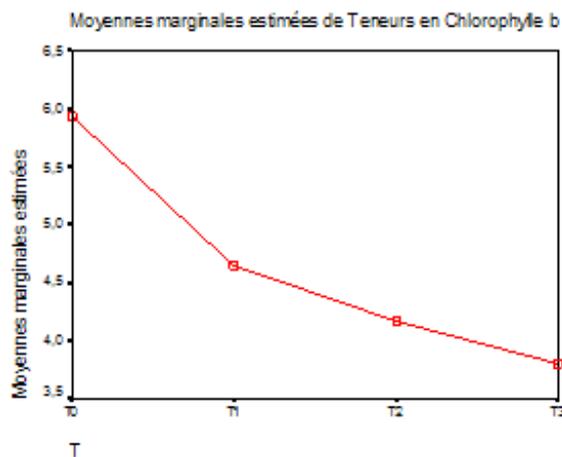
2.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significativité	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-,1129	,5671	,843	-1,2379	1,0121
	P17	,9650	,5671	,092	-,1600	2,0900
	P23	,6163	,5671	,280	-,5088	1,7413
	P7	,3817	,5671	,502	-,7434	1,5067
P13	P1	,1129	,5671	,843	-1,0121	1,2379
	P17	1,0779	,5671	,060	-4,710E-02	2,2029
	P23	,7292	,5671	,201	-,3959	1,8542
	P7	,4946	,5671	,385	-,6304	1,6196
P17	P1	-,9650	,5671	,092	-2,0900	,1600
	P13	-1,0779	,5671	,060	-2,2029	4,710E-02
	P23	-,3487	,5671	,540	-1,4738	,7763
	P7	-,5833	,5671	,306	-1,7084	,5417
P23	P1	-,6163	,5671	,280	-1,7413	,5088
	P13	-,7292	,5671	,201	-1,8542	,3959
	P17	,3487	,5671	,540	-,7763	1,4738
	P7	-,2346	,5671	,680	-1,3596	,8904
P7	P1	-,3817	,5671	,502	-1,5067	,7434
	P13	-,4946	,5671	,385	-1,6196	,6304
	P17	,5833	,5671	,306	-,5417	1,7084
	P23	,2346	,5671	,680	-,8904	1,3596

2.2-Diagramme des profils



3-Chlorophylles totales

3.1-Tests post hoc

3.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	2,1477	,7531	,005	,6536	3,6417
	T2	3,0167	,7531	,000	1,5226	4,5107
	T3	3,7527	,7531	,000	2,2586	5,2467
T1	T0	-2,1477	,7531	,005	-3,6417	-,6536
	T2	,8690	,7531	,251	-,6250	2,3630
	T3	1,6050	,7531	,036	,1110	3,0990
T2	T0	-3,0167	,7531	,000	-4,5107	-1,5226
	T1	-,8690	,7531	,251	-2,3630	,6250
	T3	,7360	,7531	,331	-,7580	2,2300
T3	T0	-3,7527	,7531	,000	-5,2467	-2,2586
	T1	-1,6050	,7531	,036	-3,0990	-,1110
	T2	-,7360	,7531	,331	-2,2300	,7580

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,050.

3.1.2- Variable population « P »

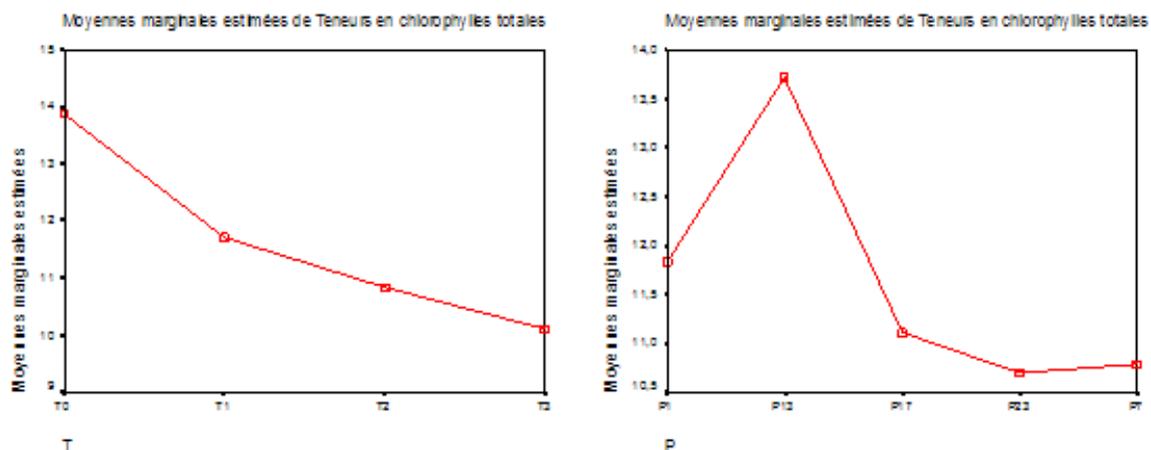
Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-1,8842	,8419	,027	-3,5546	-,2138
	P17	,7188	,8419	,395	-,9516	2,3891
	P23	1,1317	,8419	,182	-,5387	2,8021
	P7	1,0504	,8419	,215	-,6200	2,7208
P13	P1	1,8842	,8419	,027	,2138	3,5546
	P17	2,6029	,8419	,003	,9325	4,2733
	P23	3,0158	,8419	,001	1,3454	4,6862
	P7	2,9346	,8419	,001	1,2642	4,6050
P17	P1	-,7188	,8419	,395	-2,3891	,9516
	P13	-2,6029	,8419	,003	-4,2733	-,9325
	P23	,4129	,8419	,625	-1,2575	2,0833
	P7	,3317	,8419	,694	-1,3387	2,0021
P23	P1	-1,1317	,8419	,182	-2,8021	,5387
	P13	-3,0158	,8419	,001	-4,6862	-1,3454
	P17	-,4129	,8419	,625	-2,0833	1,2575
	P7	-8,1250E-02	,8419	,923	-1,7516	1,5891
P7	P1	-1,0504	,8419	,215	-2,7208	,6200
	P13	-2,9346	,8419	,001	-4,6050	-1,2642
	P17	-,3317	,8419	,694	-2,0021	1,3387
	P23	8,125E-02	,8419	,923	-1,5891	1,7516

