

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ABA : acide abscissique.

CE : Conductivité Electrique.

CR : Capacité de Rétention.

ds/ m : dési siemens par mètre.

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

LEA: Late Embryogenesis Abundant.

Meq: Milliéquivalent.

mM : milli Molaire.

PFF : Poids frais des feuilles.

PFR : poids frais des racines.

PFT : poids frais des tiges.

PSF : poids sec des feuilles.

PSR /PSA : Poids sec racinaire/poids sec aérien.

PSR : poids sec des racines.

PST : poids sec des tiges.

ROS : Espèces Réactives d'Oxygène.

SOS: Salt Overly Sensitive .

SPSS: Statistical Package of Social Sciences.

TEF : teneur en eau foliaire.

TABLE DES MATIERES

	PAGES
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. LA SALINITE	3
1. Salinité et sodicité.	
2. Mesures de la salinité.	
3. Effet de la salinité sur le sol.	
4. Effet de la salinité sur les plantes.	
5. La réponse physiologique au stress salin chez les plantes.	7
II. LA PLANTE	
1. Les légumineuses	13
a. Présentation générale des légumineuses.	
b. Principales caractéristiques des légumineuses.	
c. Les légumineuses et la salinité.	
2. L'espèce étudiée : <i>Phaseolus Vulgaris</i> L.	15
III. NUTRITION MINERALE DES PLANTES	18
1. Les éléments minéraux.	
2. Rôle des éléments essentiels.	
3. Modalités de la nutrition minérale des plantes.	
4. Mécanismes de l'absorption des ions minéraux.	
5. Transport des ions de la solution du sol vers les racines.	
CHAPITRE II - MATERIEL ET METHODES	
I - MATERIEL VEGETAL	20
II - METHODES	
1. Préparation des pots.	
2. Préparation du substrat.	
3. Protocole expérimental.	
4. Analyse statistique.	25
CHAPITRE III - REPONSES DES PLANTES AU STRESS SALIN	
I - COMPORTEMENT DES PLANTES SOUS STRESS AU NaCl et au NaCl+CaCl₂	
1. Réponses des plantes de la variété El Djadida	26
a. Poids frais des trois organes de la plante	
b. Poids sec des trois organes de la plante	
c. Caractéristiques minérales	

- Taux des cendres des trois organes de la plante
- Teneurs en sodium des feuilles et des racines des plantes
- Teneurs en potassium des feuilles et des racines des plantes
- Teneurs en calcium des feuilles et des racines des plantes

2. Réponses des plantes de la variété Coco Rose 36

- Poids frais des trois organes de la plante
- Poids sec des trois organes de la plante
- Caractéristiques minérales
 - Taux des cendres des trois organes de la plante
 - Teneurs en sodium des feuilles et des racines des plantes
 - Teneurs en potassium des feuilles et des racines des plantes
 - Teneurs en calcium des feuilles et des racines des plantes

II - ETUDE COMPARATIVE DE LA TENEUR EN EAU FOLIARE POUR LES DEUX VARIETES SOUS STRESS SALIN 45

- Sous traitement de NaCl
- Sous traitement de NaCl+CaCl₂

III - ETUDE COMPARATIVE DES RATIOS POUR LES DEUX VARIETES SOUS STRESS SALIN

1. Ratio Poids sec racinaire/Poids sec aérien PSR/PSA des deux variétés 47

- Sous traitement au NaCl
- Sous traitement de NaCl+CaCl₂

2. Ratio des éléments minéraux au NaCl et au NaCl+CaCl₂ 49

a. El Djadida

- K^+/Na^+
- Ca^{++}/Na^+

b. Coco Rose

- K^+/Na^+
- Ca^{++}/Na^+

52

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES. 56

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

ANNEXES.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La réduction progressive du couvert végétal dans les régions arides et semi arides, sous l'effet de la désertification et l'érosion du sol devient de plus en plus un problème majeur dans les écosystèmes de ces régions (Martinez et *al.*, 2005). La salinité est un problème écologique croissant dans le monde entier, particulièrement le bassin méditerranéen et l'Afrique du nord, ce phénomène est considéré comme un facteur abiotique le plus important qui limite la croissance et la productivité des plantes (Khan et Panda, 2008). Plus de 40% des terres cultivées dans les zones arides et semi arides sont affectées par la salinité (Hamdy, 1999).

L'Algérie connaît, actuellement une évolution écologique irréversible caractérisée par un passage du régime semi aride à aride couvrant de grandes surfaces (Belkhodja et Bidai, 2004).

La diminution des ressources hydriques dans ces régions (Munns et *al.*, 2006) et l'extension des surfaces irriguées déclenchent la salinisation des sols (Araujo et *al.*, 2006). La salinité des sols n'est pas fortement liée aux conditions climatiques (Djili et Daoud, 2000) mais également aux pratiques culturales mal contrôlées telle que l'irrigation conduisant à un processus de salinisation secondaire (Hamdy, 1999), par l'utilisation de grandes quantités d'eau souvent d'une qualité saumâtre (Mouhouche et Boulassal, 1999) ; d'autre part l'apport excessif de fertilisants dans un souci d'augmenter les rendements provoque aussi la salinité des sols (Quadir et Coster, 2004).

La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe impliquant des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et biochimiques variés (Alberto Cuesta et *al.*, 2005). Identifier et comprendre ces mécanismes présentent un intérêt évident dans une optique d'aide à l'amélioration variétale. Ainsi, il existe de nombreuses indications chez les végétaux d'un potentiel génétique considérable de tolérance aux stress environnementaux (Tal, 1985), parmi lesquels l'aptitude à la germination et la croissance des plantes en milieux salés. Les plantes poussant sur les sols salés doivent faire face à de fortes concentrations en ions toxiques comme Cl^- et Na^+ ainsi qu'à un faible potentiel hydrique du sol. En cas d'inhibition de la croissance en présence de sel, il est difficile de déterminer la part due à un excès d'ions de celle due à un déficit en eau (Greenway et Munus, 1980). Cependant, ces auteurs suggèrent que les espèces glycophytes sont généralement affectées par un excès d'ions dans les feuilles matures déjà étalées et par un déficit hydrique dans les jeunes feuilles, en expansion. Marshner (1986) montre que l'inhibition de la croissance des espèces sensibles au sel est due principalement à la toxicité des ions même à faible concentration en sel. La toxicité des ions pourrait être une conséquence de leur mauvaise compartimentation cellulaire dans les vacuoles. Elle pourrait être également due à une incapacité à rejeter le sel en excès afin de maintenir l'équilibre osmotique.

La salinité peut causer une combinaison d'interactions complexes affectant la physiologie des plantes, l'absorption des macro et des micronutriments, le métabolisme et la susceptibilité des plantes aux dommages à travers des changements du statut hydrique et ionique des cellules (Hasegawe et *al.*, 2000). Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes ; la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions (Houala et *al.*, 2007).

Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et *al.*, 1995). Le déséquilibre ionique se produit dans les cellules suite à l'accumulation excessive de Na^+ et de Cl^- et réduit l'absorption d'autres éléments minéraux, tels que le potassium, le calcium, le manganèse (Lutts et *al.*, 1999), le phosphore (Günes et *al.*, 1999). Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{++} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique (Houala et *al.*, 2007).

Le rôle de K^+ est essentiel dans l'osmorégulation et la synthèse de protéine, le maintien de la turgescence cellulaire et la stimulation de la photosynthèse (Gorham, 1993). Des teneurs élevées en K^+ dans les tissus sont associées à la tolérance aux sels (El Hendawy, 2004).

Le maintien d'une teneur adéquate en calcium dans les sols salins est un facteur important en commandant la sévérité des toxicités spécifiques d'ions de Na^+ et de Cl^- (Maas, 1990). L'apport externe du Ca^{++} a été exhibé pour améliorer les effets nuisibles de la salinité sur les plantes, vraisemblablement en facilitant une sélectivité K^+/Na^+ plus élevée (Hasegawe et *al.*, 2000).

L'objectif de notre travail est d'étudier l'influence de différentes concentrations de NaCl seul et associé au CaCl_2 sur le comportement hydrique et minéral de deux variétés d'une espèce légumineuses *Phaseolus vulgaris* L.

Dans le genre *Phaseolus*, le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est l'espèce économiquement la plus importante avec plus de 90 % de la production mondiale de haricot. Il constitue la principale légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine et en Afrique Centrale et de l'Est (Broughton et *al.*, 2003).

La première partie de notre travail aborde une revue bibliographique sur le sujet.

Dans la seconde partie, nous décrirons la méthodologie adoptée dans notre expérimentation.

Dans une troisième partie, nous proposons une analyse des variations des caractéristiques hydriques et des teneurs minérales des feuilles et des racines des plantes des deux variétés sous stress salin au NaCl en présence ou en absence de CaCl_2 .

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I - LA SALINITE

1. Salinité et sodicité

D'après Cherbuy (1991), la salinisation d'un milieu, implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

La salinisation primaire : se produit naturellement là où la roche mère du sol est riche en sels solubles ou bien en présence d'une nappe phréatique proche de la surface. Dans les régions arides et semi-arides, où les précipitations sont insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol et où le drainage est restreint, des sols salins vont se former avec des concentrations élevées de sels (les sols salinisés). Plusieurs processus géochimiques peuvent également avoir comme conséquence la formation de sols salinisés. La sodisation désigne un excès de sodium à l'origine du processus de salinisation.

La salinisation secondaire : se produit lorsque des quantités significatives d'eau chargée de sels sont apportées par irrigation. Sans réseau de drainage adéquat pour la lixiviation et l'élimination des sels, ces apports entraînent une augmentation de la teneur en sels des sols, ce qui diminue leur productivité. La capacité des cultures à capter l'eau et les micronutriments est réduite. Des ions toxiques se concentrent dans les végétaux et peuvent dégrader la structure du sol.

2. Mesures de la salinité

Généralement la salinité d'un sol est mesurée par la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée à 25°C (Kenfaoui, 1997), en effet un sol est considéré salé quand sa conductivité électrique devient supérieure à 4 millimhos.cm⁻¹ (Halitim, 1986).

3. Effet de la salinité sur le sol

L'influence des sels solubles et du sodium échangeable sur les propriétés physiques des sols a fait l'objet de nombreuses recherches (Tessier, 1984). En effet les forts taux de sodium échangeable peuvent influencer considérablement de nombreuses propriétés des sols comme la dispersion des particules argileuses (Grachev et *al.*, 1997), la dispersion de la matière organique (Amrhein et *al.*, 1992) et la conductivité hydraulique (Zahow et Amrhein, 1992).

Les conséquences traduites par l'ensemble de ces paramètres se manifestent dans le sol par une dégradation de la couche de surface aboutissant à la formation d'une croûte de battance pouvant atteindre plusieurs centimètres. Cette croûte a une influence négative sur les échanges sol – atmosphère (Abu Awwad et Akasheh, 1997).

4. Effet de la salinité sur les plantes

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na⁺ et Cl⁻ cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (Hayashi et Murata,

1998), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (Parida et Das, 2005).

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et *al.*, 2000). Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétique etc..., sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivie par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress (Parida et Das, 2005).

a. Effet de la salinité sur la croissance

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang et Nil, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (Mohammad et *al.*, 1998). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et *al.*, 2001).

b. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (Romer-oaranda et *al.*, 2001). Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *Suaeda salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (Lu et *al.*, 2002).

c. Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de l'haricot, du coton et de l'atriplex (Longstreth et Nobel, 1979). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (Parida et Das, 2005). L'épaisseur du mésophylle et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl de la mangrove *Bruguiera parviflora* (Parida et Das, 2005). Le stress salin cause le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, le gonflement de la mitochondrie, la vésiculation et la fragmentation du tonoplaste et la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles chez la patate douce (*Ipomoea batatas*) (Mitsuya et *al.*, 2000).

Clicours.COM

d. Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (Agastian et *al.*, 2000). Par contre, Wang et Nil (2000) ont rapporté que le contenu de la chlorophylle augmente sous les conditions de salinité chez *Amaranthus*. Chez *Grevilea*, la protochlorophylle, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle, la chlorophylle est plus importante que celle de la chlorophylle *a* et les caroténoïdes. Les pigments anthocyanines augmentent significativement dans ce cas de stress salin (Kennedy et De Fillippis, 1999).

Le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité (Parida et *al.*, 2002). Agastian et *al* (2000) ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent sous hautes concentrations de salinité chez les mûres.

e. Effet de la salinité sur les lipides

Les lipides sont la source la plus efficace du stockage de l'énergie, ils fonctionnent comme des isolateurs des hormones et organes délicats, et jouent un rôle important comme des constituants des structures de la plupart des cellules membranaires (Singh et *al.*, 2002). Ils ont aussi un rôle vital dans la tolérance à différents stress physiologiques chez une variété d'organismes comme les cyanobactéries.

L'instauration des acides gras contrecarre le stress salin ou hydrique. Wu et *al* (1998) ont analysé le changement de la composition des lipides soumis à un stress salin dans la membrane plasmique des racines chez *Spartina patens* et ont rapporté que les pourcentages molaires des stérols et les phospholipides diminuent avec l'augmentation de la salinité, mais le ratio stérols/phospholipides n'est pas affecté par le NaCl.

f. Effet de la salinité sur le taux des ions

Le contrôle de l'exportation et de la répartition des ions dans les organes de la plante représente un paramètre important de la tolérance au stress salin (Alem et Amir, 2005). La tolérance à la salinité exige une bonne stabilité de diverses membranes cellulaires, outre les premiers sites touchés par l'excès de sel, sont les membranes cellulaires. Pour continuer sa croissance et son développement au cours d'un stress salin, la plante doit maintenir une teneur basse en Na^+ et élevée en K^+ dans le cytosol (Guillermo et *al.*, 2001). Le meilleur moyen est le maintien de la concentration du taux du Na^+ cytosolique à un niveau bas, en minimisant son entrée et maximisant sa sortie.

De très fortes concentrations salines dans le milieu, provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et *al.*, 1995). L'accumulation des ions dans la plante, limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{++} (Munns et *al.*, 2005) ; en se concentrant chez certaines plantes dans la paroi cellulaire, ou en remplaçant le Ca^{++} ou le K^+ (Erik et *al.*, 2005).

La présence de sodium en faible concentration, peut augmenter l'absorption du K^+ , tandis que sa présence en fortes concentrations diminue l'absorption de K^+ (Mezni et *al.*, 2002), signalée chez le riz (Levit, 1980), chez l'*Atriplex halimus* L. (Achour, 2005;

Benadji, 2006) et la canne à sucre (Nimbalkar et Joshi, 1975). Cette absorption peut même s'arrêter complètement chez le haricot (Hamza, 1977) et le laurier rose (Hadji, 1980) cultivés en présence de chlorure de sodium à 12 g/l.

Le calcium diminue avec l'augmentation des doses de sel (Cramer, 1997), son addition au milieu de culture des plantes sous stress salin augmente le taux du Ca^{++} et du K^+ au niveau foliaire par contre diminue l'accumulation de Na^+ (Grant et *al.*, 1991; Erik et *al.*, 2005).

g. Effet de la salinité sur les enzymes antioxydantes

Le stress salin cause un déficit hydrique comme conséquence à l'effet osmotique sur les activités métaboliques des plantes. Ce déficit hydrique cause un stress oxydatif à cause de la formation des espèces réactives de l'oxygène comme les superoxydes, les radicaux hydroxyles et peroxyde (Ben Nacer et *al.*, 2005).

Les espèces réactives de l'oxygène qui sont le produit des stress hyperosmotique et ionique causent des disfonctionnements dans la membrane et la mort cellulaire (Bohnert et Jensen, 1996). Les plantes se défendent contre ces espèces réactives de l'oxygène par l'induction de l'activité de certaines enzymes antioxydantes comme la catalase, la peroxydase, la glutathion réductase et la superoxyde dismutase, qui éliminent les espèces réactives de l'oxygène. (Hernandez et *al.*, 2000).

h. Effet de la salinité sur le métabolisme de l'azote

L'activité de la nitratre réductase (NRA) diminue dans les feuilles de beaucoup de plantes pendant le stress salin (Flores et *al.*, 2000). La première cause de la réduction de la NRA dans les feuilles est un effet spécifique associé à la présence du sel Cl^- dans le milieu externe. Cet effet de Cl^- semble être dû à la réduction de l'absorption du NO_3^{3-} et par conséquent une concentration réduite du NO_3^{3-} dans les feuilles, bien que l'effet direct du Cl^- sur l'activité de l'enzyme qui ne peut être écarté (Flores et *al.*, 2000). Chez le maïs (*Zea mays*) le taux des nitrates diminue dans les feuilles, mais augmente dans les racines sous le stress salin et la NRA des feuilles diminue aussi dans la salinité (Abdelbaki et *al.*, 2000).

L'exposition des racines nodulées au NaCl des légumineuses comme le soja et l'haricot cause une réduction rapide de la croissance végétale. (Parida et Das, 2005). L'activité de la nitrogénase diminue chez l'haricot par une exposition à courte durée à la salinité.

i. Effet de la salinité sur l'ultrastructure du chloroplaste

Chez les plantes traitées avec le NaCl, la microscopie électronique a montré que la structure du thylacoïde du chloroplaste devient désorganisée, le nombre et la taille des plastoglobules augmentent et le taux d'amidon diminue (Hernandez et *al.*, 1999). Dans le mésophylle de la patate douce (*Ipomoea batatas*), les membranes des thylacoïdes sont gonflées et la plupart sont perdues sous un stress salin sévère (Mitsuya et *al.*, 2000).

j. Effet de la salinité sur la photosynthèse

Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse, les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement l'arrêt de

l'assimilation du carbone. L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (Munns et Termaat, 1986), aussi on a rapporté qu'il y a suppression de la photosynthèse sous les conditions d'un stress salin (Kao *et al.*, 2001) et qu'elle ne diminue pas mais plutôt stimulée par de petites concentrations de sel (Kurban *et al.*, 1999).

5. La réponse physiologique au stress salin chez les plantes

a. Notion de stress chez les plantes

Levitt (1980) décrit la physiologie du stress en l'abordant dans son aspect physique. Le stress est une contrainte qui peut se résumer à une (ou plusieurs) force(s) de déformation appliquée(s) à un corps. Par analogie à la physiologie des plantes, une contrainte environnementale va provoquer une tension interne (strain) dans l'organisme exposé. Le stress perçu par une plante, autrement dit le niveau de tension interne, dépend de la résistance de l'organisme à un type de stress appliqué avec une certaine intensité. En plus du type de stress et de son intensité, il faut également considérer la durée d'exposition. En effet, si l'intensité d'un stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme (Levitt, 1980 ; Lichenthaler, 1996).

b. Classification des plantes selon leur tolérance à la salinité

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin. Cependant, les plantes ne sont pas égales face au stress salin ; Suivant leur production de biomasse en présence de sel, quatre grandes tendances ont été discernées :

- **Les Halophytes vraies**, dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sel. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions : *Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*.

- **Les Halophytes facultatives**, montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sel : *Plantago maritima*, *Aster tripolium*.

- **Les Non-Halophytes résistantes**, supportant de faibles concentrations en sel : *Hordeum sp.*

- **Les Glycophytes ou Halophobes**, sensibles à la présence de sel : *Phaseolus vulgaris* L., *Glycine max.*

La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels de Na^+ , particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de Na^+ (plus exactement, on devrait parler de plantes natrophiles ou natrophobes). Une plante halophile obligatoire ne peut pas se développer sans un excès de sel alors qu'une plante halophile facultative se développera normalement dans des conditions non stressantes. À l'inverse, une plante glycophyle obligatoire ne se développera jamais en présence d'un excès de sels (Levitt, 1980).

Les plantes peuvent être regroupées dans des classes de tolérance tel que décrit dans Brady et Weil (2002) : dans chaque classe, désignée par un niveau de tolérance

(sensibles à tolérantes) et de salinité (CE de 2 à 12 dS m⁻¹) sont regroupées les espèces dont la croissance est réduite de moins de 10%. Ainsi, il a été démontré que les plantes supérieures, incluant glycophytes et halophytes, n'ont pas un métabolisme tolérant aux excès de sel même si certains organismes montrent une bonne croissance dans de l'eau de mer (Greenway et Osmond, 1972). L'avantage essentiel des halophytes sur les glycophytes réside dans la gestion des ions en excès dans l'organisme.

c. La perception du stress et la transmission du signal

Les plantes sont des organismes sessiles doivent faire face à une myriade de conditions environnementales qui changent tout le temps ce qui détermine leur croissance et leurs formes et qui permet leur survie ou conduit à leur mort. Ces changements sont désignés collectivement sous le nom de "stimuli" qui contiennent l'information qualitative et/ ou quantitative qui peut être sentie par la plante et convertie en réponses biologiques. La cascade entière des événements, commençant par la perception initiale d'un stimulus et qui se termine par une réponse biologique se nomme "signal cellulaire". (Mazars et al., 2008).

Les pressions environnementales telles que la sécheresse et la salinité sont en étroite interaction avec les stress secondaires comme le stress osmotique et oxydatif. Dans le cas des plantes tolérantes, les processus déclenchés par les premiers signaux impliquent des contrôles de la transcription activant les mécanismes de réponse au stress qui maintiennent ou rétablissent l'homéostasie, facilitent la rétention ou l'accumulation de l'eau, protègent le fonctionnement du chloroplaste et l'intégrité de la membrane cellulaire. (Vinocur et Altman, 2005).

• Traduction du signal

Suite à la perception du stress, le signal crée par les récepteurs doit être transmis à l'intérieur de la cellule. Cette transduction du signal est assurée par des seconds messagers qui vont activer des voies enzymatiques assurant le fonctionnement de la cascade de réactions et permettant à la cellule de répondre au stress perçu (Vincent, 2006).

• Rôle du calcium

Différents aspects de la croissance et du développement des plantes et de la physiologie du stress sont contrôlés et régulés à travers des signaux chimiques tels que les ions Ca⁺⁺ (Boudsocq et Sheen, 2010; Mahajan et al., 2008). Chez les végétaux, cet ion semble avoir un rôle central dans la transduction des signaux environnementaux, en effet, des modifications rapides et transitoires de la concentration cytosolique en calcium libre interviennent après l'application de stimuli divers chez des plantes (Tafforeau, 2002).

Le calcium est un modulateur du métabolisme et du développement et sert de second messenger dans la traduction des stimuli environnementaux chez de nombreux organismes, notamment les plantes. Les parois des cellules végétales et la vacuole sont des sites de stockage du calcium et les membranes plasmiques et le tonoplaste possèdent des canaux calciques (Alvarez, 2004). Le calcium est un messenger secondaire majeur de la signalisation du stress hydrique (Lefebvre, 2005).

L'entrée de Ca⁺⁺ dans les cellules végétales a été observée en condition de stress abiotique mais également lors de stress hormonaux (ABA : acide abscissique), biotiques ou lors de processus liés au développement. Cette augmentation transitoire de la concentration

interne de calcium est due soit à un influx de calcium extracellulaire soit à une libération des stocks intracellulaires (Lamzeri, 2007; Knight, 2000).

• La voie SOS

L'homéostasie est garantie par différents processus; en cas de stress salin, toute une série de gènes sont particulièrement activés, codant pour des protéines responsables du maintien de l'homéostasie: ce sont les gènes SOS (Salt Overly Sensitive) (Zhu, 2002) (Fig.1).

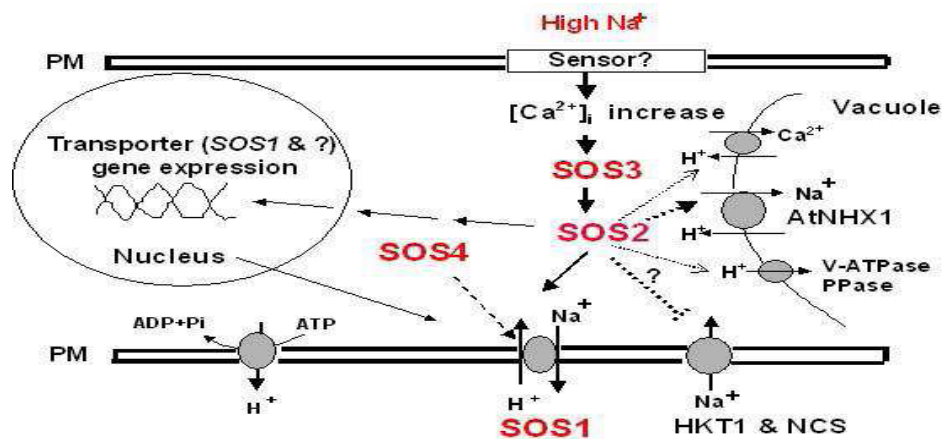


Fig. 1- La voie SOS (J-K Zhu, 2003).

• Le rôle d'ABA dans la signalisation

L'ABA joue un rôle important dans plusieurs aspects de la croissance et du développement des plantes, en commençant par la germination jusqu'à la fructification, mais également, elle intervient dans l'adaptation aux stress abiotiques (Pardo, 2010; Shinzaki et Yamaguchi-Shinozaki, 2006). Elle est également impliquée dans la signalisation à longue distance du stress des racines aux feuilles (Rock et al., 2010).

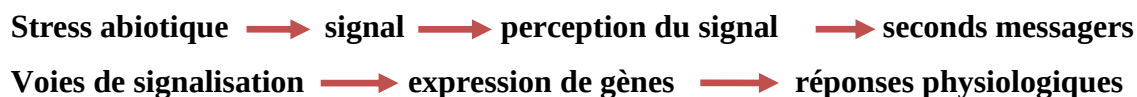
Les stress abiotiques provoquent une augmentation de la biosynthèse de l'ABA, qui est ensuite métabolisé rapidement après la suppression du stress. L'ABA est une molécule régulatrice qui est impliquée dans la tolérance au stress hydrique via des gènes de tolérance à la déshydratation cellulaire et régule la balance de l'eau dans la plante à travers les cellules de garde. L'ABA est aussi induit par la salinité (Kaur et Gupta, 2005).

• Les produits de gènes inductibles du stress

Les produits de gènes inductibles du stress sont classés en deux groupes. (I) Ceux qui protègent directement contre les stress et ceux-ci sont les protéines qui protègent les cellules de la déshydratation. Ils incluent les enzymes responsables de la synthèse de divers osmoprotecteurs comme les protéines de LEA (late embryogenesis Abundant), les protéines d'antigel, les chaperons et les enzymes de détoxification. (II) le deuxième groupe de produits des gènes inclut des facteurs de transcription, des protéines kinases, et des enzymes impliquées dans le métabolisme de phosphoinositide. Les gènes inductibles du stress ont été employés pour améliorer la tolérance des plantes au stress par le transfert des gènes.

d. Principe général d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel

Généralement, sous les conditions salines, une voie de transduction d'un signal de stress commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane de la plante (par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et des facteurs de transcription. Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression de gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques (voir schéma ci-dessus) :



On distingue deux types d'adaptation (Levitt ,1980) :

Adaptation élastique (ou capacité d'adaptation) : concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress.

Adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation) : inhibe la croissance et ainsi tous les dommages éventuels sont irréversibles jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant.

Si l'adaptation est élastique, elle engendre des stratégies de résistance particulières. Il existe deux stratégies de résistance (Levitt ,1980) :

La résistance par exclusion

-L'organisme inhibe ou réduit la pénétration du stress dans ses tissus.

-L'organisme augmente ainsi le niveau de stress nécessaire pour un même niveau de tension interne,

La résistance par tolérance/inclusion

-L'organisme absorbe l'agent stressant pour rétablir l'équilibre thermodynamique avec son environnement sans subir de blessure irréversible tout en poursuivant sa croissance.

-L'organisme réduit ainsi la tension interne pour un même niveau de stress.

La résistance par exclusion semble être une évolution par rapport à la résistance par tolérance puisqu'elle ne peut pas réaliser l'équilibre thermodynamique (en réduisant la tension interne) pour préserver les fonctions métaboliques à leur optimum, favorisant ainsi une meilleure croissance (Levitt ,1980). Récemment, Berthomieu et *al* (2003) ont montré chez *Arabidopsis thaliana* une troisième stratégie à l'intermédiaire entre l'exclusion et l'inclusion : la recirculation : Le Na^+ est absorbé et parvient jusqu'aux parties aériennes, mais il est aussitôt "re-pompé" et reconduit par les vaisseaux du phloème vers les racines, qui peuvent excréter les ions à l'extérieur.

e. La tolérance des plantes a la salinité

La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant la forte concentration de sel soluble .Il est cru que pour la protection des processus évolués, des mécanismes de faible complexité sont induits de façon coordonnée (Parida et Das, 2005).

• Stratégies d'adaptation

Les mécanismes de tolérance au sel chez les plantes peuvent être groupés en une homéostasie cellulaire regroupant homéostasie ionique et ajustement osmotique (Zhu, 2003), un contrôle et une réparation des dommages causés par le stress ou détoxication, et une régulation de la croissance.

– Homéostasie cellulaire

L'homéostasie ionique au niveau des cellules est atteinte sous stress salin par les stratégies suivantes:

1) exclusion des ions Na^+ des cellules par les canaux ioniques: antiport Na^+/H^+ , ou bien par la limitation d'entrée des ions Na^+ , 2) compartimentation de Na^+ dans des vacuoles intracellulaire pour un ajustement osmotique, 3) la sécrétion de Na^+ . Ainsi la régulation du transport ionique joue un rôle fondamental pour la tolérance au sel chez les plantes. L'analyse génétique d'un mutant d'*Arabidopsis* SOS (Salt Overly Sensitive) a permis l'identification des mécanismes (the SOS pathway) qui régulent l'homéostasie cellulaire et la tolérance au sel (Zhu, 2002).

– Séquestration du sodium dans des vacuoles

La compartimentation de Na^+ dans des vacuoles est une stratégie très importante chez les plantes permettant de maintenir ces ions à une faible concentration dans le cytoplasme et conserver un faible potentiel osmotique cellulaire. L'exclusion de l'excès de sodium du cytoplasme nécessite la synthèse d'osmolytes compatibles avec la réduction du potentiel osmotique; ce dernier est essentiel pour pouvoir prélever de l'eau dans des conditions de stress salin. Ce processus est coûteux en énergie pour la plante.

Des plantes transgéniques de tomate et de *Brassica napus*, sur-exprimant le gène *AtNHX1* codant pour antiport Na^+/H^+ , accumulent du sodium dans leur feuilles mais pas dans les fruits ou les graines. Ces plantes se sont montrées extrêmement tolérantes au stress salin et conservent dans ces conditions des bonnes qualités de fruit chez la tomate et d'huile chez *Brassica napus* (Zhang et al., 2001).

– Prélèvement de K^+

Dans les conditions optimales, les plantes maintiennent un haut ratio cytosolique K^+/Na^+ . Le stress salin entraîne la diminution de ce ratio, du fait que les ions Na^+ sont en concurrence avec les ions K^+ , ce qui est défavorable pour les processus biochimiques cellulaires. De même, une forte concentration de potassium augmente le potentiel osmotique qui entraîne une entrée d'eau à partir du milieu extérieur (Claussen et al., 1997). Le prélèvement de K^+ est essentiel pour la turgescence cellulaire et le déroulement des processus biochimiques sous stress salin.

Le niveau de transcription des gènes codant pour les transporteurs de K^+ reflète probablement une différence de capacité de la plante à prélever le K^+ sous stress salin. Par exemple chez *Arabidopsis*, le stress salin augmente le niveau de transcription du gène *AtKC1* correspondant à un transporteur de K^+ (Pilot et al., 2003).

– Biosynthèse d'osmoprotectants

Les gènes impliqués dans la synthèse d'osmoprotectants sont surexprimés sous stress salin (Zhu, 2002). Les osmoprotectants compatibles pour différents solutés sous stress salin protègent les plantes par ajustement osmotique ce qui maintient la turgescence cellulaire, par détoxification des espèces réactives d'oxygène (ROS : Reactive Oxygen Species) et par stabilisation de la structure (quaternaire) des protéines.

– Synthèse de protéines induites par le sel

Chez les plantes supérieures, le stress osmotique induit différentes protéines dans les tissus végétatifs. Ces protéines sont nommées LEA (late-embryogenesis-abundant). Chez *M. sativa*, le gène *Alfin1* code pour une famille de facteurs de transcription et leur expression est corrélée avec la tolérance au sel (Winicov et Bastola, 1999). In vitro *Alfin* se lie au promoteur du gène *MsPRP2*, qui code pour une protéine racinaire du cytosquelette induite par le sel.

– Synthèse d'antioxydants

Les plantes produisent des espèces d'oxygène actif nommés ROS (radicaux superoxydes (O_2^-), peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), et radicaux hydroxylés (OH)) sont produites au cours des processus cellulaires aérobie et de façon plus accrue suite aux stress abiotiques, notamment la salinité (Brosché et al., 2010).

La production excessive de ces composés provoque des dégâts oxydatifs, et ils deviennent toxiques pour la cellule (Mahajan et al., 2008).

– Régulation de croissance

Maintenir une croissance racinaire constitue un caractère adaptatif dans un environnement de faible disponibilité en eau tel que le milieu salin. L'allongement racinaire peut être dû à une augmentation d'activité des enzymes impliquées dans la construction du cytosquelette: par exemple la xyloglucan endotransglycosylase (Wu et al., 1994). L'autre cause peut être l'accumulation de proline (Ober et Sharp, 1994). Ces deux actions sont régulées par l'acide abscissique (ABA), induit par le stress salin (Jia et al., 2002). Ainsi chez le maïs, l'élongation racinaire est inhibée par la présence d'un inhibiteur de biosynthèse d'ABA. Mais elle peut être restaurée par un traitement des racines avec un inhibiteur de synthèse d'éthylène. Ces données suggèrent que l'élongation racinaire par l'intermédiaire de l'ABA doit être causée par une inhibition de biosynthèse d'éthylène (Spollen et al., 2000).

Chez *Arabidopsis*, les régulations de la division cellulaire et de l'élongation cellulaire sous stress salin sont effectuées par l'intermédiaire de l'ABA (Wang et al., 1993). Cependant le mécanisme exact de cette régulation est encore mal connu.

f. Réponse de la croissance aux conditions salines

L'augmentation de la salinité présente des répercussions sur une série de processus biochimiques. En effet, une absorption élevée des sels par la plante tend à réduire, plus précisément, la synthèse protéique. Ce qui résulte en une réduction de la division cellulaire et un élargissement cellulaire plus prolongé. Le taux de croissance des plantes tend à diminuer linéairement au fur et à mesure que la salinité du sol dépasse une valeur

spécifique pour chaque culture (Rawlins, 1981). Ce dernier a relié la tolérance de la plante aux sels à plusieurs facteurs :

- La plante (stade phénologique, variété)
- Le sol (texture, niveau de fertilité, capacité de rétention)
- Conditions climatiques (température, humidité, insolation)
- Pratiques d'irrigation et de lessivage

Une des causes principales qui provoque la réduction du taux de croissance suite à un stress salin est la limitation de l'activité photosynthétique due à la fermeture des stomates et par conséquent à l'absorption limitée en CO_2 . Pour décrire la réponse de croissance d'une plante exposée à un stress salin Munns et Termaat (1986) et Munns (2005) ont défini un modèle bi-phasique :

• **Dominance du stress osmotique** : la concentration en sel augmente, et donc le potentiel osmotique de la solution du sol diminue. Dans cette phase, le stress physiologique est causé par l'excès d'ions à l'extérieur de la plante et est similaire à un stress hydrique. Un stress osmotique est provoqué dans un milieu où le potentiel hydrique de l'eau est, au moins, réduit de 0,5 à 1,0 bar suite à l'accumulation de sels (Levitt, 1980). Lorsqu'il survient, ce stress hyperosmotique entraîne immédiatement une réduction de la pression de turgescence et de façon subséquente de la croissance. Néanmoins, l'essentiel de l'inhibition de la croissance sur l'ensemble de la période d'exposition est régulée par des signaux hormonaux en provenance des racines exposées (Mulholland et al., 2003).

• **Dominance du stress ionique** : pour résorber la sécheresse physiologique et réaliser un ajustement osmotique, la plante accumule éventuellement les osmolytes en excès (i.e., Na^+ pour un stress sodique) dans ses tissus. L'effet du stress est alors essentiellement dû aux ions à l'intérieur des tissus lorsqu'ils atteignent des concentrations toxiques pour le métabolisme. La croissance est d'autant plus réduite que la plante est sensible à l'effet spécifique de l'ion en excès dans ses tissus (Levitt, 1980).

II. LA PLANTE

1. Les légumineuses

a. Présentation générale des légumineuses

La famille des légumineuses est très diverse avec 3 sous familles: Mimosoideae, Caesalpinioideae, et Papillioideae (Doyle et Luckow, 2003) et compte environ 20.000 espèces (Gepts et al., 2005). La sous famille des Papillioideae regroupe les espèces cultivées les plus importantes économiquement: le soja (*Glycine max*, $2n = 4x = 40$), le haricot (*Phaseolus vulgaris*, $2n = 2x = 22$), le pois (*Pisum sativum*, $2n = 2x = 14$), la luzerne (*Medicago sativa*, $2n = 4x = 32$), l'arachide (*Arachis hypogaea*, $2n = 4x = 40$), le pois chiche (*Cicer arietinum*, $2n = 2x = 16$), et la fève (*Vicia faba*, $2n = 2x = 16$). Ces légumineuses cultivées forment deux groupes appelés Galegoïdes et Phaseoloïdes à l'exception de l'arachide qui appartient au groupe des Aeschynomeneae (Broughton et al., 2003).

Les légumineuses sont cultivées principalement comme source de protéines pour la consommation humaine (haricot, pois, fève,...) ou l'alimentation animale (soja, luzerne,...) grâce à la fixation symbiotique de l'azote. Elles sont aussi une

source importante d'huiles végétales (arachide) et de bois de qualité (bois de rose, ébène). Les légumineuses à graines constituent toujours une part importante de l'alimentation du monde, particulièrement dans les pays en développement où elles sont la principale source de protéines pour l'homme. Citons le Haricot (*Phaseolus vulgaris*) en Amérique Latine, le Pois Chiche (*Cicer arietinum*), la lentille (*Lens culinaris*) et la Fève (*Vicia faba*) dans le bassin méditerranéen, le Soja (*Glycine max*) en Asie sans oublier l'Arachide (*Arachis hypogea*) et le Pois (*Pisum sativum*) dans le monde entier.

Les graines de légumineuses sont plus riches en protéines et moins riches en glucides que celles de céréales. Les espèces à graines riches en protéines et en huile, sans amidon, classées comme oléagineux (soja, arachide) et les espèces à graines riches en protéines, classées comme protéagineux (pois, féverole) ou légumes secs (haricot, lentille, pois chiche).

Les légumineuses occupent la deuxième place, après les céréales, pour les terres cultivées et la production. En 2004, plus de 300 millions de tonnes de légumineuses à graines ont été produites sur une superficie de 190 millions d'hectares, soit 13% des terres cultivées (FAO, 1996).

b. Principales caractéristiques des légumineuses

L'azote, c'est le quatrième constituant des plantes qui est utilisé dans l'élaboration de molécules importantes comme les protéines, les acides nucléiques et la chlorophylle. La spécificité de la famille des légumineuses est leur aptitude à fixer l'azote en symbiose avec des microorganismes du sol collectivement appelées *Rhizobium* (on ne connaît qu'un seul exemple: *Parasponia*) mais le plus souvent la symbiose est réalisée avec des actinomycètes (bactéries filamenteuses) du genre *Frankia* (Benson et Silvester, 1993). Les cultures succédant aux légumineuses peuvent aussi bénéficier indirectement de l'azote fixé par l'entremise des résidus laissés par la légumineuse (Chalck, 1998).

Certains auteurs attribuent l'effet bénéfique des rotations à l'amélioration des propriétés physiques et biologiques des sols et à la capacité de quelques légumineuses à solubiliser des phosphates, du calcium et du phosphore par leurs exsudats racinaires.

Les légumineuses non cultivées, en plus de leur contribution à la fixation symbiotique de l'azote, constituent un potentiel de reforestation et de contrôle de l'érosion des sols (Ahmad et al., 1984); des associations symbiotiques avec ces légumineuses peuvent même fournir un couvert végétal pour les terres dégradées (Jha et al., 1995).

c. Les légumineuses et la salinité

La réponse des légumineuses au sel varie énormément. Zahran (1991) a reporté la variabilité de tolérance au sel des espèces cultivées qui vont de sensibles (ex haricot, pois chiche et le pois) à modérément tolérantes à la salinité (ex : soja).

L'amélioration de la productivité des légumineuses dans les zones salines nécessite l'installation d'une symbiose tolérante. Cette approche implique une amélioration génétique des deux partenaires de la symbiose. Les rhizobiums ont une gamme de tolérance au sel beaucoup plus élevée que celle de sa plante hôte (Zahran, 2001).

La salinité affecte l'initiation, le développement et le fonctionnement des nodules, de même que la capacité photosynthétique des feuilles. Il s'avère que la FSN (Fixation Symbiotique de l'Azote) est plus affectée par le sel que la croissance des plantes (Rao et *al.*, 2002). Généralement l'activité des nodules est plus touchée par le sel que la nodulation, mais l'étape la plus sensible à la présence du sel est le processus infectieux (Payakapong et *al.*, 2006).

En symbiose, la tolérance de la plante hôte constitue un facteur déterminant de la tolérance au sel (Soussi et *al.*, 1998).

2. L'espèce étudiée : *Phaseolus vulgaris* L.

a. Origine

Cette espèce est originaire d'Amérique du Sud, où de nombreuses variétés ont été cultivées depuis les temps anciens. Il s'agit d'une plante annuelle de grande variabilité qui a donné naissance à un grand nombre de variétés cultivées qui diffèrent entre elles par le port et la couleur, la forme, la composition des gousses et des grains. Le type originel était grimpant à rames. Cette culture a pris une très grande importance, compte-tenu de la place qu'elle occupe dans l'alimentation humaine (Bollinger, 1970).

b. Classification

Royaume :	<i>Plantae</i>
Super division :	<i>Spermatophyta</i> - semences de plante .
Division :	<i>Magnoliophyta</i> - Plantes en floraison.
Classe :	<i>Magnoliopsida</i> – dicotylédones.
Sous –classe :	<i>Rosidae</i> .
Ordre :	<i>Fabales</i> .
Famille :	<i>Fabaceae</i> .
Genre, Espèce :	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
:	

c. Caractéristiques botaniques de l'espèce

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L. est une plante annuelle appartenant à l'ordre des Fabales et à la famille des Fabacées dont les feuilles sont trifoliées.



Photo1 -L'espèce *Phaseolus vulgaris* L.
(Anonyme 1).

Le système racinaire est constitué d'une racine principale et de nombreuses racines latérales qui se tiennent horizontales sur 10 cm de long. L'état structural du sol influence la profondeur d'enracinement de la plante (de 30 cm en conditions défavorables à 1 m dans d'excellentes conditions) et aussi son alimentation hydrique, déterminante pour la croissance de la plante. Une bonne implantation racinaire permet d'éviter des problèmes de flétrissement de la plante en cas de fortes chaleurs. Sur celles-ci se développent des nodosités formées par des bactéries du genre *Rhizobium* (Renard et al., 2007).

d. Ecologie du haricot

Les haricots secs sont des cultures légumineuses ; ils ont la capacité de fixer de l'azote. Ils sont très sensibles à la gelée, ils doivent être semés lorsqu'il n'y a plus de risque de gelée meurtrière au printemps et que la température au sol est supérieure à 10°C (Gordon, 2004). Les haricots secs s'adaptent à un vaste éventail de sol, mais ils préfèrent les sols de texture moyenne qui offrent une bonne infiltration des eaux et une bonne capacité de rétention utile du sol. Ils s'insèrent bien dans une rotation de grains céréaliers et de maïs.

e. Valeur alimentaire

La culture des légumineuses, source de protéines végétales, a été reconnue comme étant l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour l'alimentation des populations des pays en voie de développement. La nutrition dans les pays pauvres est essentiellement basée sur la consommation de légumineuses comme le haricot, dont la richesse en protéines et en vitamines peut pallier le manque de protéines animales. Les grains de légumineuses contiennent deux à trois fois plus de protéines que les céréales (Soltner, 1990) et renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine. Par leur teneur élevée en protéines (20 à 30%), les légumineuses rééquilibrent l'alimentation céréalière, surtout en acides aminés essentiels et en sels minéraux (Appert, 1992) (Tableau .1)

Tableau 1 - Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (calorie/ 100g) des graines de *Vigna unguiculata*, de *Cicer arietinum* et de *Phaseolus vulgaris* (Sinha et Watters ,1980 ; Iserin ,1997)

Légumineuse	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Matières Minérales	Eau	Calories
<i>Phaseolus vulgaris</i>	20-27	1-2	60-65	4-5	4-5	11	341
<i>Cicer arietinum</i>	20	01	62	03	2-4	12	362
<i>Vigna unguiculata</i>	22-26	1-2	60-65	4-5	3-4	11	342

f. Production et importance de l'haricot

En 2006, la production mondiale de l'haricot, selon les statistiques publiées par la FAO, s'est élevée à 28,6 millions de tonnes, dont 19,6 de haricots secs (68 %), 6,4 de haricots frais (22 %) et 2,6 de haricots verts (9 %). En 2002, ces chiffres étaient respectivement de 25,7, 18,3, 5,7 et 1,7 millions de tonnes. Entre 1961 et 2006, la production totale de haricots a doublé passant de 14,4 à 28,6 millions de tonnes, progressant assez régulièrement au taux de 1,5 % par an (Anonyme 2).

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L. représente la troisième plus importante récolte des légumineuses dans le monde. (Aydin et *al.*, 1997).

g. Les contraintes abiotiques liées à la culture et la productivité de l'haricot

Le terme « stress abiotiques » est un terme général qui comprend de multiples contraintes telles que la chaleur, le froid, la sécheresse, l'excès de lumière, le rayonnement UV-B (rayonnement Ultra-violet de longueur d'onde moyenne entre 315 et 280 nm), l'excès d'eau, la salinité, les blessures occasionnées par les ravageurs et les pratiques culturales, l'exposition à l'ozone, et le choc osmotique ; on estime que 90% des terres arables sont soumises aux stress abiotiques (Dita et *al.*, 2006). Certaines de ces contraintes, telles que la sécheresse, les températures extrêmes et la haute salinité limiteraient fortement la productivité des cultures.

- **La sécheresse** est l'un des principaux facteurs limitant la productivité des cultures dans le monde (Sharma et Lavanya, 2002) et les variétés ayant une forte tolérance à cette contrainte sont importantes pour le maintien d'un bon rendement dans les régions où les saisons sèches sont fréquentes. Environ 60% des haricots produits proviennent des régions soumises à un déficit hydrique. La sécheresse qui réduit de plus de 50% le rendement du haricot commun, est la deuxième contrainte affectant le rendement de cette espèce après les maladies (Martinez et *al.*, 2007).

- **La salinité** du sol peut inhiber la croissance et le rendement du haricot à cause d'une toxicité, d'un déséquilibre ioniques, et d'une réduction du potentiel hydrique de la plante (Ashraf, 1997). Le haricot commun est extrêmement sensible à la salinité et on estime qu'environ 5 à 30% des zones de production du haricot sont affectées par la salinité du sol (CIAT, 1992).

- **Les hautes températures** (> 30°C le jour et > 20°C la nuit) entraînent une réduction de rendement chez le haricot commun à cause d'une transpiration excessive de la plante (Rainey et Griffiths, 2005).

Face à toutes ces contraintes biotiques et abiotiques de production du haricot commun cultivé, les chercheurs tentent depuis longtemps d'améliorer cette culture par l'introduction de gènes contrôlant la résistance et la tolérance.

III. Nutrition minérale des plantes

1. Les éléments minéraux

Comme tous les êtres vivants, les plantes ont besoin de nourriture pour croître, se développer et se reproduire.

Parmi les éléments minéraux essentiels, six (6) sont nécessaires en grande quantité dites les éléments majeurs : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le soufre (S), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). Les trois premiers, N, P et K, sont Les éléments minéraux dont la plante a besoin en plus grandes quantités, c'est pourquoi ces 3 éléments sont intégrés dans la composition de la majorité des engrais chimiques (FAO, 2005).

Les éléments mineurs, dits oligo-éléments : sont également nécessaires en quantité moindre : le fer, le zinc, le cuivre, le bore, le manganèse, le silicium, le molybdène, le sodium, le cobalt et le chlore.

2. Rôle des éléments essentiels

-L'azote entre dans la synthèse des protéines et de la chlorophylle et considéré comme l'aliment de base des plantes (Bretaudière et Faure, 1992). L'azote est nécessaire à la multiplication cellulaire et au développement des organes végétatifs ; il accroît la surface foliaire.

-Le potassium est un élément consommé en quantité importante par les plantes (Maser et al., 2002), il s'accumule dans les vacuoles jusqu'à cent fois la teneur du milieu extérieur pour maintenir la pression osmotique et l'équilibre acido-basique de la cellule. Il intervient entre autre dans le processus d'osmorégulation de la cellule (Heller et al., 1998). Lors d'un stress salin le potassium est mobilisé dans les parties aériennes foliaires (Guignard, 1998) Cet ion K^+ joue un rôle important dans l'assimilation chlorophyllienne, elle favorise la synthèse et l'accumulation des glucides; en outre, il donne au tissu une grande rigidité et permet aux plantes de résister aux problèmes de la verse et des maladies cryptogamiques (Hellali, 2002). C'est donc un élément d'équilibre et de santé des plantes.

-Le Sodium est un élément considéré comme nécessaire à la vie du végétal. Il semble pouvoir se substituer à une partie du potassium et jouer le même rôle (Pinta, 1980) mais ne peut pas le remplacer. Il pénètre d'ailleurs assez mal dans la cellule végétale qui a tendance à le refouler (Heller, 1998). Le Na^+ active une enzyme la pyruvate phosphodikinase qui joue un rôle dans la fixation de l'azote (Guignard, 1998; Heller et al., 2000). Il est nécessaire aux algues marines, ne serait-ce que pour maintenir leur pression osmotique interne, et à quelques halophytes dont l'*Atriplex halimus* (Heller et al., 1998).

-Le calcium est le plus souvent envisagé comme un amendement plutôt qu'un engrais il joue un rôle non négligeable dans la physiologie de la plante. Le calcium assure l'équilibre acido-basique en neutralisant les acides organiques comme l'acide oxalique. Ses deux charges positives en font un élément aisément adsorbable par les membranes biologiques, généralement chargées négativement (Heller et al., 1998). Le calcium diminue la perméabilité cellulaire; il freine la pénétration de l'eau et de la plupart des ions (Heller et al., 1998). En outre, une certaine quantité de calcium est nécessaire au développement du système racinaire, il joue un rôle dans la régulation du potentiel osmotique ou osmorégulation (ouverture de stomates et maintien de la turgescence). Le calcium semble

jouer un rôle anti toxique car on peut faire pousser de bonnes plantes sur un sol acide après addition de calcium ou de gypse (chaulage). Il est également considéré comme messager secondaire dans certaines réponses hormonales ainsi que dans certaines réponses aux facteurs de l'environnement (Hopkins, 2003).

3. Modalités de la nutrition minérale des plantes

Une fois l'absorption effectuée par les poils absorbants ou les mycorhizes, l'absorption est réalisée dans les plantes de manière spécifique. Les ions circulent par voie symplastique dans le cytoplasme jusqu'au xylème puis ils passent dans la sève brute (Taiz et Zeiger, 2002 ; Hopkins, 2003).

4. Mécanismes de l'absorption des ions minéraux

L'absorption est sensible à la température et aux inhibiteurs métaboliques. Ils existent plusieurs composantes dans le phénomène de transport des ions et des petites molécules. On trouve trois possibilités de pénétration : la diffusion, le transport passif ou diffusion facilitée et le transport actif (Taiz et Zeiger, 2002).

La plante absorbe un élément ou un ion donné à différents rythmes : d'abord le rythme est élevé, puis il diminue au fur et à mesure que le temps passe pour se stabiliser à une certaine valeur (Skiredj, 2007).