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,050.

3.2-Diagramme des profils



4-Rapport Chl. a/Chl. B

4.1- Tests post hoc (LSD)

4.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	-,1557	,1845	,401	-,5216	,2103
	T2	-,2247	,1845	,226	-,5906	,1413
	T3	-,5243	,1845	,005	-,8903	-,1584
T1	T0	,1557	,1845	,401	-,2103	,5216
	T2	-6,9000E-02	,1845	,709	-,4350	,2970
	T3	-,3687	,1845	,048	-,7346	-2,6854E-03
T2	T0	,2247	,1845	,226	-,1413	,5906
	T1	6,900E-02	,1845	,709	-,2970	,4350
	T3	-,2997	,1845	,107	-,6656	6,631E-02
T3	T0	,5243	,1845	,005	,1584	,8903
	T1	,3687	,1845	,048	2,685E-03	,7346
	T2	,2997	,1845	,107	-6,6315E-02	,0656

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

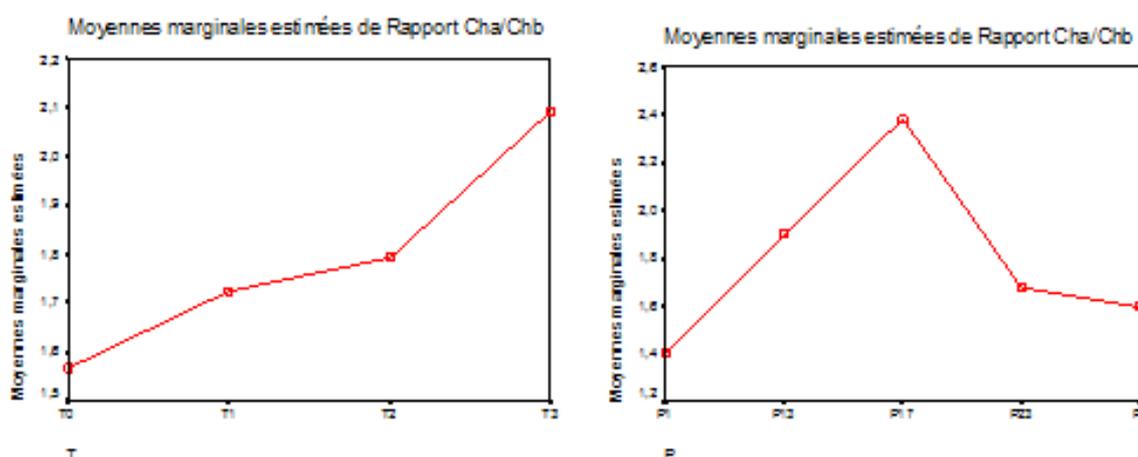
4.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-,4975	,2062	,018	-,9067	-8,8320E-02
	P17	-,9783	,2062	,000	-1,3875	-,5692
	P23	-,2704	,2062	,193	-,6796	,1388
	P7	-,1913	,2062	,356	-,6004	,2179
P13	P1	,4975	,2062	,018	8,832E-02	,9067
	P17	-,4808	,2062	,022	-,8900	-7,1654E-02
	P23	,2271	,2062	,274	-,1821	,6363
	P7	,3063	,2062	,141	-,1029	,7154
P17	P1	,9783	,2062	,000	,5692	1,3875
	P13	,4808	,2062	,022	7,165E-02	,8900
	P23	,7079	,2062	,001	,2987	1,1171
	P7	,7871	,2062	,000	,3779	1,1963
P23	P1	,2704	,2062	,193	-,1388	,6796
	P13	-,2271	,2062	,274	-,6363	,1821
	P17	-,7079	,2062	,001	-1,1171	-,2987
	P7	7,917E-02	,2062	,702	-,3300	,4883
P7	P1	,1913	,2062	,356	-,2179	,6004
	P13	-,3063	,2062	,141	-,7154	,1029
	P17	-,7871	,2062	,000	-1,1963	-,3779
	P23	-7,9167E-02	,2062	,702	-,4883	,3300

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

4.2- Diagramme des profils



5-Caroténoïdes

5.1- Test Post Hoc (LSD)