La quantité totale des ions minéraux est absorbée et accumulée dans les tissus végétaux par des mécanismes :

- **Physico-chimiques** indépendants de l'activité métabolique de la cellule : diffusion des sels, diffusion et rétention des ions près des sites d'absorption chargés de signe opposé à celui de l'ion retenu (sites anioniques pour les cations et cationiques pour les anions); c'est la partie correspondante à l'absorption passive (Hopkins, 2003; Taiz et Zeiger, 2002).

- **Métaboliques** nécessitant de l'énergie (ATP formée à partir des activités respiratoires des racines; en cas de présence d'une faible température ou d'un inhibiteur, l'activité métabolique est bloquée; l'absorption active est nulle). Cette partie de l'absorption est dite active (Hopkins, 2003; Taiz et Zeiger, 2002).

5. Transport des ions de la solution du sol vers les racines

La recharge de la phase liquide du sol permet une alimentation convenable de la plante dans le cas où le transfert entre les phases solide et liquide, puis le transport vers les racines est aussi rapide que l'absorption des solutés par les racines. Plus il y a des racines, plus la solution du sol est rapidement épuisée.

L'évolution constante du système racinaire et la bonne colonisation du sol par les racines est un phénomène fondamental de la nutrition minérale des plantes (Skiredj, 2007; Hopkins, 2003 ; Taiz et Zeiger, 2002).

MATERIEL
ET
METHODES

CHAPITRE II - MATERIEL ET METHODES

I - MATERIEL VEGETAL

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) une légumineuse qui appartient à la famille des Phaseolae. Deux variétés ont été retenues pour notre étude Coco Rose (photo2) et El Djadida (photo3). Cette expérimentation a été réalisée dans une serre dont les conditions sont semi contrôlées à l'université d'Oran.



Photo2-Coco Rose



Photo3- El Djadida

II – METHODES

1 - Préparation des pots

Les graines germées sont repiquées dans des pots de 22 cm de hauteur et 20 cm de diamètre, perforés en bas, tapissé par une couche de gravier pour permettre l'évacuation de l'eau en excès (drainage), sur cette couche est déposée une bande à gaze pour retenir le substrat.

2 - Préparation du substrat

Le substrat utilisé est un mélange de sable prélevé au bord de la mer, lavé plusieurs fois à l'esprit de sel puis avec de l'eau distillée. Pour tester la pureté de ce sable, il a été procédé à l'utilisation du nitrate d'argent : formation de précipité blanc, caractéristique des chlorures. Ce sable est étalé sur du papier pour sécher. Dans les pots ce sable est mélangé avec du terreau commercial (2Volume/1Volume).

3 – Protocole expérimental

– La germination des graines

Les graines des deux variétés d'haricot sont stérilisées par trempages successifs dans les bains suivants :

- l'eau de javel pendant 2 minutes
- deux rinçages à l'eau distillée stérile

Ces graines ont été semées dans des alvéoles ne contenant que du terreau puis ont été arrosées à l'eau distillée (pendant 10 jours). Après germination des graines dans les alvéoles, les plantules sont repiquées dans des pots

– Repiquage des graines germées

Après germination en alvéoles et l'apparition de la radicule (5-10 jours) les plantules des deux variétés d'haricot sont repiquées soigneusement et mises en pots à raison de 1 à 2 graines par pot à une profondeur convenable (0,5 à 1 cm) avec un léger tassement, immédiatement arrosées avec de l'eau distillée pour permettre un bon contact sol-graine, puis déposées dans une serre située à l'université d'Oran.

Après l'apparition des premières feuilles, une seule plante par pot est conservée et irriguées à 60% de la capacité de rétention du substrat soit environ 125 ml de solution nutritive par pot déterminés après le calcul de leur capacité de rétention (Annexe1).

L'arrosage est fait trois fois par semaine à l'eau distillée substituée une fois sur trois par une solution nutritive équilibrée de type Hoagland (1938) Tableau 1 (Annexe1) diluée au 1/1000^{ème} couramment utilisée au laboratoire, cet apport est conçu pour éviter l'épuisement des éléments nutritifs et l'accumulation de sels dans le substrat de culture par évaporation de l'eau jusqu'à l'obtention d'un matériel végétal suffisant pour faire les analyses.

– Dispositif expérimental

Nous avons réalisé cette expérimentation à l'aide de 15 pots avec 5 traitements, à raison de 3 pots par traitement (5 répétitions).



Photo 4-Dispositif expérimental adopté à la serre.

– Les traitements salins appliqués

Après 35 jours de germination des graines, l'application de stress est effectuée 1 fois durant la dernière semaine avant le prélèvement des échantillons pour les analyses.

Deux types de traitements salins sont réalisés; l'un au NaCl à 100 meq.l⁻¹ et 200 meq.l⁻¹; le deuxième au NaCl à 100 meq.l⁻¹+ CaCl₂ à 100 meq.l⁻¹ et 150 meq.l⁻¹; les plantes témoins sont irriguées à l'eau distillée substituée une fois sur trois par une solution nutritive de type Hoagland (1938).

L'usage du CaCl₂ dans cette composition s'impose en raison du rôle physiologique du calcium chez les végétaux dans la régulation de la croissance, du développement (Kreimer et *al.*, 1985) et du métabolisme des plantes (Kreimer et *al.*, 1988). En outre, le NaCl associé au CaCl₂ produit un milieu salin (Lesaos, 1978) alors que la solution, avec seulement du NaCl est plutôt sodique (Belkhodja, 1996; Hoffman et *al.*, 1989).

Les solutions salines sont obtenues par l'addition de NaCl et de CaCl₂ à la solution nutritive, dont les proportions indiquées au tableau 2 (Annex1).

Variété El Djadida					
Variété Coco Rose					
Traitement	Solution nutritive	100 meq.l⁻¹ NaCl	200 meq.l⁻¹ NaCl	100 meq.l⁻¹ NaCl + CaCl₂	150 meq.l⁻¹ NaCl + CaCl₂

– **Prélèvement des échantillons et préparation du matériel végétale**

Après avoir déterré les plantes, les organes (feuilles, tiges, racines) sont soigneusement séparées, la partie souterraine rincée à l'eau de robinet puis séchées rapidement à l'aide du papier Joseph afin d'éviter toute contamination avec le substrat de culture.

Chaque organe est pesé à l'aide d'une balance analytique de précision puis enveloppé au papier aluminium numéroté et séché à l'étuve à 80°C pendant 48h. Ensuite les échantillons sont pesés à l'état sec.

– **Détermination de la teneur en eau**

Principe

La teneur en eau est la perte de masse exprimée en pourcentage subit par produit dans les conditions décrites dans la norme.

La teneur en eau des organes est déterminée par la formule :

$$TE(\%) = \frac{Poids\ frais - Poids\ sec}{Poids\ frais} \times 100$$

Les échantillons séchés sont broyés par la suite manuellement à l'aide d'un mortier en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une fine poudre qui sera entreposée ensuite dans des piluliers hermétiquement fermés par des bouchons plasmas et mise dans un congélateur pour la suite des opérations.

– Détermination de la teneur en cendres

Le principe

Le dosage des cendres est basé sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de la température élevée (500°C) (Linden, 1981) jusqu'à ce que les résidus deviennent blancs en refroidissant.

Mode opératoire

Consiste à chauffer dans des creusets en porcelaine 0,1 à 2 g d'échantillon, jusqu'au dégagement d'une fumée noire de bec benzène. Les creusets sont ensuite introduits dans un four à moufle réglé à 600°C pendant 4 h jusqu'à une transformation du contenu en substance blanche grisâtre qui blanchit en refroidissant dans un dessiccateur pour avoir un poids constant, puis on le pèse pour avoir un nouveau poids qui détermine le taux des cendres après la disparition de la matière organique.

Formule et calcul : le taux des cendres est calculé par différence

$$T\% = \frac{P_1 - P_0}{P_E} \times 100$$

Avec : T% : Taux en cendre

P₀: Masse de creuset vide en g

P₁: Masse de creuset + cendre en g (après calcination)

P_E: Masse de l'échantillon sans creuset en g (prises d'essai)

– Analyse des éléments minéraux (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺)

Principe

Le but de la minéralisation c'est la reprise des cendres obtenues précédemment sous forme liquide.

Selon Laurent (1991), le dosage des éléments minéraux répond aux objectifs suivant :

Connaissance de la valeur nutritionnelle par la détermination des éléments majeurs et les Oligo éléments ;

Vérification des taux de certains minéraux.

-Extraction des éléments minéraux

Les procédés d'extraction et de dosage des éléments minéraux sont effectués sur les feuilles, les racines des plantes stressées et témoins par la méthode analytique décrite par (Lafon et al, 1996) et qui consiste à déterminer la composition en éléments d'une plante en procédant d'abord par calcination et puis à la destruction complète de la matière organique (Martin-Prevel et al., 1984), le résidu est ensuite analysé. La poudre végétale finement broyée est homogénéisée puis séchée durant 24 heures à 80°C, elle est ensuite refroidie dans un dessiccateur pendant 30 min.

Une masse de 0,1 g d'échantillon est déposée dans un creuset en porcelaine et placée dans un four à moufle dont sa température sera portée graduellement jusqu'à 500°C et puis maintenue pendant 02 heures jusqu'à l'obtention des cendres blanches.

Les cendres obtenues sont humectées par 02 ml d'acide nitrique (HNO_3) absolue après le refroidissement des creusets. Le tout est mis sur une plaque chauffante afin d'évaporer l'acide et puis remis dans le four à moufle pendant 1 heure, et pour être sûr que toute la matière organique est déminéralisée, 01 ml de l'acide chlorhydrique concentré (HCl) 6N est additionné au contenu de la capsule, ensuite le taux de cendre est déterminé par pesée. La capsule et le filtre sont rincés à l'eau tiède, le mélange obtenu est filtré sur un papier filtre sans cendres dans une fiole jaugée de 50 ml et ajuster au trait de jauge avec de l'eau bi-distillée.

Cette solution se prête aux dosages par spectrophotomètre à flamme pour les deux éléments minéraux à savoir le sodium et le potassium.

Le calcium Ca^{++} est déterminé par la méthode titrimétrique.

-Dosage du sodium et du potassium par le spectrophotomètre à flamme

Pour chaque élément minéral à doser, des solutions étalons à des concentrations connues devons être préparer à partir d'une solution mère 1 g.l^{-1} pour chaque élément, à partir de cette dernière, les solutions filles où solutions étalons peuvent être facilement reproduites.

• Le potassium

Pour préparer une solution standard de potassium, il faut mettre 1 g du chlorure de potassium (KCl) desséché dans une fiole jaugée d'un litre de capacité et compléter le volume avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge.

On détermine la densité optique à (766,5 nm). Les valeurs obtenues sont converties en teneur en Potassium (mg/g PS) à partir de courbe étalon.

• Le sodium

Pour préparer une solution standard de sodium, il faut mettre 1 g du chlorure de sodium (NaCl) desséché dans une fiole jaugée d'un litre de capacité, compléter le volume avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge.

On détermine la densité optique à (589 nm). Les valeurs obtenues sont converties en teneur en sodium (mg/g PS) à partir de courbe étalon.

-Détermination de la teneur du calcium - la méthode Titrimétrique

Principe

L'incinération de la prise d'essai par l'acide chlorhydrique, puis filtration, précipitation du calcium dans le filtrat sous forme d'oxalate de calcium, dissolution du précipité dans l'acide sulfurique et titrage de l'acide oxalique formé à l'aide d'une solution titré de permanganate de potassium.

Mode opératoire

Prise d'essai

Peser de 0,1 g à 5g d'échantillon par essai dans la capsule à incinération.

Détermination

Après incinération de la prise d'essai dans le four à moufle jusqu'à la destruction complète de la matière organique .transporter les cendres dans un bécher de 250 ml, ajouter 40 ml de l'acide chlorhydrique ,60 ml eau distillée et quelques gouttes d'acide nitrique

porter à l'ébullition et l'y maintenir pendant 30 min refroidir et transverse la solution dans une fiole jaugée 250 ml, rincer, compléter le volume jusqu'au trait repère avec l'eau distillée, mélanger et filtrer pour obtenir la solution d'essai.

Prélever à l'aide d'une pipette une partie aliquote contenant 10 à 50 mg de calcium selon la teneur présumée en calcium et verser dans un bécher de 250 ml, ajouter 1ml acide citrique, 5 ml solution de chlorure d'ammonium, compléter le volume à 100 ml environ avec de l'eau distillée, porter à l'ébullition, ajouter de 8 à 10 gouttes de la solution de vert de Bramocrésol et 30 ml de la solution d'oxalate d'ammonium chaude, si un précipité apparaît, le dissoudre par addition de quelques gouttes de l'acide chlorhydrique.

Neutraliser ensuite très lentement par l'ammoniac en agitant constamment jusqu'à l'obtention d'un PH de 4,4 à 4,6 (virage d'indicateur). Placer le bécher dans un bain d'eau bouillante et l'y maintenir durant 30 min afin de laisser déposer le précipité formé. Retirer le bécher du bain d'eau, laisser reposer durant 1 heure et filtrer dans un creuset filtrant. Laver le bécher et le creuset à l'eau distillée jusqu'à l'élimination complète de l'excès d'oxalate d'ammonium (l'absence de chlorure dans les eaux de lavage indique que le lavage a été suffisant), mettre le creuset dans un bécher de 250 ml ou une fiole à large ouverture et dissoudre le précipité avec 80 ml d'acide sulfurique chaude, compléter le volume avec de l'eau pour obtenir environ 100 ml et chauffer de 70 à 80 °C.

Titre goutte à goutte la solution chaude avec la solution titrer de permanganate de potassium jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 1 min. (Soit V ce volume)

Formule et calcul

$$\text{Teneur Ca}^{++} = \frac{20,04 \times V \times C}{m} \times \frac{250}{V'}$$

V : volume en millilitre de la solution titrée de permanganate de potassium utilisé.

V' : volume en millilitre de la partie aliquote prélevée.

C : concentration exacte en mol /litre de la solution titrée de permanganate de potassium.

m : masse en gramme de la prise d'essai.

4 -Analyse statistique

Le traitement statistique a été effectué à l'aide du logiciel SPSS, dont les données obtenues ont été soumises à une analyse de la variance ; avec deux variétés de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L., 4 traitements salins (100 meq.l⁻¹ de NaCl, 200 meq.l⁻¹ de NaCl, 100 meq.l⁻¹ de NaCl+100 meq.l⁻¹ de CaCl₂ et 100 meq.l⁻¹ de NaCl+150 meq.l⁻¹CaCl₂) et un témoin.

Le test de Fisher est appliqué pour dévoiler la différence entre les moyennes des traitements salins adoptés et le traitement témoin d'une part et entre les feuilles et les racines d'autre part. Les valeurs sont mentionnées dans le tableau par leur moyenne plus ou moins leur écart type suivie par une analyse de corrélation.

RESULTATS

CHAPITRE III – REPONSES DES PLANTES AU STRESS SALIN

I – COMPORTEMENT DES PLANTES SOUS STRESS AU NaCl et au NaCl+CaCl₂1 – Réponses des plantes d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variété El Djadida

a. Poids frais des trois organes de la plante

▪ Sous traitement de NaCl

Dans l'ensemble, le poids frais aérien (feuilles+tiges) est supérieur que celui des racines. Entre les différentes moyennes mesurées, la biomasse fraîche de cette variété en présence du stress salin de 100 meq.l⁻¹ de NaCl dans le milieu entraîne des diminutions faibles du poids frais de la biomasse des feuilles (4,01 g) par rapport aux valeurs enregistrées dans le traitement témoin (4,75 g). Une sensible baisse du poids frais des tiges est enregistrée sous ce traitement (1,03g) alors que le poids de la partie racinaire prend une valeur plus élevée (1,56g) par rapport au témoin (1,31g).

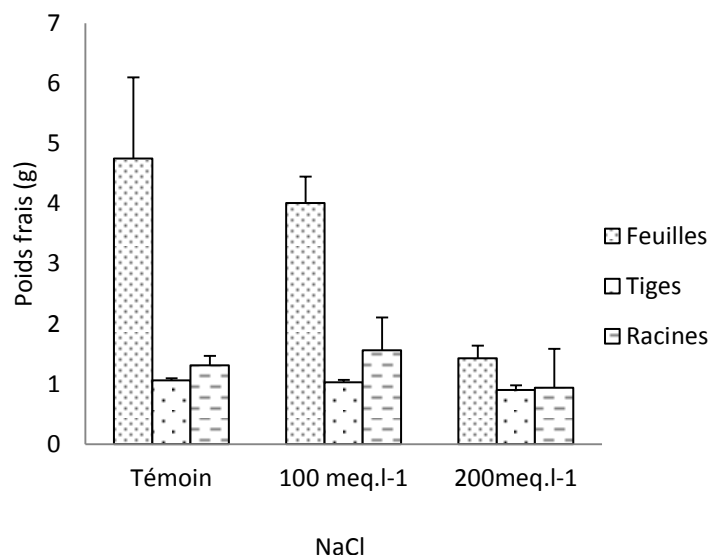


Fig. 2 - Poids frais (g) après une semaine de stress au NaCl des feuilles, des tiges et des racines des plantes d'haricot de la variété El Djadida âgées de 45 jours.

L'augmentation de la concentration du NaCl à 200 meq.l⁻¹ dans la solution d'arrosage entraîne chez cette variété une baisse importante des poids frais respectivement pour tous les organes de la plante, feuilles, tiges et racines (1,43g), (0,90 g), (0,94g).

▪ Sous traitement de NaCl+CaCl₂

La présence du CaCl₂ dans le milieu de culture des plantes provoque des valeurs plus proche par rapport au témoin, les feuilles avec 4,48g, les tiges avec 1,07 g et les racines avec 1,35g ce qui confirme son effet positif sur cette variété.

La même tendance semble également se manifester à la hausse dans le traitement amendé avec du CaCl_2 à 150 meq.l^{-1} au NaCl avec des valeurs légèrement supérieures pour les feuilles (4,49g), les tiges (1,10g) et les racines (1,45g) dépassent les valeurs du témoin.

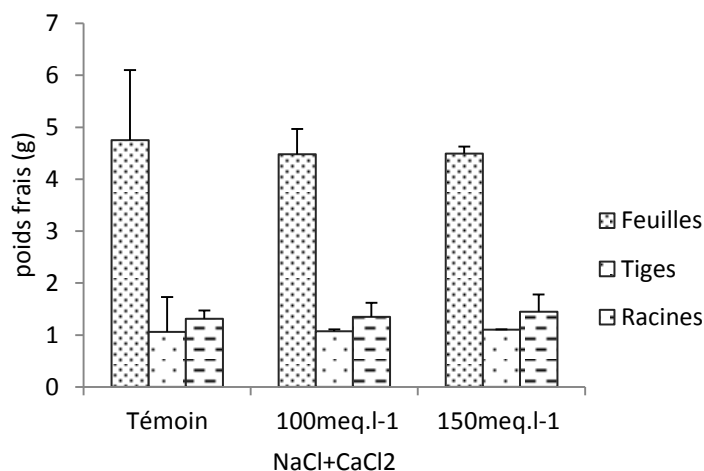


Fig .3 - Poids frais (g) après une semaine de stress au $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ des feuilles, des tiges et des racines des plantes d'haricot de la variété El Djadida âgées de 45 jours.

L'analyse statistique tableau 2 relève l'effet significatif sur les feuilles et les tiges de la variété El Djadida seulement sous l'effet de la concentration salines à 200 meq.l^{-1} de NaCl , ainsi les racines ne présentent aucune signification quelle que soit la concentration en NaCl seul ou combiné au CaCl_2 . Toutefois la différence reste significative entre les tiges et les racines par rapport au feuilles du même traitement.

Tableau 2 -Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ du poids frais des feuilles, tiges et racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **El Djadida** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$.

	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq. l ⁻¹	200 meq. l ⁻¹	meq. l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq. l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	4,75±1,35	4,01±0,44	1,43±0,21 **	4,48±0,49	4,49±0,14
Tiges	1,06±0,04*	1,03±0,04*	0,90±0,08* **	1,07±0,04*	1,10±0,01*
Racines	1,31±0,16*	1,56±0,55*	0,94±0,65*	1,35±0,27*	1,45±0,33*

Les valeurs écrites dans les cases des tableaux sont représentées par les moyennes statistiques des données associées à leurs écarts type pour chaque organe.

** Effet significatif de la salinité sur le paramètre en étude.

* Effet significatif par rapport aux feuilles (effet organe).

b. Poids sec des trois organes de la plante

▪ Sous traitement de NaCl

La production moyenne du poids sec aérien des feuilles passe de 1,08 g sous le traitement sans sel à 0,98 g en présence de 100 meq.l⁻¹ de NaCl, le poids sec des tiges est plus proche du témoin mais il est relativement faible. En absence de sel dans le milieu de culture, le poids sec racinaire passe de 0,59 g à 0,51 g sous le traitement de 100 meq.l⁻¹ de NaCl, soit une sensible réduction faible par rapport au témoin.

L'augmentation de la concentration du NaCl à 200 meq.l⁻¹ provoque de notables réductions du poids sec chez tous les organes de la variété El Djadida à un niveau très faible, le poids sec a chuté respectivement de 0,56 g, 0,5 g et 0,29 g chez les feuilles, les tiges et les racines.

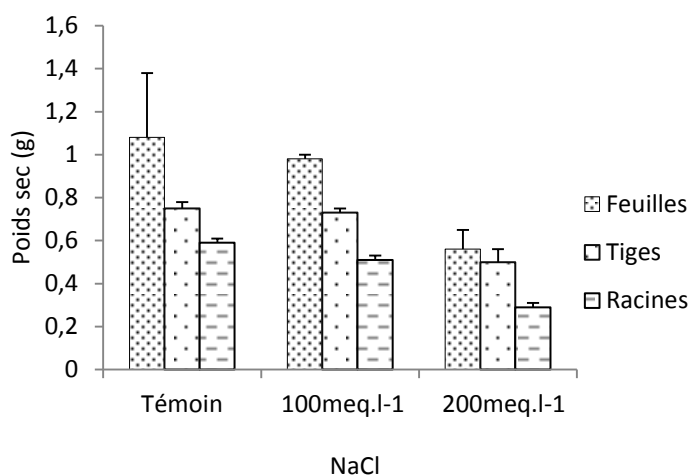


Fig. 4- Poids sec (g) après une semaine de stress au NaCl des feuilles, des tiges et des racines des plantes d'haricot de la variété El Djadida âgées de 45 jours .

▪ Sous traitement de NaCl+CaCl₂

Sous le traitement combiné de 100 meq.l⁻¹ CaCl₂ et du NaCl, les valeurs enregistrées chez les différents organes présentent la même allure que le traitement témoin mais la valeur des tiges (0,74g) et des racines (0,52g) restent relativement faibles à celle des feuilles (1,04g).

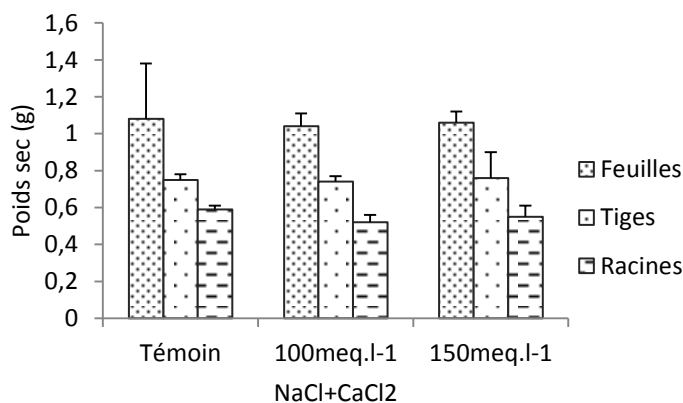


Fig .5 - Poids sec (g) après une semaine de stress au NaCl+CaCl₂ des feuilles, des tiges et des racines des plantes de la variété El Djadida âgées de 45 jours

L'élévation de la concentration du CaCl_2 à 200 meq.l^{-1} augmente sensiblement le poids sec foliaire à $1,06 \text{ g}$ et racinaire à $0,55 \text{ g}$.

L'analyse statistique du tableau 3, montre l'effet significatif du NaCl à 200 meq.l^{-1} sur le poids sec aérien (feuilles-tiges) chez la variété El Djadida. Les racines présentent une haute signification aux différentes concentrations de NaCl et au traitement combiné au CaCl_2 à 100 meq.l^{-1} . Le poids sec des tiges n'exprime aucune signification comparativement aux feuilles sur le traitement de NaCl 200 meq.l^{-1} .

Tableau 3-Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ du poids sec des feuilles, tiges et racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **El Djadida**, âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$.

	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq. l ⁻¹	200 meq. l ⁻¹	meq. l ⁻¹ CaCl_2	150 meq. l ⁻¹ CaCl_2
Feuilles	$1,08 \pm 0,30$	$0,98 \pm 0,02$	$0,56 \pm 0,09$ **	$1,04 \pm 0,07$	$1,06 \pm 0,06$
Tiges	$0,75 \pm 0,03^*$	$0,73 \pm 0,02^*$	$0,50 \pm 0,06$ **	$0,74 \pm 0,03^*$	$0,76 \pm 0,14^*$
Racines	$0,59 \pm 0,02^*$	$0,51 \pm 0,02^*$ **	$0,29 \pm 0,03^*$ **	$0,52 \pm 0,03^*$ **	$0,55 \pm 0,06^*$

c. Caractéristiques minérales

- **Taux des cendres des trois organes de la plante**
 - **Sous traitement de NaCl**

Les racines de la variété El Djadida sont plus riches en cendres lorsqu'elles reçoivent seulement de la solution nutritive que les tiges et les feuilles soit des taux respectifs de 41,74% contre 19,67% et 38,44%.

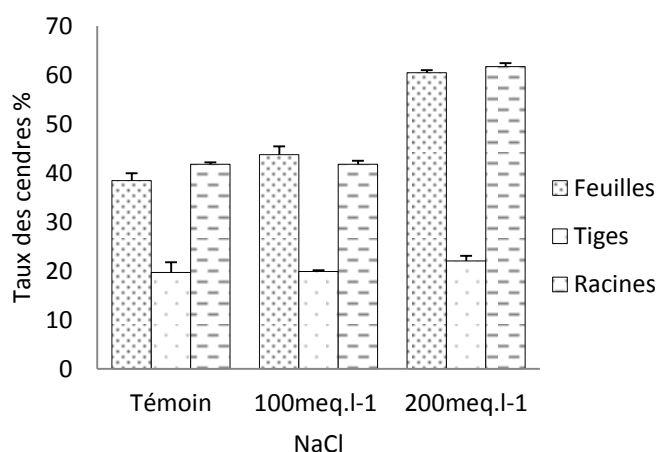


Fig .6-Taux des cendres des plantes de haricot de la variété El Djadida mesuré après 8 jours de stress au NaCl à différentes concentrations.

L'application de sel rend les teneurs foliaires en cendres plus importantes chez la plupart des traitements salins allant de 43,74% de 100 meq.l⁻¹ de NaCl au 60,44% de 200 meq.l⁻¹ de NaCl, tandis que les tiges et les racines ont enregistré respectivement 19,83% et 41,76 % de cendres de 100 meq.l⁻¹ de NaCl au 22% et 61,72% de 200 meq.l⁻¹ de NaCl. Les tiges et les racines paraissent insensibles au traitement de 100 meq. l⁻¹ du NaCl.

■ Sous traitement de NaCl+CaCl₂

En présence de CaCl₂ à 100 meq.l⁻¹ dans le milieu, les teneurs en cendres augmentent dans les feuilles et les tiges de la variété El Djadida pour atteindre respectivement 57,67% et 32,77 %. L'accumulation des cendre au niveaux des racines est de 44,26%.

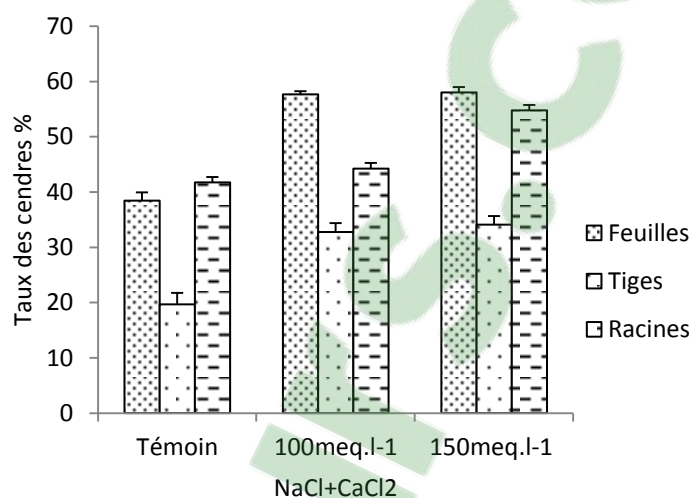


Fig .7- Taux des cendres des plantes de haricot de la variété El Djadida mesuré après 8 jours de stress au NaCl+CaCl₂ à différentes concentrations.

Lorsque la solution saline arrive à 100 meq.l⁻¹ de NaCl + 150 meq.l⁻¹ CaCl₂, les éléments minéraux s'accumulent davantage dans les racines (54,78%) car les taux des feuilles et les tiges restent inchangées par rapport au 1^{er} traitement combiné de 58% pour les feuilles et 34,11% pour les tiges.

L'analyse statistique du tableau 4 conclut des variations significatives des taux des cendres des tiges et des racines au traitement à 200 meq.l⁻¹ de NaCl et dans les deux traitements amendés par le CaCl₂. Les feuilles présentent une haute signification des taux des cendres chez tous les traitements appliqués. La différence reste significative entre tiges et feuilles du même traitement. Le taux des cendres des racines ne présente aucune signification comparativement au taux des cendres des feuilles au traitement salin de NaCl seul.

Tableau 4- Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des taux des cendres des feuilles, tiges et racines des plantes *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **El Djadida**, âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

	Témoin	NaCl		100 meq. l ⁻¹ NaCl	
		100 meq. l ⁻¹	200 meq. l ⁻¹	100 meq. l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq. l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	34,44±1,50	43,74±1,67 **	60,44±0,51 **	57,67±0,58 **	58,00±1,00 **
Tiges	19,69±2,08*	19,83±0,29 *	22,00±1,06* **	32,77±1,59* **	34,11±1,54* **
Racines	41,74±0,44*	41,76±0,70	61,72±0,67 **	44,26±1,74* **	54,78±0,69* **

- **Teneurs en sodium des feuilles et des racines des plantes**

- **Sous traitement de NaCl**

Les racines de la variété El Djadida souscrivent des teneurs en sodium plus élevées (43,96 mg.g⁻¹ PS) que celles des feuilles (11,22 mg.g⁻¹ PS), ainsi que cette répartition de l'ion est observée chez l'ensemble des traitements.

Après l'addition de 100 meq.l⁻¹ de NaCl les teneurs en ce cation augmentent dans les feuilles et les racines pour atteindre 15,88 mg.g⁻¹ PS et 45,74 mg.g⁻¹ PS.

Ces teneurs évoluent plus lorsque la concentration en NaCl devient 200 meq.l⁻¹ pour atteindre 27,96 mg.g⁻¹ PS dans les feuilles et 52,2 mg.g⁻¹ PS dans les racines.

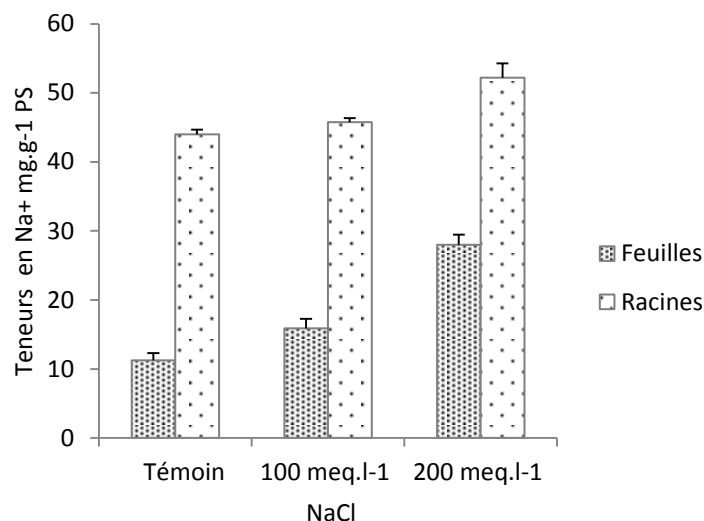


Fig .8-Teneurs en Sodium des plantes de haricot de la variété El Djadida à différentes concentrations de NaCl.

- **Sous traitement de NaCl+CaCl₂**

Chez la variété El Djadida, dans le traitement qui a reçu une concentration combinée de NaCl et de CaCl₂ à 100 meq.l⁻¹, le sodium est accumulé davantage dans les feuilles (16,63 mg.g⁻¹ PS) que dans les racines (41,31 mg.g⁻¹ PS).

Par contre, dans le milieu stressé à 100 meq.l⁻¹ NaCl+150 meq.l⁻¹ CaCl₂, la charge du sodium absorbé par la plante diminue fortement dans les feuilles (9,23 mg.g⁻¹ PS) et les racines (32,63 mg.g⁻¹ PS).

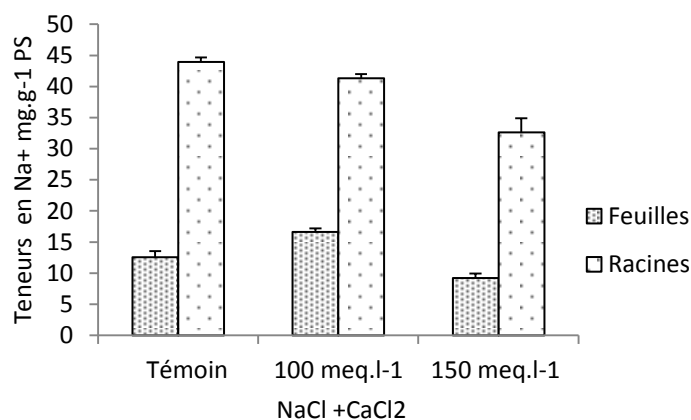


Fig .9 - Teneurs en Sodium des plantes de haricot de la variété El Djadida à différentes concentrations de NaCl+CaCl₂

L'analyse statistique du tableau 5 indique des variations statistiquement significatives de la teneur en sodium des racines sous le NaCl à 200 meq.l⁻¹ et les deux traitements à des concentrations combinées au CaCl₂; les feuilles paraissent sensibles à l'accumulation du sodium ce qui explique la haute signification à la hausse sous tous les traitements après l'application du NaCl. Le traitement combiné à 150 meq.l⁻¹ de CaCl₂ présente une signification à la baisse au niveau des feuilles et des racines

La différence reste significative entre organes du même traitement.

Tableau 5-Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des teneurs en **sodium** des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **El Djadida**, âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		100 meq. l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	11,22±1,1	15,88±1,4 **	27,96±1,49 **	16,63±0,55 **	9,23±0,73 **
Racines	43,96±0,7*	45,41±0,6*	52,20±2,27* **	41,31±0,70* **	32,63±2,28* **

• Teneurs en potassium des feuilles et des racines des plantes

▪ Sous traitement de NaCl

Les teneurs en potassium sont les plus élevées dans les feuilles de la variété El Djadida dans tous les traitements étudiés.

Les teneurs foliaires en potassium obtenues chez les plantes témoins ($40,83 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$) sont 2 fois supérieures à celles des racines ($21,6 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$).

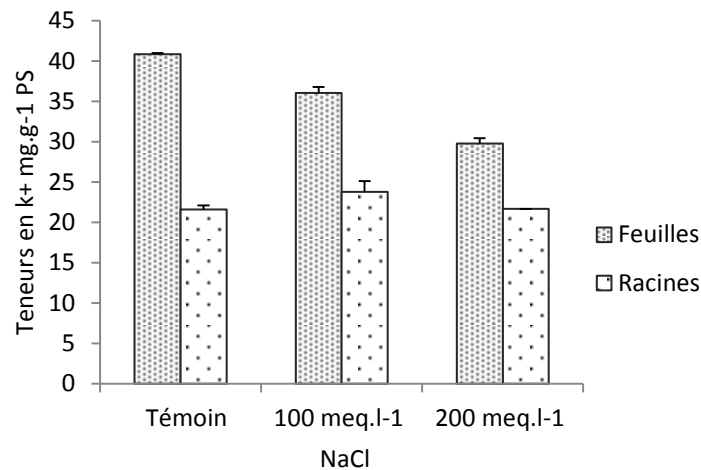


Fig.10- Teneurs en Potassium des plantes de haricot de la variété El Djadida à différentes concentrations de NaCl

La salinité de la solution d'arrosage de 100 meq.l^{-1} de NaCl entraîne une baisse discrète des teneurs foliaires en K^+ alors que celles des racines paraissent insensibles au sel même avec l'augmentation de la concentration de NaCl à 200 meq.l^{-1} , mais les charges des feuilles tombent respectivement à $29,78 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$ à cette concentration.

▪ Sous traitement de $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$

La teneur foliaire et racinaire s'est élevée significativement et respectivement à $42,17 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$ et $34,43 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$ par l'addition du NaCl et de CaCl_2 à 100 meq.l^{-1} ,

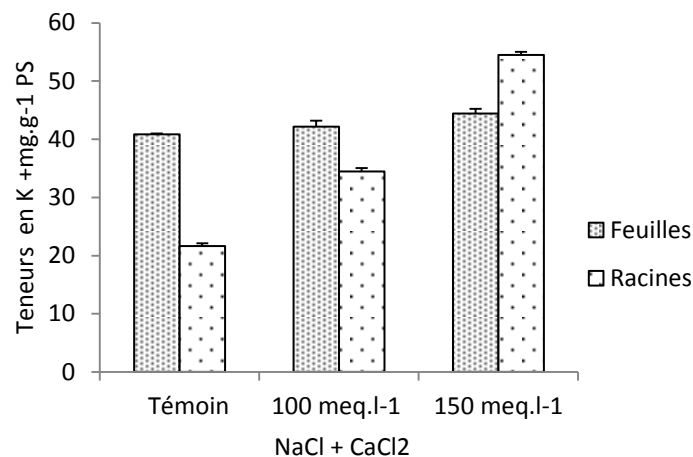


Fig .11 - Teneurs en Potassium des plantes de haricot de la variété El Djadida à différentes concentrations de NaCl+CaCl₂

bien que, ces charges ont une tendance à augmenter encore plus lorsque la solution saline est composée de 100 meq.l⁻¹ NaCl+150 meq.l⁻¹ CaCl₂ avec 44,43 mg.g⁻¹ PS des feuilles et 54,48 mg.g⁻¹ PS des racines .

L'analyse statistique du tableau 6 expose des différences statistiquement significatives chez les deux organes par les divers traitements appliqués à l'exception des racines à 200 meq.l⁻¹ de NaCl.

La différence reste toujours significative entre racines et feuilles du même traitement.

Tableau 6-Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des teneurs en **potassium** des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **El Djadida**, âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		100 meq. l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	40,83±0,17	36,05±0,75 **	29,78±0,69 **	42,17±1,04 **	44,43±0,81 **
Racines	21,60±0,53*	23,78±1,35* **	21,67±0,94*	34,43±0,60* **	54,48±0,56* **

- **Teneurs en calcium des feuilles et des racines des plantes**

- **Sous traitement de NaCl**

L'application du NaCl à 100 meq.l⁻¹ a réduit la teneur en calcium des feuilles de 41,11 mg.g⁻¹ PS à 25,1mg.g⁻¹ PS et la charge racinaire reste autour de 20 mg.g⁻¹ PS.

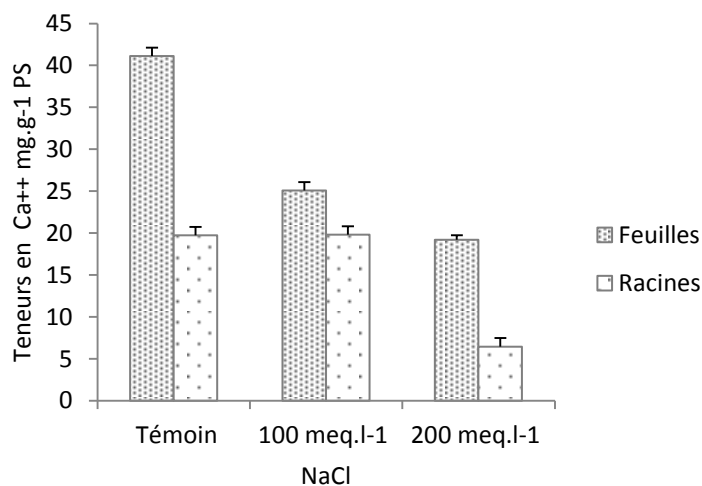


Fig.12 -Teneurs en Calcium des plantes de haricot de la variété El Djadida à différentes concentrations de NaCl.

L'emploi du NaCl à 200 meq.l⁻¹ provoque des diminutions notables chez les feuilles (19,21 mg.g⁻¹ PS) et surtout pour les racines (6,46 mg.g⁻¹ PS).

■ Sous traitement de NaCl+CaCl₂

L'addition du CaCl₂ à 100 meq.l⁻¹ au NaCl augmente les charges des deux organes en cet ion avec 42,98 mg.g⁻¹ PS pour les feuilles et 24,17 mg.g⁻¹ PS pour les racines. Lorsque la concentration en CaCl₂ passe à 150 meq.l⁻¹ en améliorant davantage ces teneurs (44,6 mg.g⁻¹ PS et 33,6 mg.g⁻¹ PS).

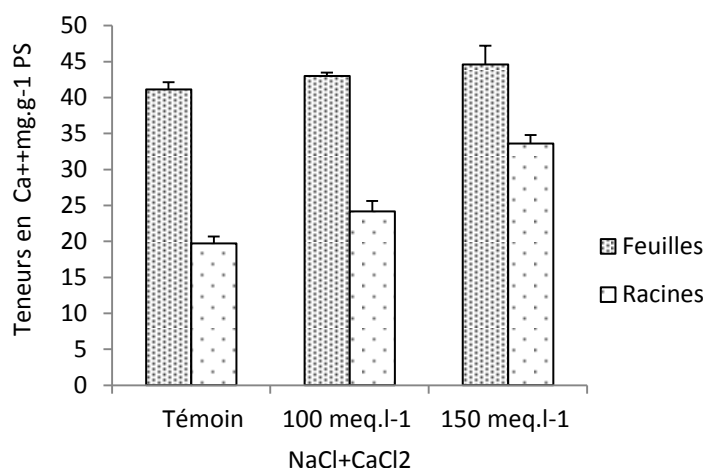


Fig .13 - Teneurs en Calcium des plantes de haricot de la variété El Djadida à différentes concentrations de NaCl+CaCl₂

L'analyse statistique mentionnée au tableau 7 montre des différences statistiquement significatives dans l'oscillation des données obtenues sur la teneur en calcium au niveau foliaires à la baisse au traitement de NaCl et à la hausse au traitement combiné au CaCl₂. Les mêmes allures sont observées pour les racines à l'exception du premier traitement de NaCl qui ne présente aucune signification.

La différence reste toujours significative entre racines et feuilles du même traitement.

Tableau 7-Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des teneurs en **calcium** des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **El Djadida**, âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		100 meq. l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	41,11±1,02	25,10±0,98 **	19,21±0,52 **	42,98±0,47 **	43,60±2,61 **
Racines	19,72±0,72*	19,80±0,75*	6,46±0,59* **	24,17±1,44* **	33,60±1,21* **

2 – Réponses des plantes d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variété **Coco Rose**

a. Poids frais des trois organes de la plante

▪ Sous traitement de NaCl

Chez Coco Rose la partie aérienne est plus développer que la partie racinaire dans tous les traitements mais en présence de stress salin de 100 meq.l⁻¹ NaCl dans le milieu une forte réduction se produit pour tous les organes, feuilles, tiges et racines avec des valeurs respectivement de (2,57g), (1,08g) et (0,98g) par rapport au témoin (6,23g), (1,48g) et (1,06g).

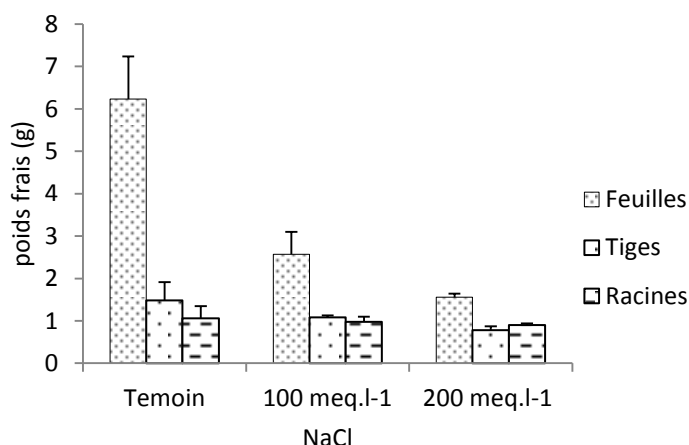


Fig.14 - Poids frais (g) après une semaine de stress au NaCl des feuilles, des tiges et des racines des plantes de la variété Coco Rose âgées de 45 jours.

L'augmentation de la concentration à 200 meq.l⁻¹ de NaCl réduit le poids frais aussi bien marqué que le 1^{er} traitement salin. Cette baisse touche au tant les feuilles avec 1,56g par rapport au témoin 6,23 g.

▪ Sous traitement de NaCl+CaCl₂

L'addition de CaCl₂ à 100 meq.l⁻¹ au NaCl n'a pas amélioré le poids frais ni aérien ni souterrain avec des diminutions au niveau des feuilles, tiges et racines (2,43g), (1,06g) et (0,99g).

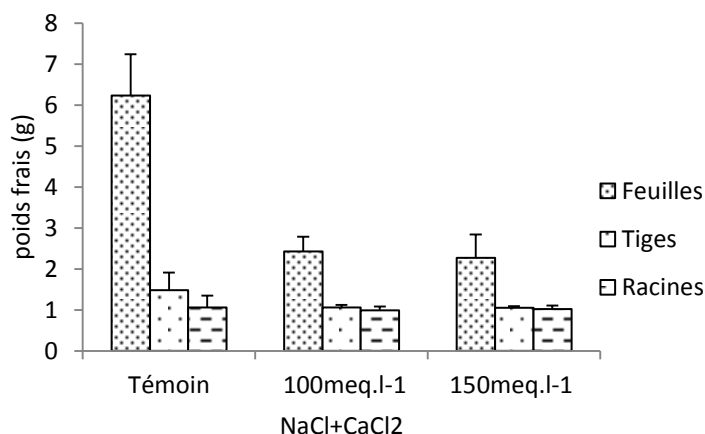


Fig .15 - Poids frais (g) après une semaine de stress au NaCl+CaCl₂ des feuilles, des tiges et des racines des plantes d'haricot de la variété Coco Rose âgées de 45 jours.

L'Augmentation de la concentration du traitement combiné à 150 meq.l⁻¹ CaCl₂ au NaCl entraîne des diminutions faibles par rapport au 1er traitement combiné au niveau des feuilles et des tiges avec 2,27 g et 1,05 g en revanche elle augmente celle des racines (1,02g).

L'analyse statistique illustré dans le tableau 8 montre l'effet significative du traitement salin à différentes concentrations de NaCl même combinés avec le CaCl₂ sur le poids frais aériens (feuilles-tiges) de la variété Coco Rose .les racines ne présentent aucune signification et la différence reste significative entre organes du même traitement.

Tableau 8 -Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ du poids frais des feuilles, tiges et racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq. l ⁻¹	200 meq. l ⁻¹	meq. l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq. l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	6,23±1,01	2,57±0,53 **	1,56±0,08 **	2,43±0,36 **	2,27±0,57 **
Tiges	1,48±0,43*	1,08±0,05* **	0,78 ±0,09* **	1,06±0,06* **	1,05±0,04* **
Racines	1,06±0,29*	0,98±0,12*	0,90±0,04*	0,99±0,09*	1,02±0,09*

b. Poids sec des trois organes de la plante

▪ Sous traitement de NaCl

Les résultats du graphe de la figure 16 montre une diminution du poids sec racinaire (0,27 g) et aérien avec 0,51g pour les feuilles et 0,32g pour les tiges par rapport au témoin pour la concentration de 100 meq.l⁻¹ NaCl été constatée.

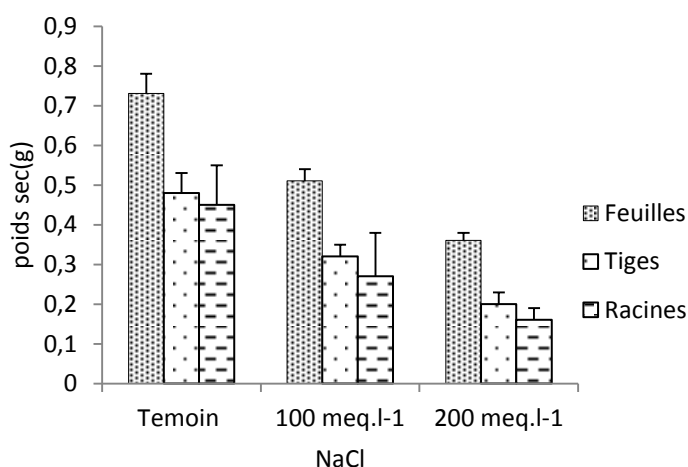


Fig .16 - Poids sec (g) après une semaine de stress au NaCl des feuilles, des tiges et des racines des plantes d'haricot de la variété Coco Rose âgées de 45 jours.

La réduction du poids sec en situation de stress salin avec un effet bien marqué par la concentration de 200 meq.l⁻¹ de NaCl de tous les organes, feuilles (0,36g), tiges (0,20 g) et racines (0,16g). Il semble donc que la partie aérienne soit plus touchée par la salinité que la partie souterraine.

▪ **Sous traitement de NaCl+CaCl₂**

Le poids sec des plantes de la variété Coco Rose est réduit en présence de CaCl₂ et du NaCl à 100 meq.l⁻¹. La concentration de sel cause une inhibition de croissance pour tous les organes feuilles, tiges et racines de l'ordre de (0,5g), (0,4g) et (0,17g) même en présence de CaCl₂.

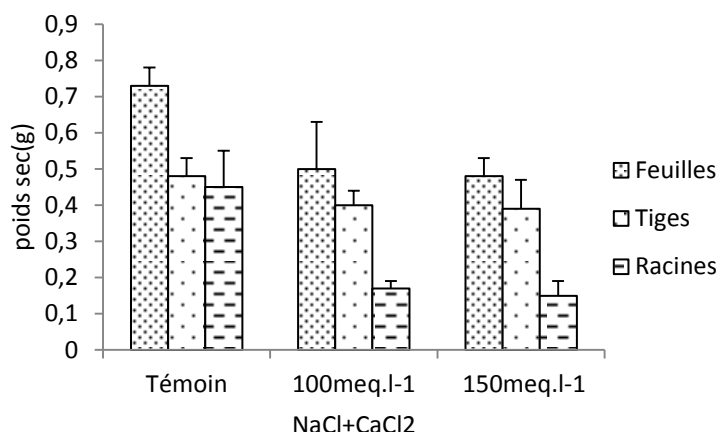


Fig .17 - Poids sec (g) après une semaine de stress au NaCl+CaCl₂ des feuilles, des tiges et des racines des plantes d'haricot de la variété Coco Rose âgées de 45 jours

La forte concentration de CaCl₂ à 150 meq.l⁻¹ et du NaCl cause des réductions faibles du poids sec aérien et souterrain par rapport au 1^{er} traitement combiné mais reste inférieure aux témoins.

L'analyse statistique du tableau 9 montre qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes mesurées du poids sec aérien et racinaire de cette variété quelle que soit le traitement, seul les tiges à 100 meq.l⁻¹ de CaCl₂ au NaCl n'expriment aucune signification même comparativement au poids sec des feuilles.

Tableau 9-Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ du poids sec des feuilles, tiges et racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L .de la variété **Coco Rose** , âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq. l ⁻¹	200 meq. l ⁻¹	100 meq. l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq. l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	0,73±0,05	0,51±0,03 **	0,36±0,02 **	0,50±0,13 **	0,48±0,05 **
Tiges	0,48±0,04*	0,32±0,03* **	0,20±0,03* **	0,40±0,04	0,39±0,08* **
Racines	0,45±0,10*	0,27±0,11* **	0,16±0,03* **	0,17±0,02* **	0,15±0,04* **

c. Caractéristiques minérales

• Taux des cendres des trois organes de la plante

▪ Sous traitement de NaCl

Chez Coco Rose, les teneurs foliaires en cendres sont les plus élevées chez la plupart des traitements et enregistrent sur le traitement témoin 42,11% tandis que les tiges et les racines enregistrent respectivement (20,34%) et (41,00%) de cendres.