5.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	,3487	,2920	,235	-,2306	,9279
	T2	,8277	,2920	,006	,2484	1,4069
	T3	1,0997	,2920	,000	,5204	1,6789
T1	T0	-,3487	,2920	,235	-,9279	,2306
	T2	,4790	,2920	,104	-,1002	1,0582
	T3	,7510	,2920	,012	,1718	1,3302
T2	T0	-,8277	,2920	,006	-1,4069	-,2484
	T1	-,4790	,2920	,104	-1,0582	,1002
	T3	,2720	,2920	,354	-,3072	,8512
T3	T0	-1,0997	,2920	,000	-1,6789	-,5204
	T1	-,7510	,2920	,012	-1,3302	-,1718
	T2	-,2720	,2920	,354	-,8512	,3072

Basé sur les moyennes observées. La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

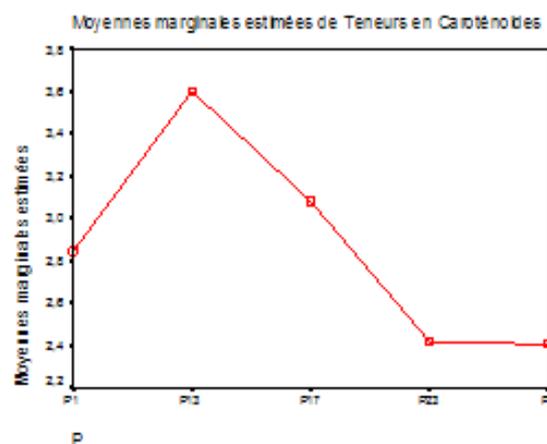
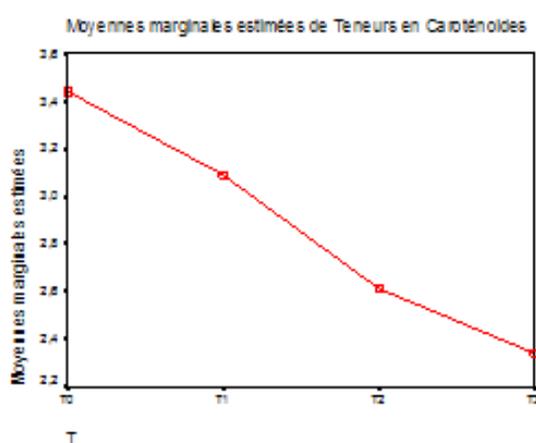
5.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-,7575	,3264	,022	-1,4051	-,1099
	P17	-,2379	,3264	,468	-,8855	,4097
	P23	,4250	,3264	,196	-,2226	1,0726
	P7	,4400	,3264	,181	-,2076	1,0876
P13	P1	,7575	,3264	,022	,1099	1,4051
	P17	,5196	,3264	,115	-,1280	1,1672
	P23	1,1825	,3264	,000	,5349	1,8301
	P7	1,1975	,3264	,000	,5499	1,8451
P17	P1	,2379	,3264	,468	-,4097	,8855
	P13	-,5196	,3264	,115	-1,1672	,1280
	P23	,6629	,3264	,045	1,530E-02	1,3105
	P7	,6779	,3264	,040	3,030E-02	1,3255
P23	P1	-,4250	,3264	,196	-1,0726	,2226
	P13	-1,1825	,3264	,000	-1,8301	-,5349
	P17	-,6629	,3264	,045	-1,3105	-1,5304E-02
	P7	1,500E-02	,3264	,963	-,6326	,6626
P7	P1	-,4400	,3264	,181	-1,0876	,2076
	P13	-1,1975	,3264	,000	-1,8451	-,5499
	P17	-,6779	,3264	,040	-1,3255	-3,0304E-02
	P23	-1,5000E-02	,3264	,963	-,6626	,6326

Basé sur les moyennes observées. La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

5.2-Diagramme des profils



Annexe IV- Résultats d'analyse de la variance : Solutés compatibles

1-Proline foliaire

1.1-Tests post hoc (LSD)

1.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	Limite supérieure
					Borne inférieure	
T0	T1	-,7480	1,2644	,556	-3,2643	1,7683
	T2	-2,3800	1,2644	,063	-4,8963	,1363
	T3	-6,0080	1,2644	,000	-8,5243	-3,4917
T1	T0	,7480	1,2644	,556	-1,7683	3,2643
	T2	-1,6320	1,2644	,201	-4,1483	,8843
	T3	-5,2600	1,2644	,000	-7,7763	-2,7437
T2	T0	2,3800	1,2644	,063	-,1363	4,8963
	T1	1,6320	1,2644	,201	-,8843	4,1483
	T3	-3,6280	1,2644	,005	-6,1443	-1,1117
T3	T0	6,0080	1,2644	,000	3,4917	8,5243
	T1	5,2600	1,2644	,000	2,7437	7,7763
	T2	3,6280	1,2644	,005	1,1117	6,1443

Basé sur les moyennes observées.