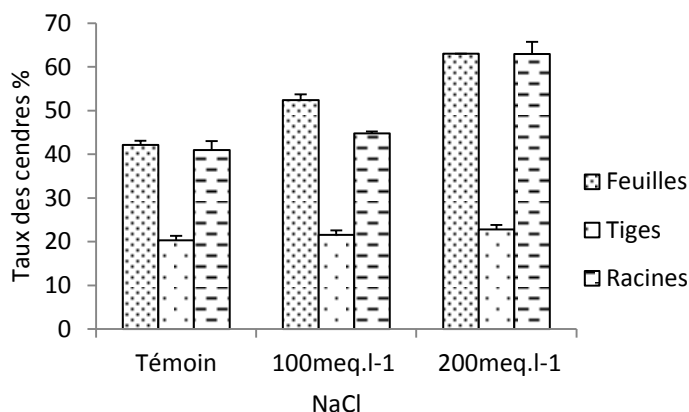


Fig .18 - Taux des cendres des plantes de haricot de la variété Coco Rose mesuré après 8 jours de stress au NaCl à différentes concentrations.

La salinité de la solution d'arrosage par du NaCl à 100 meq.l⁻¹ entraîne une augmentation discrète des teneurs foliaires en cendre à 52,41 % et racinaire à 44,81% alors que celles des tiges est de 21,55%.

L'élévation de la concentration du NaCl à 200 meq.l⁻¹ stimule les feuilles, les racines et les tiges à accumuler les teneurs les plus hautes en cendres et enregistrent respectivement 63%, 62,93 % et 22,80% de ces composés.

▪ Sous traitement de NaCl+CaCl₂

En présence de CaCl₂ dans le milieu de culture de la variété Coco Rose, les teneurs en cendres augmentent dans les feuilles, les tiges et les racines dans les deux traitements combinés avec accumulation d'avantage dans les feuilles avec des taux élevés des cendres.

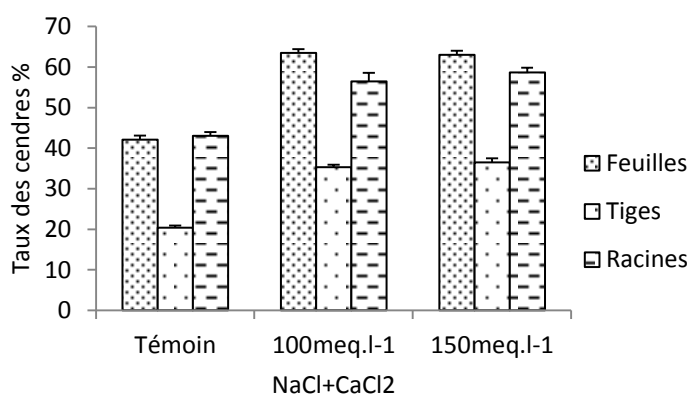


Fig .19 - Taux des cendres des plantes de haricot de la variété Coco Rose mesuré après 8 jours de stress au NaCl+CaCl₂ à différentes concentrations.

Les feuilles paraissent sensibles à l'accumulation des cendres chez tous les traitements salins appliqués et chez les deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L.

L'analyse statistique du tableau 10 présente des variations significatives des taux des cendres des feuilles et des racines de la variété Coco rose aux différents traitements appliqués, cette analyse indique par ailleurs que le taux des cendres dans les racines présente une différence significative comparativement au feuilles à l'exception du témoin et à 200 meq .l⁻¹ de NaCl. Le taux de cendres des tiges montre une signification au traitement salin à 200 meq .l⁻¹ de NaCl et aux traitements amendés au CaCl₂ pour les deux concentrations .La différence reste significative entre tiges et feuilles du même traitement

Tableau 10- Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des taux des cendres des feuilles, tiges et racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	42,11±1,02	52,41±1,30 **	63,00±0,01 **	63,44±0,96 **	63,00±1,00 **
Tiges	20,34±0,58*	21,55±1,70*	22,80±0,45* **	35,28±0,63* **	36,45±1,06* **
Racines	41,00±2,00	44,81±0,40* **	62,93±2,83 **	56,44±2,14* **	58,67±1,15* **

- **Teneurs en sodium des feuilles et des racines des plantes**
 - **Sous traitement de NaCl**

Des augmentations proportionnelles de cette teneur pour la variété Coco Rose sont signalées sous tous les traitements salins dans les deux organes avec 24,17 mg et 50,78 mg.g⁻¹ PS sous stress à 100 meq.l⁻¹ de NaCl des feuilles et des racines par rapport au témoin avec 13,61 mg et 45,33 mg.g⁻¹ PS.

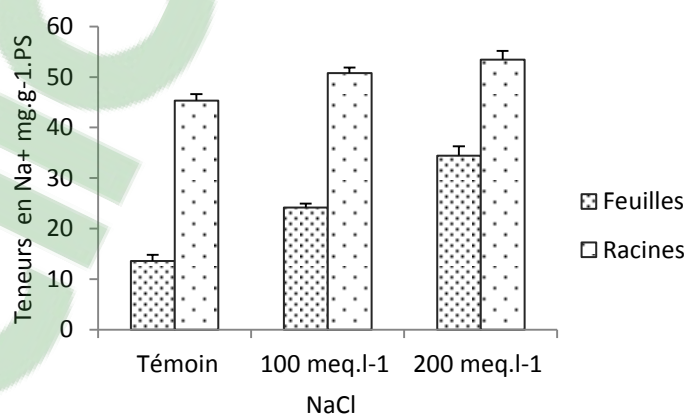


Fig .20 -Teneurs en Sodium des plantes de haricot de la variété Coco Rose à différentes concentrations de NaCl

La teneur de Na^+ en concentration saline de NaCl à 200 meq.l^{-1} devient plus élevée dans les feuilles ($34,45 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$) et dans les racines ($53,44 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$) que dans les organes des plantes témoins.

▪ Sous traitement de $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$

Dans le traitement qui reçoit une concentration combinée de NaCl et de CaCl_2 à 100 meq.l^{-1} une augmentation de la teneur en sodium dans les tissus foliaires et racinaires de $27,27 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$ et $53,94 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$ par rapport au témoin de $13,61 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$ et $45,33 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$

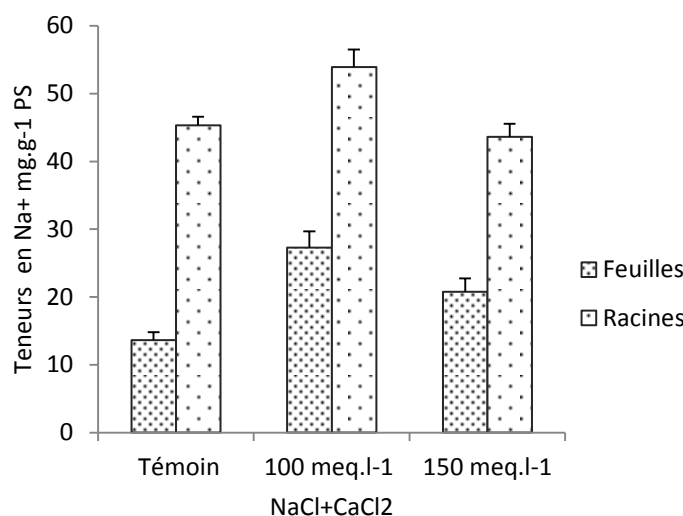


Fig .21 - Teneurs en Sodium des plantes de haricot de la variété Coco Rose à différentes concentrations de $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$.

Par augmentation de la concentration de CaCl_2 à 150 meq.l^{-1} au NaCl, une réduction se produit par rapport au 1^{er} traitement combiné des feuilles et des racines avec des valeurs respectivement de $20,78 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$ et $43,61 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$, mais par rapport au témoin les feuilles sont toujours accumulées par cet ion.

L'analyse statistique du tableau 11 de la variété Coco Rose révèle des effets significatifs du facteur traitement sur l'accumulation de la teneur en sodium des feuilles et des racines, sauf le traitement de $150 \text{ meq.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$ au NaCl ne présente aucune signification sur la teneur de cet ion dans les racines.

La différence reste toujours significative entre organes du même traitement

Tableau 11-Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des teneurs en **sodium** des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

Organe	Témoin	Salinité			
		NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	13,61±1,21	24,17±0,76 **	34,46±1,85 **	27,27±2,41 **	20,78±1,95 **
Racines	45,33±1,26*	50,78±1,07* **	53,44±1,71* **	53,94±2,58* **	43,61±1,94*

- **Teneurs en potassium des feuilles et des racines des plantes**

- **Sous traitement de NaCl**

La quantité de K⁺ accumulée dans les feuilles de Coco Rose est fortement diminuée quand le milieu contient le NaCl à 100 meq.l⁻¹ de 37,5 mg.g⁻¹ PS du témoin au 24,64 mg.g⁻¹ PS. Les racines entraînent une réduction faible de 20,61 mg.g⁻¹ PS par rapport au témoin 21,2 mg.g⁻¹ PS.

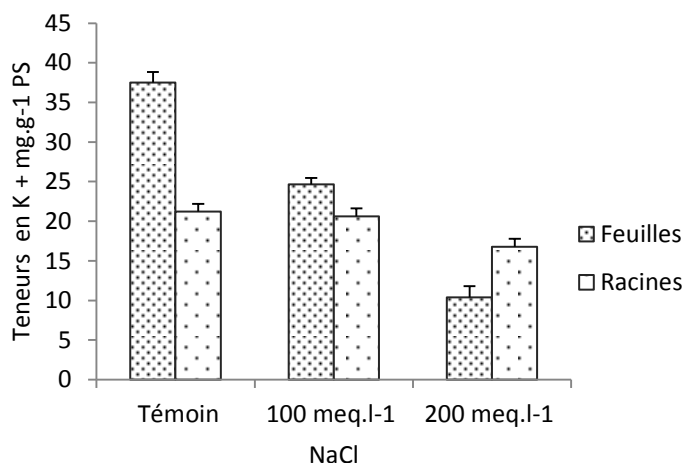


Fig.22 -Teneurs en potassium des plantes de haricot de la variété Coco Rose à différentes concentrations de NaCl

Les concentrations salines appliquées de NaCl à 200 meq.l⁻¹ provoquent encore une réduction très forte qui touche le plus la teneur accumulée de cet ion chez les feuilles que les racines, respectivement avec des teneurs de 10,39 mg.g⁻¹ PS et 16,39 mg.g⁻¹ PS.

- **Sous traitement de NaCl+CaCl₂**

Chez Coco Rose l'application d'un stress salin de NaCl combiné au CaCl₂ à 100 meq.l⁻¹ entraîne une diminution de la teneur de potassium dans les feuilles à 19,72 mg.g⁻¹ PS, ainsi que cet ion augmente, mais d'une valeur sensible dans les racines de la variété Coco Rose à 23,11 mg.g⁻¹ PS.

Le stress salin NaCl combiné de CaCl_2 à 150 meq.l^{-1} augmente l'accumulation du potassium d'avantage dans les racines ($32,83 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$) que les feuilles ($22,61 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$), ces derniers restent toujours inférieurs par rapport au traitement sans sel

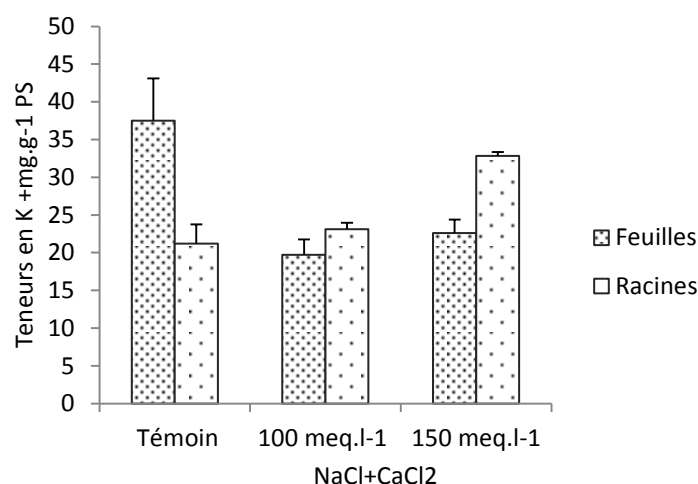


Fig .23 - Teneurs en Potassium des plantes de haricot de la variété Coco Rose à différentes concentrations de NaCl+CaCl₂

L'analyse statistique du tableau 12 révèle l'effet significatif des traitements salins appliqués à la baisse sur la teneur en potassium des feuilles de la variété Coco Rose. Les racines présentent une signification à 200 meq.l^{-1} de NaCl et à 150 meq.l^{-1} de CaCl_2 amendés au NaCl.

La différence reste toujours significative entre racines et feuilles du même traitement.

Tableau 12 -Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des teneurs en **potassium** des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl_2 .

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		$100 \text{ meq.l}^{-1} \text{ NaCl}$	
		100 meq.l^{-1}	200 meq.l^{-1}	$100 \text{ meq.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$	$150 \text{ meq.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$
Feuilles	$37,5 \pm 1,32$	$24,64 \pm 0,84$ **	$10,39 \pm 1,42$ **	$19,72 \pm 0,7$ **	$22,61 \pm 2,34$ **
Racines	$21,2 \pm 1,37^*$	$20,61 \pm 0,54^*$	$16,78 \pm 0,39^*$ **	$23,11 \pm 0,5^*$	$32,83 \pm 1,76^*$ **

- **Teneurs en calcium des feuilles et des racines des plantes**

- **Sous traitement de NaCl+CaCl₂**

Chez Coco Rose l'accumulation du calcium au niveau racinaire ne semble pas modifiée par le stress salin de NaCl à 100 meq.l^{-1} de manière significative, même si une diminution est observée ($13,80 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$) par rapport au témoin ($14,78 \text{ mg.g}^{-1} \text{ PS}$).

Cependant, au niveau des feuilles, les concentrations de calcium diminuent suite à l'application du stress salin de 39,61. mg.g^{-1} PS du témoin au 21,70 mg.g^{-1} PS de 100 meq.l^{-1} de NaCl.

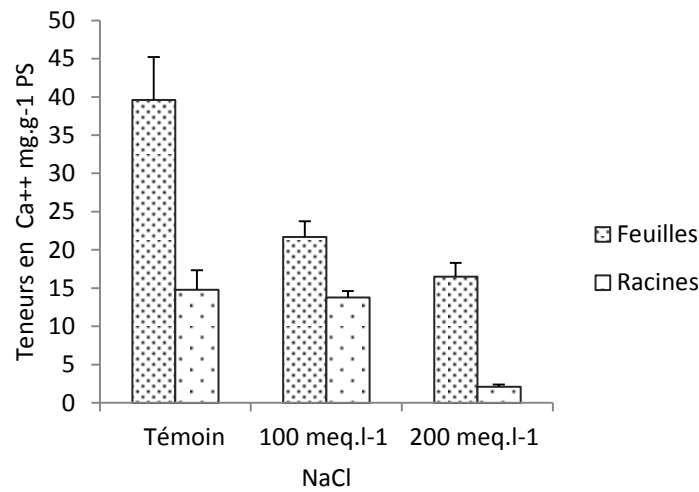


Fig.24-Teneurs en calcium des plantes de haricot de la variété Coco Rose à différentes concentrations de NaCl.

Le NaCl à 200 meq.l^{-1} diminue la teneur en calcium des feuilles à 16,49 mg.g^{-1} PS et surtout pour les racines à 2,10 mg.g^{-1} PS

▪ Sous traitement de NaCl+CaCl₂

L'application de CaCl₂ à 100 meq.l^{-1} au NaCl chez Coco Rose entraîne une diminution au niveau foliaire (29,72 mg.g^{-1} PS) et racinaire (15,11 mg.g^{-1} PS).

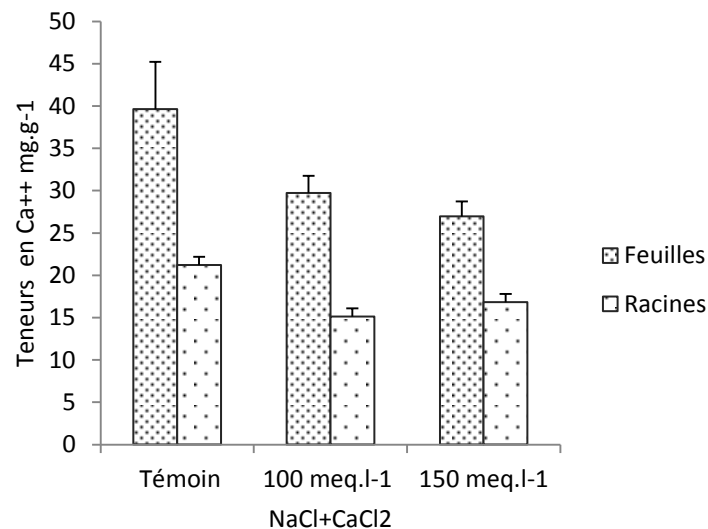


Fig .25- Teneurs en calcium des plantes de haricot de la variété Coco Rose à différentes concentrations de NaCl+CaCl₂

Au traitement de CaCl_2 à 150 meq.l^{-1} au NaCl , une faible amélioration par rapport au 1^{er} traitement, mais les deux teneurs restent inférieures aux plantes témoins, les feuilles avec $26,90 \text{ mg.g}^{-1}$ PS et les racines avec $16,80 \text{ mg.g}^{-1}$ PS.

L'analyse statistique du tableau 13 nous permet d'apercevoir des variations significatives de la teneur en calcium des racines dans le traitement à 200 meq.l^{-1} de NaCl . Les charges des feuilles en ce cation dévoilent une différence significative à la baisse dans tous les traitements salins appliqués.

La différence reste toujours significative entre racines et feuilles du même traitement.

Tableau 13- Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des teneurs en **calcium** des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		$100 \text{ meq.l}^{-1} \text{ NaCl}$	
		100 meq.l^{-1}	200 meq.l^{-1}	$100 \text{ meq.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$	$150 \text{ meq.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$
Feuilles	$39,61 \pm 5,61$	$21,70 \pm 1,40$ **	$16,49 \pm 1,15$ **	$29,20 \pm 2,03$ **	$26,90 \pm 1,80$ **
Racines	$14,78 \pm 2,55^*$	$13,80 \pm 0,93^*$	$2,10 \pm 0,36^*$ **	$15,11 \pm 0,84^*$	$16,80 \pm 0,30^*$

II – ETUDE COMPARATIVE DE LA TENEUR EN EAU FOLIAIRE POUR LES DEUX VARIETES SOUS STRESS SALIN

La teneur en eau des feuilles renseigne sur la turgescence relative des tissus et figure parmi les critères d'évaluation de tolérance au stress. Pour apprécier l'état hydrique des plantes expérimentées sous stress salin, nous avons suivi les variations de la teneur relative en eau foliaires après une semaine de l'application de la solution saline composée de NaCl et $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$.

▪ Sous traitement au NaCl

La figure 26 représente la teneur relative foliaire des deux variétés El Djadida et Coco Rose stressées aux NaCl , elle indique que la turgescence de feuilles est inversement proportionnelle à la concentration des sels, en effet chez la variété El Djadida à 100 meq.l^{-1} la teneur relative en eau est de 75,44 %, alors qu'à 200 meq.l^{-1} elle est de 60,57 %. En revanche, chez les feuilles des plantes témoins cette teneur est égale à 77,14 %.

Chez la variété Coco Rose montre que les teneurs relatives en eau des plantes stressées sont faibles par rapport au témoin (88,15 %) et diminue au fur et à mesure que la

concentration du milieu augmente. En effet à 100 meq.l^{-1} de sels, la teneur relative est de 79,66 % et à 200 meq.l^{-1} elle est de 70,20 %.

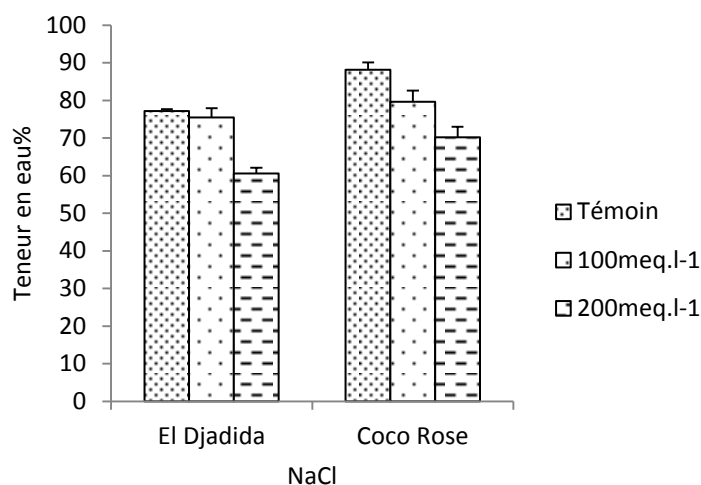


Fig .26-Teneur relative en eau (%) des feuilles des plantes de haricot des deux variétés El Djadida et Coco Rose mesurée après 8 jours de stress au NaCl à différentes concentrations.

▪ Sous traitement au $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$

Les résultats moyens obtenus (fig.27) démontrent que la teneur relative en eau des plantes témoins de la variété El Djadida, s'est maintenue à niveau élevé approximatif de 77 %. L'effet des sels combinés de 100 meq.l^{-1} a diminué cette teneur mais reste plus proche au témoin (76,71%) même avec l'augmentation de sel combiné à 200 meq.l^{-1} la teneur en eau est de 76,29%.

Cette analyse permet de distinguer la portée bénéfique du $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ sur la préservation de la teneur en eau des plantes de la variété El Djadida.

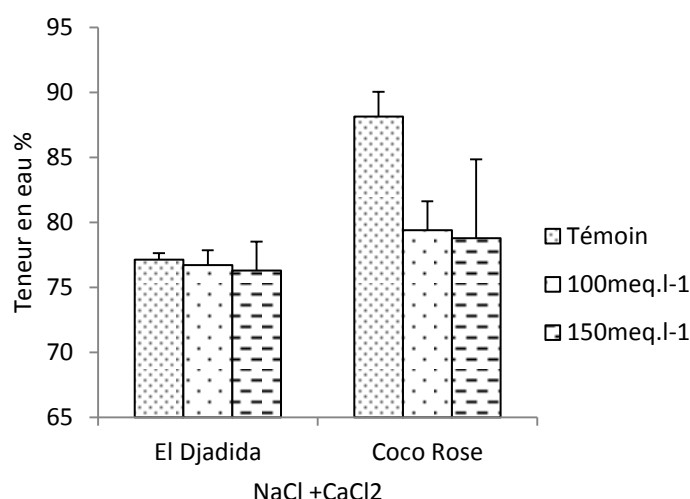


Fig .27-Teneur relative en eau (%) des feuilles des plantes de haricot des deux variétés El Djadida et Coco Rose mesurée après 8 jours de stress au NaCl+CaCl₂ à différentes concentrations.

Chez Coco Rose les valeurs des moyens les plus élevés sont enregistrées chez les témoins avec des valeurs approximatives de 80% qui diminuent avec l'augmentation du traitement salin combiné de 100 meq.l⁻¹ à 79,40%. La même tendance semble également se manifester à la baisse dans le traitement amendé avec du CaCl₂ à 150 meq.l⁻¹ au NaCl avec des valeurs inférieures (78,80%) par rapport au 1^{er} traitement du sel combinée (79,40%) et au témoin (88,15%).

D'après les résultats obtenus, il semble que la variété El Djadida présente une tolérance moyenne à la Salinité plus que Coco Rose, étant donné le maintien de la turgescence plus important donc une meilleure régulation osmotique.

La comparaison des moyennes dans le tableau 14 montre des différences statistiquement significatives de la teneur en eau foliaires entre les deux variétés et les traitements appliqués, les valeurs enregistrées pour les plantes de la variété El Djadida issue du premier traitement de NaCl s'avèrent insensibles au sel comparativement aux plantes de Coco Rose. Avec l'augmentation de la concentration de NaCl les deux variétés réagissent significativement de la même manière.

L'application de NaCl+CaCl₂ sur les plantes d'El Djadida ne diffèrent pas significativement pour les deux concentrations combinées comparativement aux plantes de la variété Coco Rose, ce qui explique l'amélioration significatives de CaCl₂ de l'état hydrique des plantes de la variété El Djadida.

Tableau 14 -Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ des teneurs en eau des feuilles des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. des deux variétés **El Djadida** et **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
El Djadida	77,14±0,5	75,44±02,49	60,57±1,56 **	76,71±1,14	76,29±2,22
Coco Rose	88,15±1,90	79,66±2,92 **	70,20±2,78 **	79,40±2,23 **	78,80±6,05 **

III – ETUDE COMPARATIVE DES RATIOS POUR LES DEUX VARIETES SOUS STRESS SALIN

1. Ratio Poids sec racinaire/Poids sec aérien PSR/PSA des deux variétés

▪ Sous traitement au NaCl

Chez les plantes témoins, les valeurs du ratio enregistrées sont les plus élevées avec 0,32 chez la variété El Djadida et 0,37 chez la variété Coco Rose.

Le dispositif irrigué avec une concentration de 100 meq.l⁻¹ de NaCl fluctue le ratio entre 0,30 chez la variété El Djadida et de 0,32 chez la variété Coco Rose et diminue encore avec l'élévation de la concentration saline de 0,27 pour la variété El Djadida et de 0,29 pour la variété Coco Rose.

On constate donc que la réduction de ce ratio, est d'autant plus importante que le degré de salinité est élevé.