La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

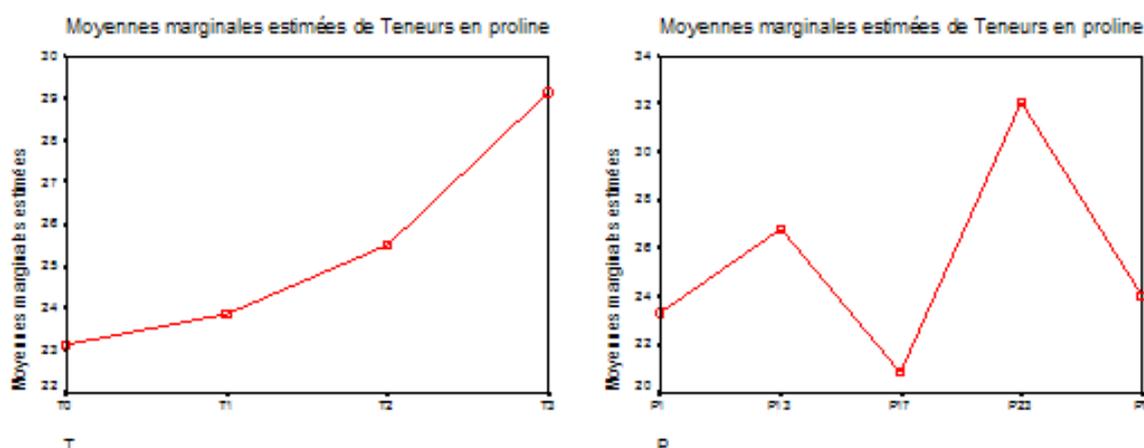
1.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-3,5000	1,4137	,015	-6,3133	-,6867
	P17	2,4750	1,4137	,084	-,3383	5,2883
	P23	-8,7900	1,4137	,000	-11,6033	-5,9767
	P7	-,6850	1,4137	,629	-3,4983	2,1283
P13	P1	3,5000	1,4137	,015	,6867	6,3133
	P17	5,9750	1,4137	,000	3,1617	8,7883
	P23	-5,2900	1,4137	,000	-8,1033	-2,4767
	P7	2,8150	1,4137	,050	1,720E-03	5,6283
P17	P1	-2,4750	1,4137	,084	-5,2883	,3383
	P13	-5,9750	1,4137	,000	-8,7883	-3,1617
	P23	-11,2650	1,4137	,000	-14,0783	-8,4517
	P7	-3,1600	1,4137	,028	-5,9733	-,3467
P23	P1	8,7900	1,4137	,000	5,9767	11,6033
	P13	5,2900	1,4137	,000	2,4767	8,1033
	P17	11,2650	1,4137	,000	8,4517	14,0783
	P7	8,1050	1,4137	,000	5,2917	10,9183
P7	P1	,6850	1,4137	,629	-2,1283	3,4983
	P13	-2,8150	1,4137	,050	-5,6283	-1,7196E-03
	P17	3,1600	1,4137	,028	,3467	5,9733
	P23	-8,1050	1,4137	,000	-10,9183	-5,2917

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.2-Diagramme des profils



2-Sucres solubles foliaires

2.1- Tests post hoc (LSD)

2.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	-2.0520	1.1288	.073	-4.2984	.1944
	T2	-2.8760	1.1288	.013	-5.1224	-.6296
	T3	-3.4484	1.1288	.003	-5.6948	-1.2020
T1	T0	2.0520	1.1288	.073	-.1944	4.2984
	T2	-.8240	1.1288	.468	-3.0704	1.4224
	T3	-1.3964	1.1288	.220	-3.6428	.8500
T2	T0	2.8760	1.1288	.013	.6296	5.1224
	T1	.8240	1.1288	.468	-1.4224	3.0704
	T3	-.5724	1.1288	.613	-2.8188	1.6740
T3	T0	3.4484	1.1288	.003	1.2020	5.6948
	T1	1.3964	1.1288	.220	-.8500	3.6428
	T2	.5724	1.1288	.613	-1.6740	2.8188

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau .05.