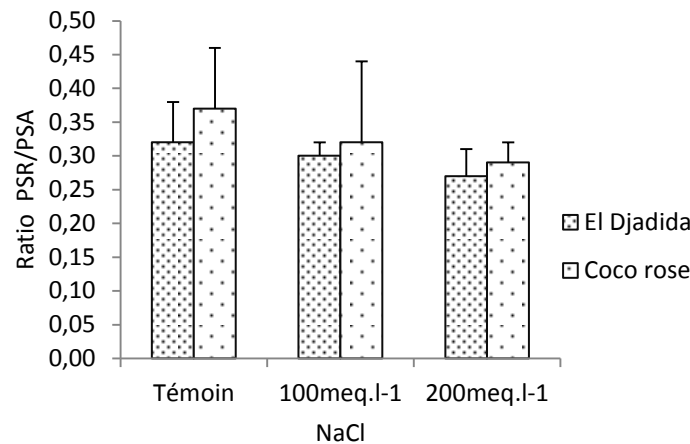


Fig.28- Ratio PSR/PSA des plantes de haricot des deux variétés El Djadida et Coco Rose mesuré après 8 jours de stress au NaCl

▪ Sous traitement au NaCl+ CaCl₂

L'exposé des résultats moyens montre que dans le traitement combiné de CaCl₂ à 100 meq.l⁻¹ au NaCl, le ratio note 0,29 chez la variété El Djadida contre 0,19 chez la variété Coco Rose.

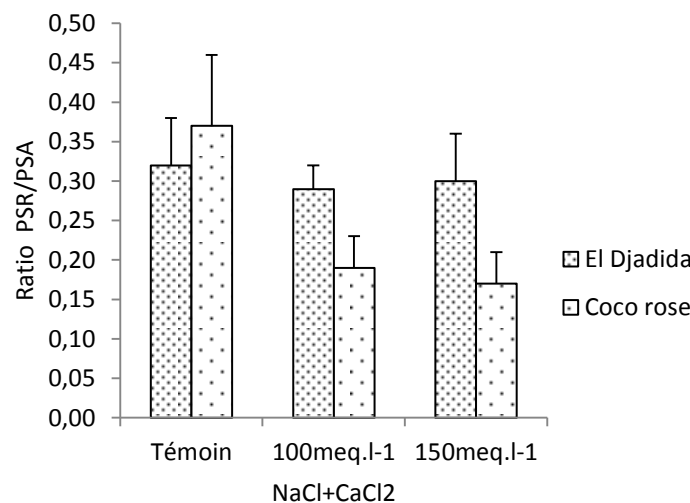


Fig.29- Ratio PSR/PSA des plantes de haricot des deux variétés El Djadida et Coco Rose mesuré après 8 jours de stress au NaCl+CaCl₂

Ce ratio augmente avec l'augmentation du traitement combiné de CaCl₂ à 150 meq.l⁻¹ au NaCl chez la variété El Djadida (0,30) par contre a chuté chez la variété Coco Rose (0,17), ce qui explique l'amélioration de CaCl₂ les parties aériennes de la variété El Djadida.

L'analyse statistique du tableau 15 révèle l'absence de l'influence de la salinité quelle que soit la concentration en NaCl seul ou combinée au CaCl₂ sur le ratio du poids

sec racinaire/poids sec aérien de la variété El Djadida les mêmes allures pour Coco Rose au traitement de NaCl. L'addition de CaCl_2 exprime une signification sur le paramètre étudié de la variété Coco Rose à différentes concentrations. Les variations de ce ratio estimées sont grandement conditionnées par la nature des variétés d'une part et les différents traitements d'autre part.

Tableau 15- Test statistique de signification de Fisher à $\alpha=5\%$ de ratio PSR/PSA des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. des deux variétés **El Djadida** et **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl_2 .

	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl_2	150 meq.l ⁻¹ CaCl_2
El Djadida	0,32±0,06	0,30±0,2	0,27±0,04	0,29±0,03	0,30±0,06
Coco rose	0,37±0,09	0,32±0,12	0,29±0,03	0,19±0,04 **	0,17±0,04 **

2. Ratio des éléments minéraux

a. El Djadida

➤ K^+/Na^+

▪ Sous traitement au NaCl

Les feuilles maintiennent un haut ratio K^+/Na^+ dans les conditions normales (3,64) par rapport aux racines (0,49), ce ratio diminue sous la salinité à 100 meq.l⁻¹ de NaCl dans les feuilles mais reste en faveur de K^+ (2,30). Ce ratio augmente chez les racines lorsque les plantes reçoivent la solution saline à 100 meq.l⁻¹ de NaCl (0,52) et il chute rapidement dès que la concentration en sels double à 200 meq.l⁻¹ de NaCl (0,41) et reste inférieure à l'unité sous tous les traitements

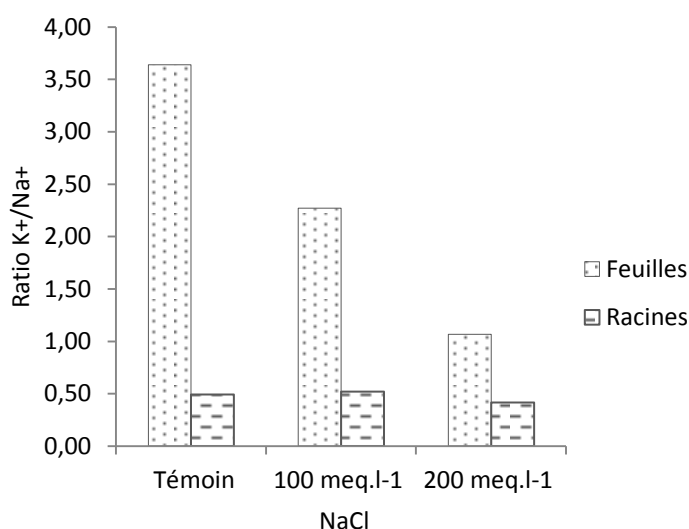


Fig.30- Ratio K^+/Na^+ après une semaine de stress au NaCl des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété El Djadida âgées de 45 jours.

L'augmentation de la concentration à 200 meq.l⁻¹ de NaCl n'a pas changé la situation des feuilles (1,07) le ratio diminue mais reste en faveur de K⁺.

▪ Sous traitement au NaCl+CaCl₂

Ce ratio diminue dans les feuilles de la variété El Djadida sous l'effet de 100 meq.l⁻¹ CaCl₂ à 2,54 par rapport au témoin puis accroît significativement de nouveau sous le traitement de 150 meq.l⁻¹ CaCl₂ à 4,81.

Le ratio augmente significativement à 0,83 et 1,70 chez les racines suite à l'addition du CaCl₂ dans le milieu sous ses deux concentrations.

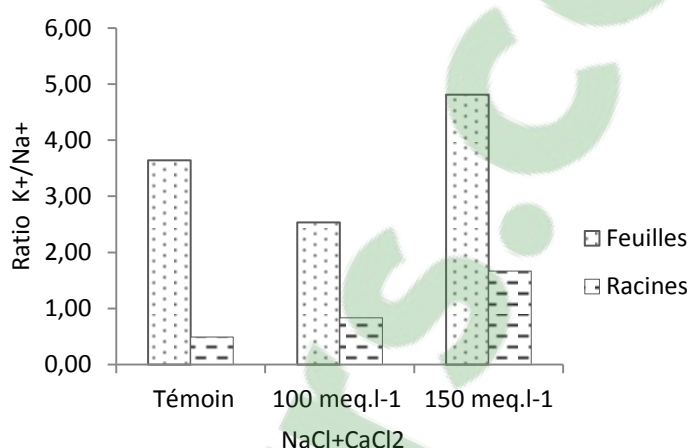


Fig.31- Ratio K⁺/Na⁺ après une semaine de stress au NaCl+CaCl₂ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété *El Djadida* âgées de 45 jours.

L'analyse statistique du tableau 16 montre des variations statistiquement significatives chez les deux organes des plantes de la variété El Djadida au traitement amendé au CaCl₂. Le traitement salin de NaCl pour les deux concentrations montre une différence significative que chez les feuilles. Les observations signalés entre organes du même traitement reste toujours significatives.

Tableau 16- Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ le ratio K⁺/Na⁺ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété *El Djadida* âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂.

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	3,66	2,30 **	1,07 **	2,54 **	4,80 **
Racines	0,49*	0,50*	0,41*	0,83* **	1,70* **

➤ $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$

▪ Sous traitement au NaCl

Le ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ est plus élevé pour les feuilles (3,69) comparativement aux racines (0,45) dans l'ensemble des traitements. Chez les feuilles ce ratio diminue à 1,60 lorsque les plantes reçoivent 100 meq.l^{-1} de NaCl, il chute davantage (0,69) lorsque la concentration en NaCl double.

Ce ratio évolue significativement à la baisse de façon systématique dans le sens inverse avec l'augmentation de la concentration saline en NaCl, pour les racines de 0,45 au traitement sans sel à 0,43 puis 0,12.

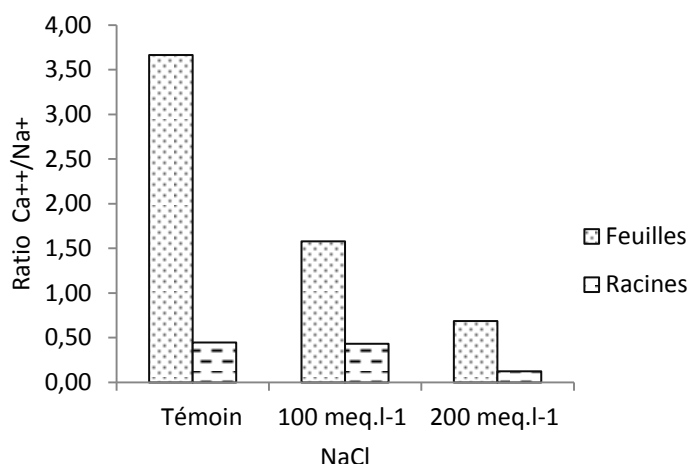


Fig.32- Ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ après une semaine de stress au NaCl des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété El Djadida âgées de 45 jours.

▪ Sous traitement au NaCl+CaCl₂

Le ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ est élevé chez les feuilles des plantes témoins, mais sa baisse sous l'effet de 100 meq.l^{-1} de CaCl₂ au NaCl à 2,59 puis accroît de nouveau à 4,80 sous la concentration de 150 meq.l^{-1} CaCl₂ au NaCl.

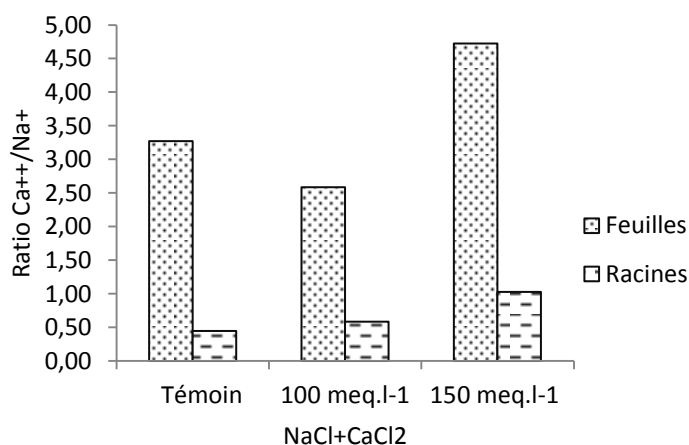


Fig.33- Ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ après une semaine de stress au NaCl+CaCl₂ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété El Djadida âgées de 45 jours.

Le ratio augmente significativement de 0,45 à 0,59 et 1,03 chez les racines à raison de l'addition du CaCl_2 dans le milieu sous les deux concentrations appliquées précédemment.

L'analyse statistique du tableau 17 indique des variations statistiquement significatives des deux organes des plantes de la variété El Djadida sous les différents traitements au NaCl seul et combiné avec le CaCl_2 , sauf pour les racines au premier traitement de NaCl. La différence reste toujours significative entre organes du même traitement.

Tableau 17- Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ le ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^+$ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **El Djadida** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl_2

Organe	Témoin	Salinité			
		NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl_2	150 meq.l ⁻¹ CaCl_2
Feuilles	3,69	1,60 **	0,69 **	2,59 **	4,80 **
Racines	0,45*	0,43*	0,12* **	0,59* **	1,03* **

b. Coco Rose

➤ K^+/Na^+

▪ Sous traitement au NaCl

Chez Coco Rose les feuilles enregistrent un ratio de 2,77 dans le traitement témoin, qui diminue remarquablement lorsque les plantes reçoivent la solution saline à 100 meq.l⁻¹ de NaCl à 1,02 et il chute rapidement dès que la concentration en sels se double à 0,30.

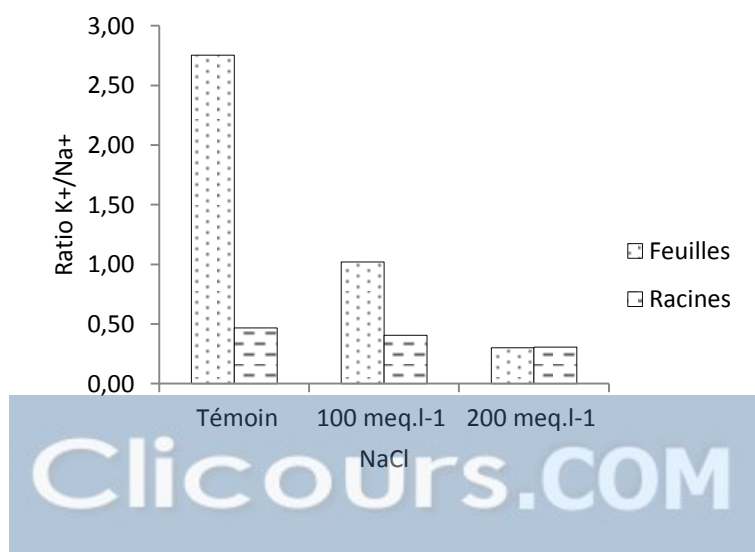


Fig.34- Ratio K^+/Na^+ après une semaine de stress au NaCl des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété Coco Rose âgées de 45 jours.

Ce ratio évolue à la baisse de façon systématique dans le sens inverse avec l'augmentation de la concentration saline en NaCl pour les racines (0,47), (0,40), (0,31).

▪ **Sous traitement au NaCl+CaCl₂**

La même allure est observée chez les feuilles et racines de la variété Coco Rose dans les mêmes traitements salins indiqués préalablement chez El Djadida, sauf que le ratio des feuilles au traitement de 150 meq.l⁻¹ de CaCl₂ au NaCl (1,10) reste inférieur au témoin (2,77).

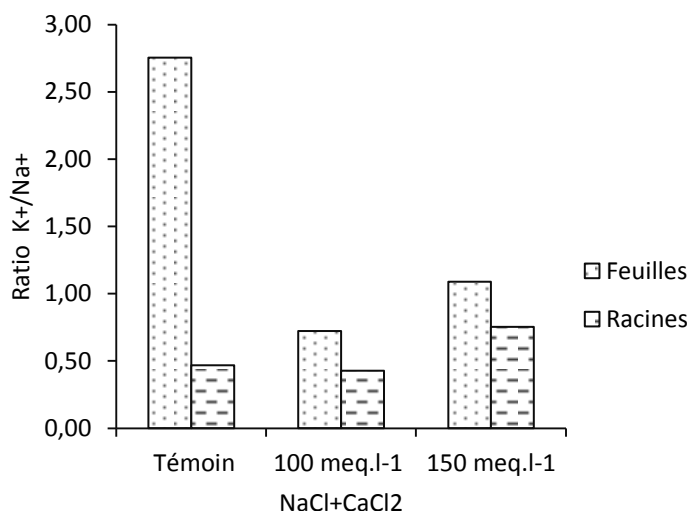


Fig.35- Ratio K⁺/Na⁺ après une semaine de stress au NaCl+CaCl₂ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété Coco Rose âgées de 45 jours

L'analyse statistique du tableau 18 révèle l'influence de la salinité à différents traitements appliquées sur le paramètre étudié des deux organes à l'exception des racines au traitement amendé à 100 meq.l⁻¹ qui ne présente aucune signification.

L'observation signalée entre organes du même traitement reste toujours significatives sauf pour le cas du traitement à 200 meq.l⁻¹ de NaCl.

Tableau 18- Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ de ratio K⁺/Na⁺ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl₂

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl ₂	150 meq.l ⁻¹ CaCl ₂
Feuilles	2,77	1,02 **	0,30 **	0,73 **	1,10 **
Racines	0,47*	0,40* **	0,31 **	0,43*	0,80* **

➤ $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$

▪ Sous traitement au NaCl

Ce ratio diminue également dans les feuilles et les racines de la variété *Coco Rose* avec l'augmentation de la salinité, mais il est en faveur de Ca^{++} que chez les feuilles des témoins (2,91).

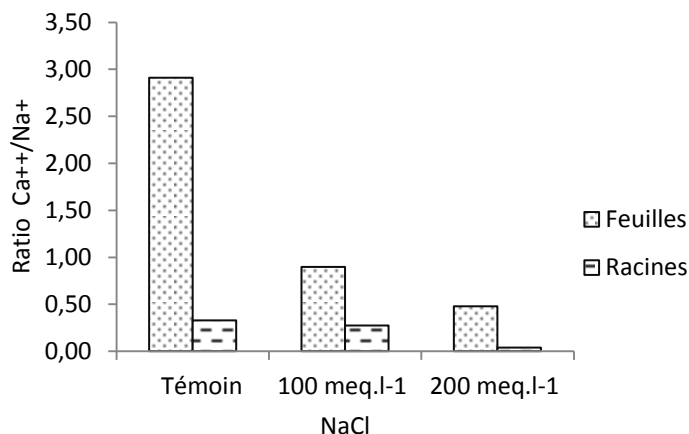


Fig.36- Ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ après une semaine de stress au NaCl des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété Coco Rose âgées de 45 jours.

▪ Sous traitement au NaCl+CaCl₂

Le ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ est élevé chez les feuilles des plantes témoins, mais sa baisse sous l'effet de 100 meq.l⁻¹ de CaCl₂ au NaCl à 1,08 puis accroît de nouveau à 1,30 sous la concentration de 150 meq.l⁻¹ CaCl₂ au NaCl, mais reste inférieur aux témoins.

Ce ratio décroît chez les racines suite à l'addition du CaCl₂ dans le milieu pour enregistrer 0,28 puis accroît de nouveau sous l'effet de la deuxième concentration signalée antérieurement à 0,40 mais reste inférieur aux témoins et à l'unité.

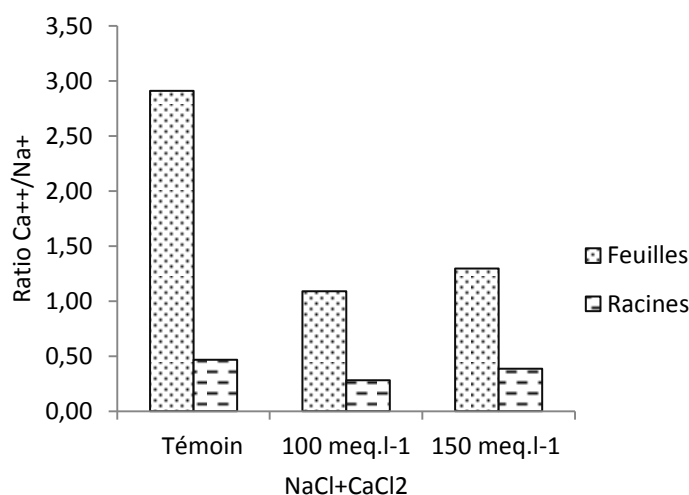


Fig.37- Ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ après une semaine de stress au NaCl+CaCl₂ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété Coco Rose âgées de 45 jours

L'analyse statistique du tableau 19 conclue une parfaite variabilité significative chez les feuilles pour tout les traitements inversement aux racines ou seul le traitement de la deuxième concentration de NaCl qui agisse significativement sur ce paramètre.

La différence reste toujours significative entre organes du même traitement.

Tableau 19-Test statistique de Signification de Fisher à $\alpha=5\%$ le ratio $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$ des feuilles et des racines des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de la variété **Coco Rose** âgées de 45 jours et stressées pendant une semaine au NaCl et au NaCl + CaCl_2

Organe	Salinité				
	Témoin	NaCl		100 meq.l ⁻¹ NaCl	
		100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹	100 meq.l ⁻¹ CaCl_2	150 meq.l ⁻¹ CaCl_2
Feuilles	2,90	0,90 **	0,48 **	1,08 **	1,30 **
Racines	0,33*	0,30*	0,04* **	0,28*	0,40*

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES

Les comportements physiologiques et nutritionnels des plantes sont limités par différentes conditions environnementales dans lesquelles elles se développent. L'une de ces conditions est la salinité des sols qui constitue l'un des problèmes agricoles les plus importants, sous les conditions climatiques arides et semi-arides dans le monde (Turan et Sezen, 2007).

A fin d'élucider l'influence de la salinité sur les paramètres de croissance des plantes, le poids frais et le poids sec de la biomasse végétale des deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. sont mesurés. Les valeurs inscrites présentent des fluctuations importantes à travers les différents régimes salins testés. Levy et Shalhvet (1990), ont noté que la réduction de la croissance sous l'effet du stress salin peut avoir lieu sans signes de toxicité.

Selon nos résultats la salinité élevée au NaCl exerce une action dépressive sur les niveaux du poids frais des feuilles et des tiges, corrélées négativement et significativement avec la salinité au NaCl avec $r = -0,903^{**}$, $r = -0,776^{**}$ chez la variété El Djadida et $r = -0,918^{**}$, $r = -0,808^{**}$ chez Coco Rose, que pour les racines faiblement corrélés avec la salinité ($r = -0,376$) chez El Djadida et ($r = -0,398$) chez Coco Rose. La corrélation de l'effet poids frais, l'interaction traitement NaCl et organe est plus marqué chez Coco Rose que la variété El Djadida, alors que le traitement au NaCl+CaCl₂ provoque une augmentation du poids frais de tous les organes de la variété El Djadida avec des corrélations négatives faibles au niveau foliaire ($r = -0,155$), moyennement et positivement corrélés au niveau des tiges ($r = 0,452^{*}$) et une faible corrélation positive au niveau des racines ($r = 0,188$). Toutefois, cette étude montre le rôle intéressant du CaCl₂ sur le poids frais ; cependant, cette influence demeure variable en fonction des concentrations et du type de sels d'une part, de l'organe étudié d'autre part et la variété, ce qui s'explique par une forte corrélation négative des feuilles de la variété Coco Rose ($r = -0,934^{**}$), une moyenne corrélation négative au niveau des tiges ($r = -0,677^{*}$) et une faible corrélation négative au niveau des racines ($r = -0,142$).

La baisse de la production de la masse sèche est une réponse classique à la contrainte saline (Gautheret., 1981 et Pessarakli., 1991). L'évolution du poids sec est presque uniforme chez les deux variétés sous l'effet du NaCl, elle se distingue par une baisse notable chez les feuilles, tiges et les racines avec des fortes corrélations négativement significatives ($r = -0,976^{**}$, $r = -0,973^{**}$ et $r = -0,853^{**}$) chez Coco Rose et ($r = -0,853^{**}$, $r = -0,884^{**}$ et $r = -0,962^{**}$) chez El Djadida ce qui explique la faible corrélation négative du ratio PSR/PSA au traitement NaCl chez les deux variétés avec $r = -0,502$ chez El Djadida et $r = -0,441$ chez Coco Rose.

L'apport des deux sels NaCl+CaCl₂ combinés dans le milieu fait ressortir un poids sec qui tend significativement à l'élévation avec la concentration chez El Djadida avec des faibles corrélations négatives au niveau foliaire et racinaire ($r = -0,041$, $r = -0,187$), les mêmes observations sont constatées pour le ratio PSR/PSA ($r = -0,109$). Le traitement combinés au CaCl₂ chez la variété Coco Rose n'a pas changé le comportement observé au traitement salin au NaCl, les feuilles, les racines et le ratio PSR/PSA sont fortement et négativement corrélées avec ce traitement ($r = -0,831^{**}$, $r = -0,923^{**}$, $r = -0,869^{**}$).

A la lecture des relations établies entre le taux de salinité et du ratio PSR/PSA, il est conclu que les valeurs du rapport PSR/PSA dépendent étroitement du degré de salinité

imposé au substrat de culture, cette réponse pourrait s'expliquer par le développement de la partie sèche aérienne au dépend de la partie souterraine suite à l'effet stressant.

L'haricot est extrêmement sensible à la salinité et on enregistre des pertes de rendement dans des sols de moins de 2 ds.m⁻¹ de salinité (Gama et al., 2007). Chez *Phaseolus vulgaris* L., la concentration de 50 mM de NaCl peut causer un arrêt de croissance due à la réduction en photosynthétats causée par le sel (Gama et al., 2007). Les réductions dans la biomasse de *Phaseolus vulgaris* L. sous des conditions de salinité étaient indicatives des limitations de la croissance.

D'après nos résultats, l'action dépressive du sel sur les différents paramètres de croissance concordent avec ceux d'Allah (1999), qui a montré que la croissance des tiges, des feuilles et des racines est significativement diminuée quand la salinité dépasse 4 g/l. L'action du sel, dans notre travail, est d'autant plus marquée que la concentration saline est élevée, confortant ainsi les résultats trouvés par Sanchez-Blanco et al (1991), qui ont montré que la diminution du poids sec de la feuille chez la tomate est une conséquence de la salinité.

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes au niveau moléculaire, biochimique et physiologique (Tester et Davenport, 2003; Yamaguchi et Blumwald, 2005).

L'eau est une ressource indispensable pour les végétaux et reste un indicateur physiologique intéressant pour l'estimation de l'état d'hydratation des plantes en fonction de la disponibilité de l'eau dans la rhizosphère et l'aptitude de ces plantes à l'absorber. En conséquence, tout déséquilibre dans la nutrition hydrique se manifeste souvent dans le taux de cette teneur qui semble altérée en situations salines chez les deux variétés de *Phaseolus Vulgaris* L., ce paramètre varie selon l'espèce et l'intensité du stress. Des différences sont notées, parmi les variétés testées pour la sensibilité aux sels dans le maintien d'un état hydrique optimal, la diminution de la teneur en eau des tissus s'accroît davantage avec la salinité du substrat de culture par le NaCl de manière comparable pour les deux variétés et affecte nettement le statut hydrique des feuilles de Coco Rose qu'El Djadida avec des corrélations fortement négatives ($r=-0,908^{**}$) chez El Djadida et de ($r=-0,961^{**}$) chez Coco Rose. On a constaté ainsi une liaison significative entre la teneur en eau, le poids frais et sec des feuilles chez les deux variétés. L'addition de CaCl₂ a amélioré le statut hydrique de la variété El Djadida avec des corrélations négatives faible ($r=-0,181$) par ailleurs chez Coco Rose le statut hydrique est corrélé significativement et négativement avec ce traitement ($r=-0,814^{**}$). Nos résultats confirment ceux trouvés par Strogonov (1964) et Gale (1967), qui affirment que le sel diminue la transpiration des glycophytes, conséquence ou cause de la diminution de la transpiration, ainsi l'absorption hydrique par les racines est également réduite.