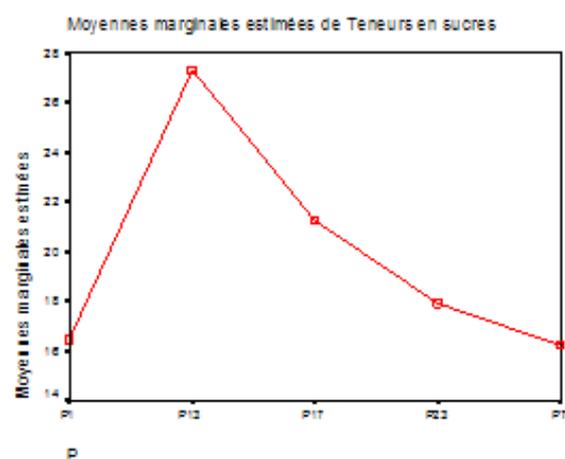
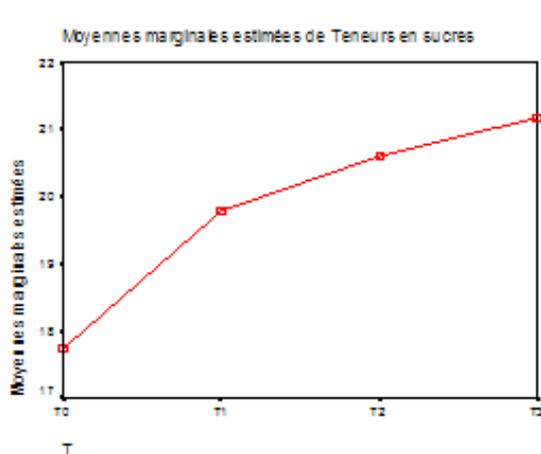
2.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significati	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-10.8905	1.2620	.000	-13.4020	-8.3790
	P17	-4.8255	1.2620	.000	-7.3370	-2.3140
	P23	-1.4950	1.2620	.240	-4.0065	1.0165
	P7	.2455	1.2620	.846	-2.2660	2.7570
P13	P1	10.8905	1.2620	.000	8.3790	13.4020
	P17	6.0650	1.2620	.000	3.5535	8.5765
	P23	9.3955	1.2620	.000	6.8840	11.9070
	P7	11.1360	1.2620	.000	8.6245	13.6475
P17	P1	4.8255	1.2620	.000	2.3140	7.3370
	P13	-6.0650	1.2620	.000	-8.5765	-3.5535
	P23	3.3305	1.2620	.010	.8190	5.8420
	P7	5.0710	1.2620	.000	2.5595	7.5825
P23	P1	1.4950	1.2620	.240	-1.0165	4.0065
	P13	-9.3955	1.2620	.000	-11.9070	-6.8840
	P17	-3.3305	1.2620	.010	-5.8420	-.8190
	P7	1.7405	1.2620	.172	-.7710	4.2520
P7	P1	-.2455	1.2620	.846	-2.7570	2.2660
	P13	-11.1360	1.2620	.000	-13.6475	-8.6245
	P17	-5.0710	1.2620	.000	-7.5825	-2.5595
	P23	-1.7405	1.2620	.172	-4.2520	.7710

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau .05.

2.2- Diagramme des profils



Annexe V : Résultats d'analyse de la variance : Potentiel hydrique foliaire

1-Tests post hoc (LSD)

1.1-- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significati	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	,6480	9,082E-02,000		,4644	,8316
	T2	,8867	9,082E-02,000		,7031	1,0702
	T3	1,2747	9,082E-02,000		1,0911	1,4582
T1	T0	-,6480	9,082E-02,000		-,8316	-,4644
	T2	,2387	9,082E-02,012	5,511E-02	,4222	
	T3	,6267	9,082E-02,000		,4431	,8102
T2	T0	-,8867	9,082E-02,000		-1,0702	-,7031
	T1	-,2387	9,082E-02,012		-,4222	-5,511E-02
	T3	,3880	9,082E-02,000		,2044	,5716
T3	T0	-1,2747	9,082E-02,000		-1,4582	-1,0911
	T1	-,6267	9,082E-02,000		-,8102	-,4431
	T2	-,3880	9,082E-02,000		-,5716	-,2044

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

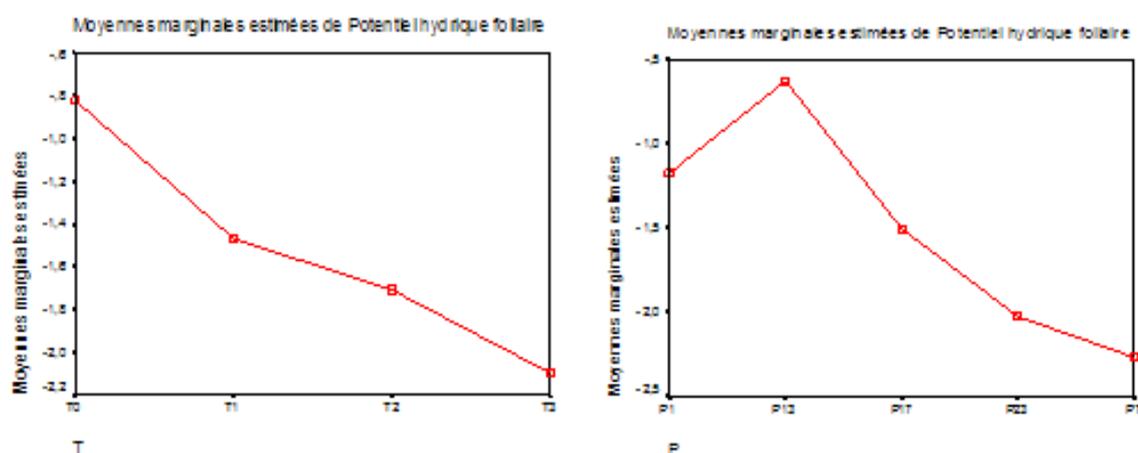
1.2-Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-,5467	,1015	,000	-,7519	-,3414
	P17	,3283	,1015	,002	,1231	,5336
	P23	,8525	,1015	,000	,6473	1,0577
	P7	1,0967	,1015	,000	,8914	1,3019
P13	P1	,5467	,1015	,000	,3414	,7519
	P17	,8750	,1015	,000	,6698	1,0802
	P23	1,3992	,1015	,000	1,1939	1,6044
	P7	1,6433	,1015	,000	1,4381	1,8486
P17	P1	-,3283	,1015	,002	-,5336	-,1231
	P13	-,8750	,1015	,000	-1,0802	-,6698
	P23	,5242	,1015	,000	,3189	,7294
	P7	,7683	,1015	,000	,5631	,9736
P23	P1	-,8525	,1015	,000	-1,0577	-,6473
	P13	-1,3992	,1015	,000	-1,6044	-1,1939
	P17	-,5242	,1015	,000	-,7294	-,3189
	P7	,2442	,1015	,021	3,894E-02	,4494
P7	P1	-1,0967	,1015	,000	-1,3019	-,8914
	P13	-1,6433	,1015	,000	-1,8486	-1,4381
	P17	-,7683	,1015	,000	-,9736	-,5631
	P23	-,2442	,1015	,021	-,4494	-3,8945E-02