Les résultats obtenus des taux des cendres montrent que tous les traitements appliqués ont conduit les deux variétés à des charges minérales importantes dans tous les organes. Le taux des cendres s'élève significativement suite à l'addition du NaCl dans le milieu de culture chez El Djadida une forte corrélation positive au niveau des feuilles ($r=0,957^{**}$) des tiges ($r=0,701^{**}$) et des racines ($r=0,893^{**}$), on constate aussi des liaisons positives significatives entre le taux cendres des feuilles et des tiges ($r=0,767^{**}$), des feuilles et des racines ($r=0,971^{**}$) et entre les tiges et les racines ($r=0,764^{**}$). Les

mêmes tendances sont observées chez la variété Coco Rose pour les feuilles ($r=0,996^{**}$), les tiges ($r=0,752^{*}$) et les racines ($r=0,922^{**}$).

L'addition du CaCl_2 à la solution saline a provoqué la modification des charges minérales des organes. Le taux en cendres augmente significativement chez les deux variétés El Djadida et Coco Rose ; les feuilles sont corrélées positivement ($r=0,918^{**}$, $r=0,963^{**}$), les tiges ($r=0,920^{**}$, $r=0,981^{**}$) et les racines ($r=0,761^{**}$, $r=0,975^{**}$).

Dubey (1997) et Yeo (1998) signalent que la salinité provoque un stress osmotique et ionique combiné à la fois sur les plantes. Les effets osmotiques des sels sur les plantes résultent de l'abaissement du potentiel hydrique du sol suite à l'augmentation des concentrations des solutés dans le profil racinaire des plantes (Sohan *et al.*, 1999).

Selon Romero-Aranda *et al* (2001), l'accumulation des sels dans le profil racinaire peut mener à une diminution du potentiel hydrique foliaire et par conséquent, peut affecter plusieurs processus vitaux. Aux potentiels hydriques du sol très faibles, cette condition interfère avec la capacité des plantes à extraire l'eau à partir du sol et à maintenir leur turgescence cellulaire (Rubio *et al.*, 2008). Ainsi, chez quelques espèces, le stress salin ressemble au déficit hydrique, cependant, à des concentrations faibles ou modérées en sels (potentiels hydriques du sol élevés), les plantes s'ajustent osmotiquement en accumulant des solutés afin de maintenir un potentiel interne suffisant pour l'afflux de l'eau (Ghoulam *et al.*, 2002).

La nutrition minérale se trouve fortement affectée par la contrainte saline. Le sodium s'accumule chez les deux variétés El Djadida et Coco Rose au niveau des deux organes, d'une façon croissante avec l'augmentation de la concentration en sel.

L'effet du sel sur l'accumulation du sodium est très marqué, car les variations par rapport aux témoins sont très hautement significatives. On observe une accumulation supérieure de Na^+ dans les feuilles comparativement aux racines chez les deux variétés avec des corrélations significativement positives au niveau foliaire ($r=0,959^{**}$) et racinaire ($r=0,895^{**}$) chez El Djadida, Coco Rose se comporte de la même manière et accumule plus de Na^+ dans ses feuilles que dans ses racines avec des corrélations significativement positives ($r=0,992^{**}$) et ($r=0,931^{**}$), les valeurs inscrites démontrent que les feuilles et les racines de Coco Rose accumulent plus de sodium que celles de la variété El Djadida.

L'accumulation de Na^+ en conditions de stress salin dans la partie aérienne a été aussi rapportée par plusieurs auteurs dont Navarro et Rubio (2006). D'après Bouaouina *et al* (2000), l'accumulation cellulaire de Na^+ chez le blé augmente avec la concentration de NaCl .

Cette variabilité dans la distribution de Na^+ au niveau des différents organes des plantes nous amène à penser que les deux variétés sont de type « incluser ».

Chez les plantes de type « incluser », les flux de sodium sont essentiellement ascendants et le sel est accumulé dans les parties aériennes au niveau des vacuoles. Par contre, chez celles de type « excluser », la plus grande partie du sodium absorbé et véhiculé vers les feuilles est réexportée vers les racines via le phloème (Berthomieu *et al.*, 2003) ou initialement stockée dans les racines. La compartimentation du NaCl dans les vacuoles représente le mécanisme principal de détoxication du sel chez les halophytes (Borsani *et al.*, 2003; Ksouri *et al.*, 2010), tandis que les glycophytes ont recours au mécanisme d'exclusion du sodium des cellules (au niveau de la membrane plasmique) des parties aériennes vers les racines (Blumwald *et al.*, 2004). En effet, certaines glycophytes, comme le cotonnier ou l'orge, transportent et accumulent de grandes quantités de Na^+ dans

leurs feuilles (Hassani et *al.*, 2008). Selon ces auteurs, les espèces incapables de compartimenter Na^+ dans leurs feuilles sont nettement plus sensibles à la salinité. L'incapacité de ces plantes à débarrasser leurs cytoplasmes foliaires en Na^+ a pour conséquence que cet ion est facilement transporté dans le phloème de ces plantes (Zid et Grignon, 1986).

Un comportement différent est observé lorsque le milieu reçoit $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$, l'accumulation de sodium dans ses organes atténue à un niveau considérable chez El Djadida qui montre des faibles corrélations négatives foliaire ($r = -0,297$) tandis qu'au niveau des racines cette corrélation est fortement corrélée ($r = -0,762^{**}$) ainsi que chez Coco Rose cette atténuation n'est pas significative avec des feuilles moyennement corrélées ($r = 0,713^*$) et des racines de faible corrélation positive ($r = 0,117$).

Le potassium joue un rôle dans le contrôle de la turgescence cellulaire (Sairam et Tyagi, 2004), contribue également dans la réduction du potentiel osmotique des cellules racinaires pour faciliter les processus de transport des solutés. Par conséquent, le maintien d'un niveau de K^+ adéquat est essentiel pour la survie de la plante dans les milieux salins.

Les traitements salins appliqués ont eu un impact semblable chez les deux variétés sur les teneurs en potassium. Les charges des organes foliaires et racinaires en ce cation sont plus importantes chez El Djadida que chez Coco Rose. Cette caractéristique ionique se rencontre généralement chez les espèces où la teneur élevée en K^+ est corrélée avec la tolérance au sel (Tal, 1986). Chez les 2 variétés étudiées, la salinité du milieu a pour effet de diminuer les teneurs en K^+ des organes végétatifs, ces résultats sont en accord avec les travaux de Hajji (1980), Levitt (1980) et Houala (2007). Selon ces auteurs, l'absorption de K^+ varie en fonction de la concentration du sel appliquée: elle augmente en présence de faible dose de Na^+ , diminue et peut même s'arrêter avec les fortes concentrations.

L'apport des concentrations croissantes du NaCl se traduit par diminution significativement chez les deux variétés. Le potassium se compartimente préférentiellement dans les feuilles à des teneurs significativement élevées, lorsque la salinité du milieu augmente, contrairement aux racines, considérées comme des organes de transition. Les charges des feuilles d'El Djadida en ce cation sont corrélées significativement et négativement ($r = -0,989^{**}$) par contre au niveau des racines cette corrélation est faible ($r = -0,217$). La variété Coco Rose montre une forte corrélation négative des deux organes ($r = -0,996^{**}$) au niveau foliaire et ($r = -0,836^{**}$) au niveau racinaire.

Ouerghi et *al* (2000) ; Mezni et *al* (2002) notent que le NaCl entraîne une diminution des teneurs en K^+ . Dans le même contexte, Ould El Hadj-Khelil (2001) signale que les teneurs en K^+ sont diminuées dans les plantes de tomate cultivées en présence de NaCl à 50 mM et en présence de NaCl à 100 mM.

La teneur en K^+ diminue fortement dans tous les organes et rapporte que cette diminution est à relier avec la forte augmentation de la teneur en sodium, tout particulièrement dans les feuilles âgées. Ce phénomène a été expliqué par une interaction compétitive entre le Na^+ et le K^+ et l'inhibition de la rétention du potassium en présence de fortes concentrations en Na^+ (Bernstein et *al.*, 1993). L'effet inhibiteur du traitement salin sur l'absorption de K^+ a été observé chez le blé tendre (Clarcke et Mac Caig, 1989) et l'olivier (Ottow et *al.*, 2005).

La charge en potassium s'est accrue considérablement après l'addition du NaCl+CaCl₂ dans le milieu de culture ; une tendance à la hausse en cet élément se manifeste dans les organes des plantes de la variété El Djadida, les feuilles et les racines sont fortement et positivement corrélées ($r=0,761^{**}$, $r=0,875^{**}$) tandis que chez Coco Rose se traduit par de légères augmentations du contenu en potassium du fait des fortes concentrations du sodium, les feuilles sont corrélées significativement et négativement ($r=-0,910^{**}$) et les racines moyennement et positivement corrélées ($r=0,776^{*}$).

Selon Belkhodja (1996), l'apport du sel à 50, 100 et 150 meq de NaCl+CaCl₂ aux milieux de culture de trois variétés de fève (*Vicia faba* L), les feuilles et les racines s'enrichissent plus en K⁺.

L'augmentation de la teneur du potassium signifie que la croissance de la feuille est proportionnelle à la quantité de K⁺ qui lui parvient et suggère qu'en présence de sel dans le milieu, la nutrition potassique est limitant.

Le ratio K⁺/Na⁺ affiche une tendance générale à la baisse, particulièrement au niveau de la partie aérienne de la plante. Dans les conditions normales (plants témoins), ce ratio est plus élevé au niveau des feuilles que les racines chez les deux variétés. En effet, le potassium est très sollicité au niveau du compartiment aérien pour la réalisation des métabolismes cellulaires où il est généralement employé comme cofacteur dans les réactions enzymatiques et biochimiques. Vraisemblablement, en présence de sel, les plantes transportent dans leurs feuilles des quantités en Na⁺ plus importantes qu'en K⁺ en raison de l'excès de NaCl dans le milieu.

Chez les feuilles d'El Djadida pour toutes les concentrations de NaCl, le ratio K⁺/Na⁺ est largement supérieur à 1 dans les feuilles de cette espèce, ceci signifie que la teneur en K⁺ surpasse toujours celle en Na⁺, les deux organes d'El Djadida présentent des corrélations significatives et négatives ($r=-0,986^{**}$, $r=-0,720^{**}$).

K⁺/Na⁺ diminue également dans les feuilles et les racines de Coco Rose avec la salinité de l'eau d'arrosage, ce ratio est légèrement en faveur de K⁺. Pour des fortes concentrations de NaCl, le ratio K⁺/Na⁺ est largement inférieur à 1 dans les feuilles et les racines de cette variété, ceci signifie que la teneur en Na⁺ surpasse toujours celle en K⁺ en effet le NaCl montre une corrélation significative et négative du ratio k⁺/Na⁺ au niveau foliaire ($r=-0,966^{**}$) et racinaire ($r=-0,945^{**}$).

L'application du NaCl combinée au CaCl₂ augmente le ratio K⁺/Na⁺ dans les deux organes de la variété El Djadida avec des corrélations moyennes et positives au niveau des feuilles ($r=0,434^{*}$) et forte corrélation positive au niveau racinaire ($r=0,815^{**}$). Chez Coco Rose l'augmentation de ce ratio reste inférieure au témoin au niveau des feuilles par une corrélation significative et négative ($r=-0,905^{**}$), l'augmentations de ce ratio au niveau racinaire est plus importante ce qui est marqué par une corrélation moyennement positive ($r=0,609^{*}$).

Le ratio K⁺/Na⁺ peut être augmenté par un apport de Ca⁺⁺ externe qui serait capable de réduire l'activité de certains canaux (Murata et al., 1998), ainsi que celle des canaux d'entrée de Na⁺ (Roberts et Tester, 1997). Ce ratio a été plus élevé dans les feuilles que dans les racines ce qui montre que la sélectivité dans les feuilles est en faveur du potassium. Cramer et al (1985) ont démontré qu'en présence de concentrations élevées de NaCl, le Na⁺ déplace le Ca⁺⁺ du plasmalemme des cellules racinaires ce qui entraîne

l'augmentation de la perméabilité de la membrane et provoque un efflux du K^+ et une altération du ratio de sélectivité K^+/Na^+ .

Le ratio K^+/Na^+ va dépendre de l'action conjuguée des différents systèmes de transport situés au niveau des membranes plasmiques et vacuolaires et impliquant les voies plus ou moins sélectives des ions K^+ et Na^+ (Shabala et Cuin, 2008; Amtmann et Leigh, 2010).

En condition de concentration externe élevée de sodium, celui-ci pénètre au niveau des cellules racinaires à travers des canaux et transporteurs d'ions non spécifiques provoquant ainsi une dépolarisation électrique au niveau des membranes ainsi qu'une réduction de la turgescence des cellules et un décollement de la membrane plasmique de la paroi, ce qui engendre une activation des canaux calciques Ca^{++} (Sanders et al., 1999) et par conséquent, une modification de la concentration en Ca^{++} cytoplasmique jouant ainsi le rôle de premier signal de stress (Knight et Knight, 2001).

En outre, nous avons montré que le sel a un effet négatif sur l'alimentation calcique qui se traduit par une diminution des teneurs foliaires et racinaires en Ca^{++} des deux variétés étudiées. Ceci pourrait s'expliquer par une compétition entre Na^+ et Ca^{++} pour les mêmes sites d'absorption pouvant conduire à des perturbations nutritionnelles notamment la déficience calcique en présence de fortes concentrations salines (Haddad et Coudret, 1991).

Un effet très hautement significatif des teneurs en Ca^{++} , est signalé au niveau des feuilles et des racines des deux variétés El Djadida et Coco Rose avec des fortes corrélations négatives de ($r=-0,953^{**}$, $r=-0,890^{**}$) pour El Djadida et ($r=-0,918^{**}$, $r=-0,876^{**}$) pour Coco Rose. Une diminution significative de la teneur en Ca^{++} est observée au niveau des plantes stressées par rapport aux plantes témoins. Il semble que ce cation baisse de taux selon l'intensité du stress salin et selon l'organe.

Bouaouina et al (2000), indiquent que le sel exerce dès la plus faible concentration, un effet dépressif sur l'absorption, l'accumulation racinaire et le transport vers les parties aériennes de Ca^{++} chez le blé dur *Triticum turgidum* L.

Dans les lots amendés par le $NaCl+CaCl_2$, le contenu en calcium s'accroît significativement dans les organes de la variété El Djadida au niveau des racines avec une corrélation positivement significative ($r=0,823^{**}$) et au niveau des feuilles avec une corrélation moyenne de ($r=0,426^*$). Chez Coco Rose les corrélations entre les charges en calcium et ce traitement est fortement significatif et négative au niveau foliaires ($r=-0,882^{**}$), les racines sont moyennement corrélée ($r=0,459^*$).

D'après Chadli et Belkhodja (2007), le Ca^{++} s'accumule dans le sens racines tiges feuilles des plantes de la fève stressée au $NaCl+CaCl_2$ à différents niveaux de concentrations et à l'eau de mer. La charge calcique est très importante dans les tiges et les feuilles sous stress salin sévère alors qu'il n'est présent qu'à l'état de traces dans les racines

Le traitement salin de $NaCl$ montre une corrélation significative et négative du ratio Ca^{++}/Na^+ des deux variétés El Djadida et Coco Rose au niveau feuilles ($r=-0,956^{**}$, $r=-0,933^{**}$) et au niveau des racines ($r=-0,902^{**}$, $r=-0,916^{**}$). Le traitement amendé au $CaCl_2$ rend ce ratio plus important, cette amélioration présentée par une corrélation moyenne positive au niveau des feuilles ($r=0,406^*$) et forte corrélation positive au niveau des racines ($r=0,780^{**}$) chez El Djadida, cependant chez Coco Rose les corrélations sont fortement négatives au niveau des feuilles ($r=-0,924^{**}$) et des corrélations faibles au niveau des racines ($r=0,231$).

Un supplément de Ca^{++} corrige dans une certaine mesure l'effet des sels (Rengel, 1992). Il est admis que c'est la performance à stoker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces (Levigneron et *al.*, 1995).

D'après ces résultats il semble qu'il existe des interactions particulièrement entre Na^+ et Ca^{++} , l'association des ions Na^+ et Ca^{++} avec Cl^- dans le milieu sous forme de chlorures diversifie les modalités de migration et les capacités d'accumulation ionique dans les organes des plantes (Belkhodja, 1996). Le Ca^{++} assure un transport sélectif des cations comme le K^+ (Läuchli et Stelter, 1982) vers les feuilles (Zid et Grignon, 1991) et augmente la résistance à la salinité en maintenant l'intégrité membranaire (Lynch et *al.*, 1987).

La tolérance au sel n'est pas toujours associée à une moindre accumulation de sodium (Collins et *al.*, 2008) mais plutôt à la capacité de maintenir un équilibre ionique (Albacete et *al.*, 2009). Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium (et du chlore pour certaines espèces) qui provoque des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes au niveau moléculaire, biochimique et physiologique (Yamaguchi et Blumwald, 2005).

Les légumineuses sont considérées comme des espèces sensibles aux sels, puisque leur croissance est généralement diminuée à des concentrations de 50 meq.l^{-1} de NaCl. De plus, elles présentent une grande variabilité pour la résistance au sel et plusieurs d'entre elles répondent à la salinité par l'exclusion de Cl^- des parties aériennes.

Face à ces différentes contraintes environnementales, les plantes ont développé d'autres moyens non moins efficaces tels que l'ajustement ionique afin de réduire et d'équilibrer la concentration d'ions dans le but d'ajuster la pression osmotique au niveau du cytoplasme (Sairam et Tyagi, 2004; Shabala et Cuin, 2008). Ce dernier objectif peut être assuré par une augmentation des concentrations de potassium, outre celle des composés osmotiques compatibles (Munns et Tester, 2008).

La synchronisation et la coordination, au niveau cellulaire, de tous ces mécanismes sont sensées faire acquérir à la cellule et par conséquent à la plante entière suite à leur intégration avec d'autres processus entrant en jeu au niveau de la plante entière un niveau d'adaptation et de tolérance permettant à la cellule de poursuivre sa croissance, certes non sans dégâts, mais au moins de survivre et faire face à cette contrainte environnementale. Dans le pire des cas, l'insuffisance et l'inefficacité de ces mécanismes et stratégies développées par la plante au niveau cellulaire est synonyme de sa sensibilité et par conséquent de son incapacité de croître ni de survivre dans ces conditions (Hanana et *al.*, 2009).

Il convient de noter que les plantes sensibles à la salinité se caractérisent par une accumulation de Na^+ en quantités importantes au niveau foliaire sous tous les traitements salins ce qui limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{++} , avec un retard de croissance important est signalé chez la plupart des organes des deux variétés.

Les résultats obtenus montrent que la sensibilité des plantes est due à l'inhibition par le sel de transporter des éléments nutritifs et ou aux effets toxiques des ions Na^+ et Cl^- accumulés en excès dans les feuilles.

En fin, il ressort de cette étude comparative vis-à-vis de la salinité et les résultats obtenus nous pouvons remarquer que la variété Coco Rose a montré une sensibilité plus importante par rapport à la variété El Djadida face au stress salin.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Abdelbaki, G. K., F. Siefert, H. M. Man, H. Welner, R. Kaldenhoff and W. M. Kaiser., 2000:** Nitrate reductase in *Zea mays* L under salinity. *Plant Cell Environ.* 23:515-521.
- **Abu Awwad A.M et Akasheh O.Z., 1997:** Irrigation and soil surface management in arid soils with surface crust. *Journal of arids environments.* Vol 37, N°2 : p.243-25
- **Achour A., 2005:** L'effet du traitement salin sur l'évolution des Na⁺ et K⁺ chez L'*Atriplex halimus* L. Mémoire de Magister, Univ d'Oran ES-SENIA. 85 P.
- **Agastian P., Kingsley S.J., Vivekanandan M., 2000:** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38, 287–290.
- **Ahmad MH, Rafique Uddin M, McLaughlin W., 1984:** **Characterization** of indigenous rhizobia from wild legumes. *FEMS Microbiol. Lett.* 24: 197-203
- **Albacete A, Martínez-Andujar C, Ghanem ME, Acosta M, Sánchez-Bravo, Asins MJ, Cuartero J, Lutts S, Dodd IC, Pérez-Alfocea F., 2009:** Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence, and increased leaf area and crop productivity in salinized tomato. *Plant Cell Environ* 32:928–938
- **Aleberto Cuesta, Laiz-Carrion R, Del Rio MP M, Maseguer J, Mancera MJ, Angeles Esteban M., 2005:** Salinity influence the hormonal immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata* L .) *Fish & Shellfish Immunol* 18.
- **Alem C., Amri A., 2005:** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in Biology and Biotechnology*, Vol. 4, No. 1 : 20- 31
- **Allah CR., 1999:** grown tomato under saline conditions. In: Allah CR, ed. *Plant Salinity. Research, New Challenges*, pp 201-1203.
- **Allakhverdiev S.I., Nishiyama Y., Suzuki I., Tasaka Y., Sakamoto A., Murata N., 2000:** Genetic engineering of the unsaturation of fatty acids in membrane lipids altersthe tolerance of *Synechocystis* to salt stress. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA*, (96) p.5862-5867.
- **Alvarez, S., 2004 :** Modification du protéome et variations de la composition en métabolites : sucres solubles, amidon, acides organiques et proline au cour de l'acclimatation au froid associée à l'acclimatation au gel du pois. Thèse de doctorat en sciences. Université de Lille, France. 125pp.
- **Amrhein C., Strong J.E., Mosher P.A., 1992:** Effect of dieing salts on metal and organic matter mobilization in road- side soils. *Environmental Sci and Technology* 26: p. 703-709.
- **Amtmann, A., et Leigh, R., 2010:** Ion homeostasis. Chap. 12. Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction d'A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. p. 245–262.
- **Appert J ., 1992 :**Le stockage des produits vivriers et semenciers. Premier volume Dégâts, pertes et moyens de stockage. Ed. Maisonneuve et Larose Paris, pp : 1-97.
- **Araujo S.A.M., Silveira J.A.G., Almeida T.D., Rocha. I.M.A, Morais D.I., Viegas R.A., 2006:** salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. *Engenharia agricola e ambiental*, 10, 4, p. 848-2006.
- **Ashraf M., 1997:** Improvement of salt tolerance in some native pulse crops. In: Jaiwal P.K., Singh R.P. & Gulati A., eds. *Strategies for improvement of salt tolerance in higher plants*. New Delhi, India: Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd, 413-434.

B

- **Aydin A., Tusan M., sezen Y., 1997:** Effect of sodium salt on growth and nutrient uptake of spinach (*Spinacea oleracea*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). Beans (*Phaseolus* spp.) - Model Food Legumes. Plant and Soil 252: 55-128.
- **Belkhodja M., 1996:** Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minérale et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba* L.). Thèse de Doctorat en Es-science naturelle, 255 P.
- **Belkhodja M; Bidai Y; 2004 :** réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse, 15, (4), p. 331-335.
- **Ben Nacer M., Cheikh-M'hamed H., Maalem S., Rahmoune C., 2005:** Les indicateurs précoces de la tolérance à la salinité 1er Colloque Euro-méditerranéen de Biologie Végétale et Environnement, Annaba 28-30 Novembre 2005.
- **Benadji A., 2006:** Bilan minéral chez une halophyte (*Atriplex halimus* L.) stressé à la salinité. Mémoire de Magister en Ecophysiologie végétal, Université Es-Sania Oran, 75 p.
- **Benson DR, Silvester WB. 1993:** Biology of *Frankia* strains, actinomycete symbionts of actinorhizal plants. Microbiol Rev. 57: 293-319
- **Bernstein, N., Läuchli, A. and Silk, W.K., 1993:** "Kinematics and dynamics of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) leaf development at various Na/Ca salinities. I. Elongation and growth». *Plant Physiology* 103, pp. 1107-1114.
- **Berthomieu P., Conéjéro G., Nublat A., Brackenbury W.J., Lambert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah P.A., Tester M., Verry A-A, Sentenac H. & Casse F., 2003:** Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal* 22: 2004-2014.
- **Bewley JD, Black M., 1994 :** Seeds: Physiology of development and germination, Plenum Press, New York,
- **Blumwald, E., Grover, A., ET Good, A.G., 2004:** Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities. 2004 « New directions for a diverse planet ». Dans Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 September – 1 October 2004, Brisbane, Australia. [CDROM]. Web site www.cropscience.org.au
- **Bohnert HJ, Jensen RG. 1996:** Metabolic engineering for increased salt tolerance — the next step. *Aust J Plant Physiol*, 23:661-667.
- **Bollinger A., 1970:** Culture maraîchère Légumineuses : Haricot, Documentation dans les rotations intégrant les cultures de légumes industriels en Hesbaye. Les dossiers de la recherche agricoles.
- **Borsani, O., Valpuesta, V., et Botella, M.A., 2003:** Developing salt tolerant plants in a new century: a molecular biology approach. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 73(2): 101–115.
- **Bouaouina S., Zid E. Hadji M., 2000:** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). CIHEAM, Options Méditerranéennes Série A (40) : 239-243.
- **Boudsocq, M., et Sheen, J., 2010:** Stress signaling II: Calcium sensing and signaling. Chap. 4. Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction d'A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. p. 75–90.
- **Brady N.C. & Weil R.R., 2002:** The nature and properties of soils. 13th edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- **Bretraudeau J. et Fauré Y., 1992 :** Atlas d'arboriculture fruitière, V1., Edition 3^e, Editions Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 289 P.