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

2-Diagramme des profils



Annexe VI : Composantes de rendement

1-Nombre de gousses par plant

1.1- Tests post hoc (LSD)

1.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	3,6800	,5273	,000	2,6307	4,7293
	T2	5,4800	,5273	,000	4,4307	6,5293
	T3	7,8400	,5273	,000	6,7907	8,8893
T1	T0	-3,6800	,5273	,000	-4,7293	-2,6307
	T2	1,8000	,5273	,001	,7507	2,8493
	T3	4,1600	,5273	,000	3,1107	5,2093
T2	T0	-5,4800	,5273	,000	-6,5293	-4,4307
	T1	-1,8000	,5273	,001	-2,8493	-,7507
	T3	2,3600	,5273	,000	1,3107	3,4093
T3	T0	-7,8400	,5273	,000	-8,8893	-6,7907
	T1	-4,1600	,5273	,000	-5,2093	-3,1107
	T2	-2,3600	,5273	,000	-3,4093	-1,3107

Basé sur les moyennes observées. La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

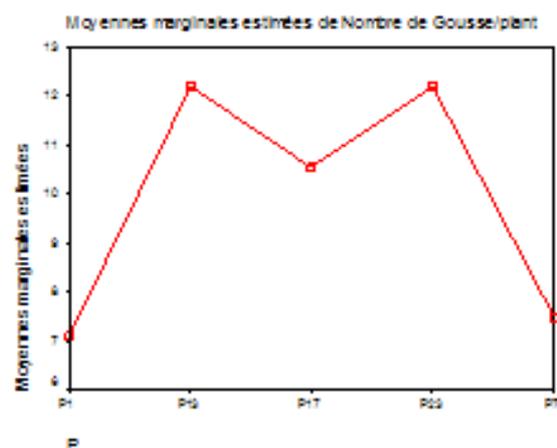
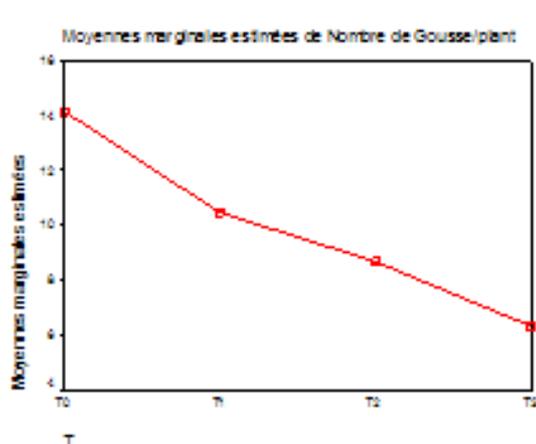
1.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significati	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-5,1000	,5895	,000	-6,2731	-3,9269
	P17	-3,4500	,5895	,000	-4,6231	-2,2769
	P23	-5,1000	,5895	,000	-6,2731	-3,9269
	P7	-,4000	,5895	,499	-1,5731	,7731
P13	P1	5,1000	,5895	,000	3,9269	6,2731
	P17	1,6500	,5895	,006	,4769	2,8231
	P23	-5,3291E-15	,5895	1,000	-1,1731	1,1731
	P7	4,7000	,5895	,000	3,5269	5,8731
P17	P1	3,4500	,5895	,000	2,2769	4,6231
	P13	-1,6500	,5895	,006	-2,8231	-,4769
	P23	-1,6500	,5895	,006	-2,8231	-,4769
	P7	3,0500	,5895	,000	1,8769	4,2231
P23	P1	5,1000	,5895	,000	3,9269	6,2731
	P13	5,329E-15	,5895	1,000	-1,1731	1,1731
	P17	1,6500	,5895	,006	,4769	2,8231
	P7	4,7000	,5895	,000	3,5269	5,8731
P7	P1	,4000	,5895	,499	-,7731	1,5731
	P13	-4,7000	,5895	,000	-5,8731	-3,5269
	P17	-3,0500	,5895	,000	-4,2231	-1,8769
	P23	-4,7000	,5895	,000	-5,8731	-3,5269

Basé sur les moyennes observées. La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

1.2- Diagramme des profils



2-Poids de 100 graines

2.1- Tests post hoc (LSD)

2.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significati	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	,3280	,4794	,496	-,6260	1,2821
	T2	1,1613	,4794	,018	,2072	2,1153
	T3	1,8150	,4794	,000	,8609	2,7690
T1	T0	-,3280	,4794	,496	-1,2821	,6260
	T2	,8332	,4794	,086	-,1208	1,7873
	T3	1,4869	,4794	,003	,5329	2,4410
T2	T0	-1,1613	,4794	,018	-2,1153	-,2072
	T1	-,8332	,4794	,086	-1,7873	,1208
	T3	,6537	,4794	,177	-,3004	1,6077
T3	T0	-1,8150	,4794	,000	-2,7690	-,8609
	T1	-1,4869	,4794	,003	-2,4410	-,5329
	T2	-,6537	,4794	,177	-1,6077	,3004

Basé sur les moyennes observées. La différence des moyennes est significative au niveau ,050.

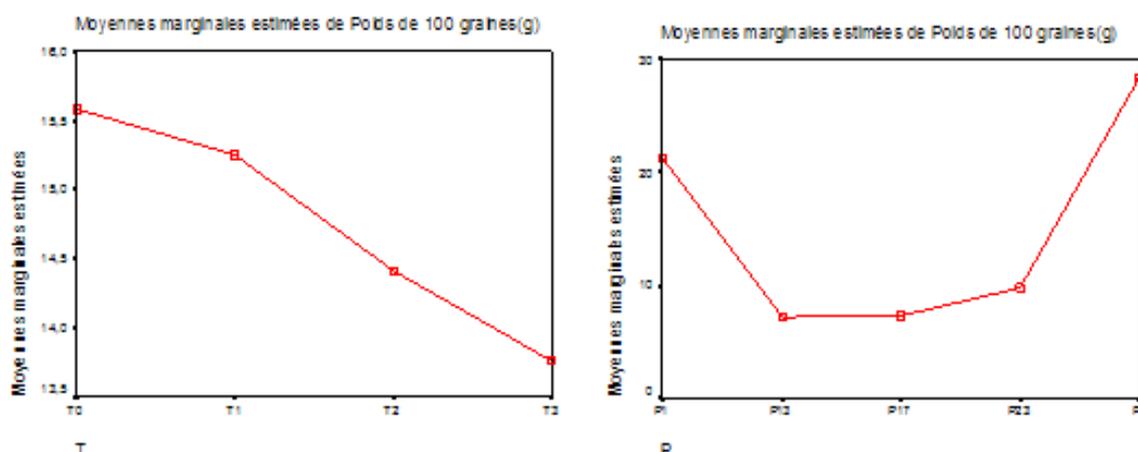
2.1. 2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significati	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	13,9924	,5360	,000	12,9257	15,0591
	P17	13,9368	,5360	,000	12,8702	15,0035
	P23	11,4217	,5360	,000	10,3550	12,4883
	P7	-7,2231	,5360	,000	-8,2898	-6,1565
P13	P1	-13,9924	,5360	,000	-15,0591	-12,9257
	P17	-5,5566E-02	,5360	,918	-1,1222	1,0111
	P23	-2,5707	,5360	,000	-3,6374	-1,5040
	P7	-21,2155	,5360	,000	-22,2822	-20,1489
P17	P1	-13,9368	,5360	,000	-15,0035	-12,8702
	P13	5,557E-02	,5360	,918	-1,0111	1,1222
	P23	-2,5151	,5360	,000	-3,5818	-1,4485
	P7	-21,1599	,5360	,000	-22,2266	-20,0933
P23	P1	-11,4217	,5360	,000	-12,4883	-10,3550
	P13	2,5707	,5360	,000	1,5040	3,6374
	P17	2,5151	,5360	,000	1,4485	3,5818
	P7	-18,6448	,5360	,000	-19,7115	-17,5781
P7	P1	7,2231	,5360	,000	6,1565	8,2898
	P13	21,2155	,5360	,000	20,1489	22,2822
	P17	21,1599	,5360	,000	20,0933	22,2266
	P23	18,6448	,5360	,000	17,5781	19,7115

Basé sur les moyennes observées. La différence des moyennes est significative au niveau ,050.

2.2- Diagramme des profils



3-Longueur moyenne de gousse par plant

3.1-Tests post hoc (LSD)

3.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significati	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	1,7000	,3524	,000	,9987	2,4013
	T2	2,2664	,3524	,000	1,5651	2,9677
	T3	3,0588	,3524	,000	2,3575	3,7601
T1	T0	-1,7000	,3524	,000	-2,4013	-,9987
	T2	,5664	,3524	,112	-,1349	1,2677
	T3	1,3588	,3524	,000	,6575	2,0601
T2	T0	-2,2664	,3524	,000	-2,9677	-1,5651
	T1	-,5664	,3524	,112	-1,2677	,1349
	T3	,7924	,3524	,027	9,114E-02	1,4937
T3	T0	-3,0588	,3524	,000	-3,7601	-2,3575
	T1	-1,3588	,3524	,000	-2,0601	-,6575
	T2	-,7924	,3524	,027	-1,4937	-9,1139E-02

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

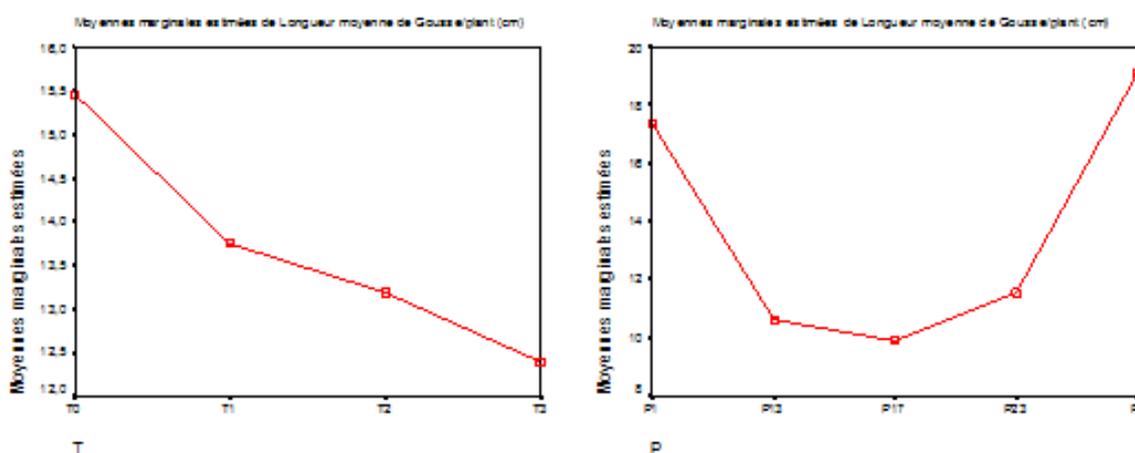
3.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	6,7140	,3940	,000	5,9300	7,4980
	P17	7,4060	,3940	,000	6,6220	8,1900
	P23	5,7735	,3940	,000	4,9895	6,5575
	P7	-1,7860	,3940	,000	-2,5700	-1,0020
P13	P1	-6,7140	,3940	,000	-7,4980	-5,9300
	P17	,6920	,3940	,083	-9,203E-02	1,24760
	P23	-,9405	,3940	,019	-1,7245	-,1565
	P7	-8,5000	,3940	,000	-9,2840	-7,7160
P17	P1	-7,4060	,3940	,000	-8,1900	-6,6220
	P13	-,6920	,3940	,083	-1,4760	9,203E-02
	P23	-1,6325	,3940	,000	-2,4165	-,8485
	P7	-9,1920	,3940	,000	-9,9760	-8,4080
P23	P1	-5,7735	,3940	,000	-6,5575	-4,9895
	P13	,9405	,3940	,019	,1565	1,7245
	P17	1,6325	,3940	,000	,8485	2,4165
	P7	-7,5595	,3940	,000	-8,3435	-6,7755
P7	P1	1,7860	,3940	,000	1,0020	2,5700
	P13	8,5000	,3940	,000	7,7160	9,2840
	P17	9,1920	,3940	,000	8,4080	9,9760
	P23	7,5595	,3940	,000	6,7755	8,3435

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

3.2-Diagramme des profils



4-Nombre moyen de graines par gousse

4.1- Tests post hoc (LSD)

4.1.1- Variable traitement « T »

Comparaisons multiples

Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp.).

(I) T	(J) T	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
T0	T1	1,5804	,3080	,000	,9675	2,1933
	T2	2,3068	,3080	,000	1,6939	2,9197
	T3	2,8940	,3080	,000	2,2811	3,5069
T1	T0	-1,5804	,3080	,000	-2,1933	-,9675
	T2	,7264	,3080	,021	,1135	1,3393
	T3	1,3136	,3080	,000	,7007	1,9265
T2	T0	-2,3068	,3080	,000	-2,9197	-1,6939
	T1	-,7264	,3080	,021	-1,3393	-,1135
	T3	,5872	,3080	,060	-2,5733E-02	2,2001
T3	T0	-2,8940	,3080	,000	-3,5069	-2,2811
	T1	-1,3136	,3080	,000	-1,9265	-,7007
	T2	-,5872	,3080	,060	-1,2001	2,573E-02

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

4.1.2- Variable population « P »

Comparaisons multiples

(I) P	(J) P	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Significatif	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Limite supérieure
P1	P13	-1,9405	,3444	,000	-2,6258	-1,2552
	P17	-,2155	,3444	,533	-,9008	,4698
	P23	-1,4920	,3444	,000	-2,1773	-,8067
	P7	,3005	,3444	,385	-,3848	,9858
P13	P1	1,9405	,3444	,000	1,2552	2,6258
	P17	1,7250	,3444	,000	1,0397	2,4103
	P23	,4485	,3444	,196	-,2368	1,1338
	P7	2,2410	,3444	,000	1,5557	2,9263
P17	P1	-,2155	,3444	,533	-,4698	,9008
	P13	-1,7250	,3444	,000	-2,4103	-1,0397
	P23	-1,2765	,3444	,000	-1,9618	-,5912
	P7	,5160	,3444	,138	-,1693	1,2013
P23	P1	1,4920	,3444	,000	,8067	2,1773
	P13	-,4485	,3444	,196	-1,1338	,2368
	P17	1,2765	,3444	,000	,5912	1,9618
	P7	1,7925	,3444	,000	1,1072	2,4778
P7	P1	-,3005	,3444	,385	-,9858	,3848
	P13	-2,2410	,3444	,000	-2,9263	-1,5557
	P17	-,5160	,3444	,138	-1,2013	,1693
	P23	-1,7925	,3444	,000	-2,4778	-1,1072

Basé sur les moyennes observées La différence des moyennes est significative au niveau ,05.

4.2- Diagramme des profils