- **Brosché, M., Overmyer, K., Wrzaczek, M., Kangasjärvi, J., et Kangasjärvi, S., 2010:** Stress signaling III: Reactive oxygensSpecies (ROS). Chap. 5. Dans Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. p. 91–102.
- **Broughton WJ, Hernandez G, Blair M, Beebe S, Gepts P, Vanderleyden J., 2003:** Beans (*Phaseolus* spp.) . Model food legumes. Plant and Soil 252: 55–128

C

- **Chadli R., Belkhodja M., 2007:** Réponses minérales chez la fève (*Vicia faba* L.) au stress salin. European journal of scientific research, vol. 18, N°4: 645-654
- **Chalck PM., 1998:** Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review. Aust. J. Res 49: 303-316
- **Chartzoulakis K., Klapaki G., 2000:** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hortic. 86, 247–260.
- **Cherbuy B., 1991:** Les sols sales et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170 P.
- **CIAT. 1992:** Constraints to and opportunities for improving bean production. A planning document 1993–98. An achievement document 1987–92, CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia.
- **Clarcke J M., Mclaig T M., 1989:** Excised leaf water capacity as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. Can. J. Plant Sci. 62: 571-578.
- **Claussen M, Luthen H, Blatt M, Bottger M., 1997:** Auxin induced growth and its linkage to potassium channels. Planta 201: 227-234
- **Collins NC, Tardieu F, Tuberosa R., 2008:** Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: where do we stand? Plant Physiol 147:469–486.
- **Cramer G R., 1997:** Uptake and role of ions in salt tolerance, in P K JAIWAL., R P SINGH and A GULATI, (Eds). Strategies for improving salt tolerance in higher plants, Oxford and IBH publishing CO. Pvt. Ltd, New Delhi: 55-86.
- **Cramer, G. R., Lauchli, A. et Polito, V. S., 1985:** Displacement of Ca^{2+} by Na^+ from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress. Plant Physiology 79: 207–211.

D

- **Dita M.A., Rispail N., Prats E., Rubiales D. & Singh K.B ., 2006 :** Biotechnology approaches to overcome biotic and abiotic stress constraints in legumes. Euphytica 147: 1-24.
- **Djili K., Daoud Y., 2000 :** Influence des hauteurs des précipitations sur la répartition du calcaire et du pourcentage de sodium échangeable dans les sols du Nord de l'Algérie. Sécheresse vol. 11, (1), p. 37-43.
- **Doyle JJ, Luckow MA ., 2003 :** the rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiol 131: 900-910
- **Dubey, R.S., 1997:** Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M. Pessarakli, (ed.), *Handbook of Photosynthesis*, Marcel Dekker, New York, pp. 859-875.

E

- **El Hendawy, S. E. S., 2004:** Salinity tolerance in Egyptian Spring Wheat: thèse de Doctorat d'Etat. Université München, Allemagne, pp.1-13.
- **Erik A., Ottow E A., Brinker M., Teichmann T., Fritz E., Kaiserw., Brosche M., Kangasj A., Jiang X., Polle A., 2005:** *Populus euphratica* displays apoplastic sodium accumulation, osmotic ajustement by decreases in calcium and soluble carbohydrates, and develops leaf succulence under salt stress. Institut Forst botanic, Georg-August Universita Gottingen Germany. Plant biology department of biolocal and environment science.

- F**
- **FAO., 1996** : Tunisie Rapport de pays pour la conférence technique internationale de la FAO sur les ressources phylogénétiques, Ministère De L'Agriculture Tunis
 - **FAO., 2005** : Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols, Manuel de formation, Projet Intrants Promotion de l'Utilisation des Intrants agricoles par les Organisations de Producteurs 7-9P
 - **Flores P., Botella M.A., Martinez V., Cedra A., 2000:** Ionic and osmotic effects on nitrate reductase activity in tomato seedlings. *J. Plant Physiol.* 156, 552–557.

- G**
- **Gale J., 1967:** Changes in the water balance and photosynthesis of onion, bean and cotton plants under saline conditions. *Plant*; 20, 2: 408-20.
 - **Gama P. B. S., Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R ., 2007:** Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 6 (2), pp. 079-088
 - **Gautheret, R., 1981** : Effet du chlorure de sodium sur la croissance et l'alimentation minérale de citrus aurentium L. (bigaradier) et de l'hybride Poncirus trifoliata *citru sinensis C.R.Acad .Se .Paris, T .292 .
 - **Gepts P, Beavis WD, Brummer EC, Shoemaker RC, Stalker HT, Weeden NF, Young ND., 2005:** Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. *Plant Physiology* 137: 1228– 1235.
 - **Ghoulam, C., Foursy, A. and Fares, K., 2002:** Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.* **47**, 39-50.
 - **Gordon Mm., 2004** : Haricots secs : Situation, perspectives et Agroalimentaire. Canada. pp: 1-7.
 - **Gorham, J., 1993:** Genetics and physiology of enhanced K/Na discrimination. In: Randall, P (Ed.), Genetic Aspect of Plant Mineral Nutrition. Kluwer, Dordrecht, pp.151-159.
 - **Grachev V.A., Lycebimova I et Ralvov A., 1997:** Threshold indices of sodium peptization capacity in soils Pochvovedinie 8: p.966-972.
 - **Grant R., Cramer Gr., Epistein E., Et Läuchli A., 1991:** Effect of sodium, potassium and calcium on salt stressed barley II. Elemental analysis, physiol plant, 81:197-202.
 - **Greenway H. & Munns R., 1980:** Mechanisms of salt tolerance in non halophyte. *Ann. Rev. Plant Physiol.* (31): 149-190.
 - **Greenway H. & Osmond C.B., 1972:** Salt response of enzymes from species differing in salt.
 - **Guignard JL., 1998** : Biochimie végétale, molécules de la croissance collection Abrégé .p 234.
 - **Guillermo E., Santa-Maria., Epstein E., 2001:** Potassium / sodium selectivity in wheat and the amphiploid cross, wheatx *Lophopyrum elongatum*. *Plant Science* 160: 523-534.
 - **Güneş, A., Inal, A., Alpaslan, M. and Çıkılı, Y., 1999:** Effect of salinity on P induced Zn deficiency in peper plants. *Tr.J. of Agriculture and Forestry* **23**,459-464.

- H**
- **Haddad, S. and Coudret, A, 1991:**“Effets de l’adjonction de KCl ou de CaCl₂ sur la tolérance au NaCl chez deux cultivars de triticales (Clercal et Beagle)”. *Canadian Journal of Botany* 69, pp. 2113-2121.
 - **Hajji, M, 1980** : La responsabilité de la racine dans la sensibilité du Laurier-rose au chlorure de sodium. *Physiologie Végétale* 18 (3), pp. 505-515.
 - **Halitim A., 1986** : Projet du programme de recherche sur l'utilisation du rejet de l'industrie phosphatière en agriculture. Polycopies 35p.

- **Hamdy.A.,1999:**Saline irrigation assessment for a sustainable use saline irrigation Halophyte production and utilization , project n° IC 18CT 96-0055, p 152-26.
- **Hamza M., 1977 :** Action de différents régimes d'apport du chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses : *Phaseolus vulgaris* (sensible) et *Hedysarum carnosum* (tolérante). Relations hydriques et relations ioniques. *Thèse d'État. Paris* : Université de Paris VII, 252 p.
- **Hanana. M., Hamrouni L. , Cagnac O et Blumwald E., 2009 :** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. Publié à l'adresse www.nrcresearchpress.com/er, le 5 mai 2011. par NRC Research, 136 P.
- **Haouala F., Ferjani H., Ben 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 du ray-grass anglais du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11(3).235-244.
- **Hassani, A., Dellal, A., Belkhodja, M. and Kaid- Harche, M, 2008. :** Effet de la Salinité Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare*)". *European Journal of Scientific Research* 23 (1), pp. 61-69
- **Hayashi, H. and N. Murata., 1998:** Genetically Engineered Enhancement of Salt Tolerance in Higher Plants. In: *Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation*, Sato Murata, N. (Ed.). Elsevier, Amsterdam, pp: 133-148.
- **Hellali R., 2002:** rôle du potassium dans la physiologie de la plante atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspectives de la recherche institut national agronomique de Tunisie 6p.
- **Heller R., Robert E., Claude L., 1998 :** Physiologie végétale. 1. Nutrition. Edit. Duno, Paris, 322 p.
- **Hernandez, J.A., A. Jimenez, P. Mullineaux and F. Sevilla., 2000:** Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defenses. *Plant Cell Environ.*, 23: 853-862
- **Hernandez, P., A. Martin and G. Dorado., 1999:** Development of SCARs by directs sequencing of RAPD products: A practical tool for the introgression and marker-assisted selection of wheat. *Mol. Breed.*, 5: 245-253.
- **Hoagland, D.R. and Arnon, D.I, 1938:**"The water culture method for growing plants without soil". *California Agriculture Exp. Sta. Circ.* pp. 347.
- **Hoffman GJ, Phene CJ., 1971:** Effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. *Trans ASAE*; 14: 1103-6.
- **Hopkins W. G., 2003 :** Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck, p 66-81.

I

- **Iserin P., 1997 :** Encyclopédie des plantes traditionnelles, identification, préparation, soin. Ed. Lavoisier, 95 p.

J

- **Jha PK, Nair S, Gopinathan MC, Babu CR ., 1995:** Suitability of rhizobia-inoculated wild legumes *Argyrobium flaccidum*, *Astragalus graeolens*, *Indigofera gangetica* and *Lespedeza stenocarpa* in providing a vegetational cover in an unreclaimed lime stone quarry. *Plant Soil* 177: 139- 149.
- **Jia W, Wang H, Zhang CH, Zhang J., 2002:** Salt-stress-induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. *J Exp Bot* 53: 2201-2206.

K

- **Kao, R. K. Jaiswal, W. Kolch, and G.E. Landreth., 2001:** Identify cation of the mechanisms regulating the differential activation of the mapk cascade by epidermal growth factor and nerve growth factor in PC12 cells. *J. Biol. Chem.* 276:18169–18177.

- **Kaur N., Gupta A. K., 2005:** Signal transduction pathways under abiotic stress in plants. *Current Science*, Vol.88, N°11, pp.1771-1779.
- **Kenfaoui A., 1997 :** La salinité des eaux d'irrigation .Synthèse bibliographique réalisée par les élèves ingénieurs de l'école nationale du génie rural des eaux et des forêts de Montpellier
- **Kennedy BF, De Filippis LF., 1999:** Physiological and oxidative response to NaCl of the salt tolerant *Grevillea ilicifolia* and the salt sensitive *Grevillea arenaria*. *Journal of Plant Physiology* 155, 746-54
- **Khan M.H and Panda S.K., 2008:** Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl- Salinity stress, *Acta physiol plant*,30,90- 89.
- **Knight, H., 2000:** Calcium signaling during abiotic stress in plants. *Int. Rev. Cytol.* Vol. 195, pp. 269-325.
- **Knight, H., et Knight, M.R., 2001:** Abiotic stress signalling pathways: Specificity and cross-talk. *Trends Plant Sci.* 6(6): 262–267.
- **Kreimer .G, Melkonian .M, Oltum. JA and Latzko .E., 1988:** Stromal free Ca concentration and light mediated activation of chloroplast fructose-1,6Bisphosphatase. *Plant.physiol.*, **86**, p.423-428.
- **Kreimer .G, Surek .B, Woodrow. IE and Latzo .E., 1985:** Calcium binding by Spinach stromal proteins. *Planta*, **171**. P. 259-265.
- **Ksouri, R., Megdiche, W., Koyro, H.-W., et Abdelly, C., 2010:** Responses of halophytes to environmental stresses with special emphasis to salinity. *Adv. Bot. Res.* 53: 117–145
- **Kurban H, Saneoka H, Nehira K, Adilla R, Premachandra GS, 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.
- **Lafon J.P., Tharaud –Prayer C., Levy G., 1996 :** *Biologie des Plantes Cultivées. Tome I. Org Phys De La Nutrition ;* Ed. Lavoisier, p.153-160. 165.
- **Lamzeri, H., 2007 :** Réponses écophysologiques de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. molle*) soumises à un stress salin. Thèse de magistère en Ecologie et Environnement .Option : Ecologie végétale. Université Mentouri Constantine. 141p.
- **Läuchli A., Stelter W., 1982:** Salt tolerance of cotton genotypes in relation to K/Na selectivity. *Plenum press New-York*: 511-514.
- **Laurent L., 1991.** Eléments minéraux. In: *Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires.* Vol 4. Ed. Lavoisier. Paris, pp : 79-79.
- **Lefebvre, V., 2005 :** Caractérisation des gènes *AtNCED* impliqués dans la biosynthèse de l'acide abscissique dans la graine d'*Arabidopsis thaliana*. Thèse de PhD en Biologie cellulaire et moléculaire, INAPG, 101 p.
- **Levigneron A., Lopez F., Vansnyt G., Berthomieu P. ,Fouriroy P.,Casse-Delbart F., 1995 :** Les plantes face au stress salin. *Cahier Agriculture.* V 4, n° 4, p 263-273.
- **Levitt J., 1980:** Responses of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt, and other stresses, *Academic Press*, New York, pp. 365-488.
- **Levy, Y., and Shalhevet , J.,1990:** Ranking the tolerance of citrus rootstocks by juice analysis . *Sci. Hort.* 45 , 89-98
- **Lichtenthaler H.K., 1996:** Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants .*Journal of Plant Physiology* 148: 4-14.

L

- **Longstreth DJ et Nobel .P.S., 1979: Salinity effects on leaf anatomy: consequences for photosynthesis.** Plant Physiol. Apr **63**(4):700–703.
- **Lutts, S., Majerus, V., et Kinet, J.-M., 1999: NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa*) seedlings.** Physiol. Plant. 105(3): 450–458.
- **Lynch J., Cramer Gr., Lauchli A., 1987: Salinity reduces membranes accumulated Ca^{++} in corn root protoplasts.** Pl. Phy., 83, p: 390- 394.

M

- **Maas, E. V. and Grieve, C. M., 1990: Spike and leaf development in salt-stressed wheat.** *Crop Sci.* **30**, 1309-1313.
- **Mahajan, S., Pandey, G.K., et Tuteja, N., 2008: Calcium- and salt stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway.** Arch. Biochem. Biophys. 471(2): 146–158
- **Marshner H., 1986: Mineral nutrition of higher plants.** (ed), Academic Press, New York.
- **Martinez J.P., Kinet J.M., Bajii M., Lutts S., 2005: NaCl alleviates polyethylene glycol- induced water stress in the halophyte species *Atriplex halimus* L.** Journal of Experimental botany ,(419),p. 2421-2431.
- **Martinez J.P., Silva H., Ledent J.F. & Pinto M., 2007: Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.).** European Journal of Agronomy 26: 30-38.
- **Martin-Prevel P., Gagnard J., Gautier P., Drouineau G., 1984 :Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales.** Technique et documentation- Lavoisier, p.161-179.
- **Maser P, Gierth M, Schroeder JL, 2002: Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants.** Plant Soil 247: 43–54.
- **Mazars C., Bourque C., Mithöfer A., Pugin A., Ranjeva R., 2008: Calcium homeostasis in plant cell nuclei.** New Phytologist (2008)
- **Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A., 2001: Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress.** J. Plant Nutr. 24, 599–612.
- **Mezni M., Albouchi A., Bizid E., Hamza M., 2002: Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) .**Agronomie. 22: 283-291.
- **Mitsuya S, Takeoka Y and Miyake H ., 2000: Affects of sodium chloride on foliar ultrastructure of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) plantlets grown under light and dark conditions in vitro.** Journal of Plant Physiology 157, 661-667
- **Mohammad M., Shibli R., Ajouni M., Nimri L., 1998: Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition.** J. Plant Nutr. 21, 1667–1680.
- **Mouhhouche B et Boulassal M., 1999 : Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides.** Recherche Agronomiques, 4:15-23.
- **Mulholland B.J., Taylor I.B., Jackson A.C. & Thompson A.J., 2003: Can ABA mediate responses of salinity stressed tomato.** Environmental and Experimental Botany 50: 17-28.
- **Munns R., 2002: Comparative physiology of salt and water stress.** Plant Cell Environ 25: 239–250.
- **Munns R., 2005: Genes and salt tolerance: bringing them together.** New Phytologist 167: 645- 663.

- **Munns R., et Termaat A., 1986:** Whole plant response to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143-160.
- **Munns R., James R.A., Lauchli A., 2006:** Approches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), P.1025-1043.
- **Munns, R., et Tester, M. 2008:** Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59(1): 651–681.
- **Murata, Y., Yoshihashi, M., Obi, I., et Kakutani, T., 1998 :**Ca²⁺ regulation of outward rectifying K⁺ channel in the plasma membrane of tobacco cultured cells in suspension: a role of the K⁺ channel in mitigation of salt-stress effects by external Ca²⁺. *Plant Cell Physiol.* 39: 1039–1044.

N

- **Navarro A R., Rubio F., 2006:** High-affinity potassium and sodium transport systems in plants *Journal of Experimental Botany*. 57(5):1149-1160
- **Nimbalkar JD., Joshi GV, 1975:** Effect of increasing salinity on germination, growth and mineral metabolism of sugarcane var. co. 740. *J. Biol. Sci.* **18**, p. 55–63.

O

- **Ober ES, Sharp RE., 1994:** Proline accumulation in maize (Zae Mays L.) primary roots at low water potentials.I. Requirement for increased levels of abscisic acid. *Plant Physiol* 105: 981-987.
- **Ottow E A., Brinker M., Teichman T., Fritz E., Kaiser W., Broské M., Kangasjärvi Jiang X., Polle A., 2005:** *Populus euphratica* Sodium Accumulation, osmotic adjustment by decreases in develops leaf succulence under salt stress. *Plant Physiology* 139: 1762- 1772.
- **Ouerghi Z., Zid E., Hadji M., Soltani A., 2000:** Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salé. In ROYO C., NACHIT MM., DIFONZO N., ARAUS JL., (eds). *Durum wheat improvement in the mediterranean region: New challenges: l'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: Nouveaux défis*. Zaragoza: CIHEAM. IAMZ: 309-313.
- **Ould El Hadj-Khelil A., 2001:** Contribution à l'étude de réponses métaboliques de la tomate à la salinité. Thèse de doctorat en Science de la Vie et de l'Environnement, Université de Rennes-I (France). 117 P.

P

- **Pardo, J.M., 2010.** Biotechnology of water and salinity stress tolerance. *Curr. Opin. Biotechnol* 21(2): 185–196.
- **Parida A., Das A.B., Das P., 2002:** NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera arvilla*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol.* 45, 28–36.
- **Parida A.K., Das A.B., 2005:** Salt tolerance and salinity effect on plants: review.*Ecotoxicology and Environmental Safety*.Vol.60, pp. 324-349.
- **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.
- **Payakapong W, Tittabutr P, Teaumroong N, Boonkerd N, Singleton PW, Borthakur D ., 2006:** Identification of Two Clusters of Genes Involved in Salt Tolerance in *Sinorhizobium* sp. Strain BL3. *Symbiosis* 41: 47-51.
- **Pessarakli, M., 1991:** Formation of saline and sodic soils and their reclamation, *J.Environ .Sci.Health*, A26 (7): 1303-1320.
- **Pilot G, Gaymard F, Mouline K, Cherel I, Sentenac H ., 2003:** Regulated expression of Arabidopsis shaker K⁺ channel genes involved in K⁺ uptake and distribution in the plant. *Plant Mol Biol* 51: 773-787
- **Pinta M, 1980:**Spectrométrie d'absorption atomique, application à l'analyse chimique, tome 11, Ed Masson, pp 378-379.

Q

- **Quadir M and Coster J D., 2004:** crop and irrigation management strategies for saline- sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment* 2004, 1-19.

R

- **Rainey K.M. & Griffiths P.D., 2005:** Inheritance of heat tolerance during reproductive development in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 130, 700-706.
- **Rao DLN, Giller KE, Yeo AR, Flowers TJ., 2002:** The effect of salinity and sodicity upon nodulation and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum*). *Ann. Bot.* 89: 563–570.
- **Rawlins, S.L., 1981:** Water potential: Thermocouple psychrometry. In *Methods of Soil Analysis. Part 1*, A. Klute (Ed.), 2nd ed. Agron. Monogr.9 ASA and SSSA, Madison, WI.
- **Renard S., Goffork J.P., Frankinet., 2007:** Optimisation de l'efficience de l'azote technique de base a l'usage des formateurs, Alger 1970, pp : 1.
- **Rengel Z., 1992:** Disturbance of cell Ca²⁺ homeostasis as a primary trigger of Al toxicity syndrome *Plant Cell et Env.* 15: 931-938.
- **Roberts, S.K., et Tester, M., 1997:** A patch clamp study of Na⁺ transport in maize roots. *J. Exp. Bot.* 48(Special): 431–440
- **Rock, C.D., Sakata, Y., et Quatrano, R.S. 2010.** Stress signaling I: The role of abscisic acid (ABA). Cha.r 3. Dans *Abiotic stressadaptation in plants: Physiological, molecular and genomicfoundation*. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J.Bohnert et Govindjee. p. 33–73.
- **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 S., Lynne Whitehead Tony R. Larson Ian A. Graham and Pedro L. Rodriguez.,2008:** The Coenzyme A Biosynthetic Enzyme Phosphopantetheine Adenylyltransferase Plays a Crucial Role in Plant Growth, Salt/Osmotic Stress Resistance, and Seed Lipid Storage. *Plant Physiol.* 148: 546-556.

S

- **Sairam, R.K., Tyagi, A., 2004:** Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.* 86: 407–421.
- **Sanchez-blanco,M.J.,Bolarin,M.AlarconJ.J.,and TorrecilasA. ., 1991 :**Salinity effect on water relations in *Lycopersicon esculentum* and its wild salt-tolerant relative species *L.penneli*.*Physiologia plantarum* 83 :269-274.
- **Sanders, D., Brownlee, C., Harper, J.F., 1999:** Communicating with calcium. *Plant Cell*, 11(4): 691–706
- **Shabala, S., et Cuin, T.A., 2008 :** Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiol. Plant.* 133(4): 651–669.
- **Sharma K.K. & Lavanya M., 2002:** Recent developments in transgenic for abiotic stress in legumes of the semi-arid tropics. *JIRCAS Working Report* 23: 61-73.
- **Shinozaki, K., et Yamaguchi-Shinozaki, K., 2006:** Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *J. Exp. Bot.* 58 (2): 221–227.
- **Singh S.C., Sinha R.P., Hader D.P., 2002:** Role of lipids and fatty acids in stress tolerance in cyanobacteria. *Acta Protozool.* 41, 297–308.
- **Sinha S K & Watters Fl., 1980 :** Insectes des minoteries, des silos éleveurs, 311 p.
- **Skiredj A., 2007 :** Notions de base sur l'absorption des racines. Département d'Horticulture/IAV Hassan II/ Rabat/ Maroc.

- **Sohan, D., Jasoni, R. and Zajicek, J., 1999:** Plant-water relations of NaCl and calcium-treated sunflower plants. *Environ. Exp. Bot.* 42, 105-111.
- **Soltner D., 1990-** Les bases de la reproduction végétale. Sol, climat, plante. Ed. Lavoisier, 464 p.
- **Soussi M, Ocana A, Lluch C., 1998:** Effects of salt stress on growth, photosynthesis and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J. Exp. Bot.* 49: 1329–1337.
- **Spollen WG, Le Noble ME, T.D. S, Bernstein N, Sharp RE., 2000:** Absciscic acid accumulation maintains maize primary root elongation at low water potentials by restricting ethylene production. *Plant Physiol* 122: 967-976.
- **Strogonov B.P., 1964:** Physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various type of salinity. London: Oldbourne Press: 163-204.

T

- **Tafforeau, M. ,2002 :** Etude des phases précoces de la transduction des signaux environnementaux chez le lin : une approche protéomique. Thèse de doctorat en biochimie végétale. Université de Rouen. France. 255p.
- **Taiz L. and Zeiger E., 2002 :**Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, 427 p.
- **Tal M. (1985)** Genetics of Salt tolerance in higher plants theoretical consideration. *Plant and Soil* 89 : 199-226
- **Tal M., 1984:** Selection for stress tolerance .In hand book of plant cell culture. Technique for propagation and breeding (D.A.Ewans, W.R.Sharp, P.V.Ammirato and Y.Yamadou, eds).Vol.I.p.461-488.Mac Millan publishing, co., New York. ISBN 0-02-9492 30-0.
- **Tessier D., 1984 :** Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et de la réhumectation. Thèse de Doc, chap VII : 326p.
- **Tester, M., et Davenport, R.J., 2003:** Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.* (Lond.), 91 (5): 503–527..
- **Turan M., Sezen S., 2007:** Effect of salt stress on plant nutrition uptake. University of Atatürk, Faculty of Agriculture, Turkey.

V

- **Vincent, R., 2006 :** Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat. Biologie. Université de Rennes 1. 237p.
- **Vinocur B., Altman A., 2005:** Recent advance in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current Opinion in Biotechnology* 16, 123–132.

W

- **Wang H, Qi Q, Schorr P, Cutler AJ, crosby W, Fowke LC., 1993:**ICK1, a cyclin dependent protein kinase inhibitor from *Arabidopsis thaliana* interacts with both cdc2a and CycD3, and its expression is induced by abscisic acid. *Plant J* 15: 501-510.
- **Wang Y., 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. Biotechnology.* 75, 623–627.
- **Weimberg R., 1987:** Solute adjustments in leaves of two species of wheat at to different stages of growth in response to salinity. *Physiol.plantarum*, 70, p.381-388.
- **Winicov II, Bastola DR., 1999:** transgenic Overexpression of the transcription factor alfin1 enhances expression of the endogenous MsPRP2 gene in alfalfa and improves salinity tolerance of the plants. *Plant Physiol* 120: 473-80.
- **Wu J.L., Seliskar D.M., Gallagher J.L., 1998:** Stress tolerance in the marsh plane *Spartina patens*: impact of NaCl on growth and root plasma membrane lipid composition. *Physiol. Plant.* 102, 307–317.

- **Wu Y, Spollen WG, Sharp RE, Hetherington PR, Fry SC., 1994:** Root growth maintenance at low water potentials increased activity of xyloglucan endotransglycosylase and its possible regulation by abscisic acid. *Plant Physiol* 106: 607-615.

Y • **Yamaguchi, T., et Blumwald, E., 2005:** Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends Plant Sci.* 10(12):615-620

- **Yamaguchi-Shinozaki, K., et Shinozaki, K. 2005:** Organization of cisacting regulatory elements in osmotic- and cold-stress-responsive promoters. *Trends Plant Sci.* 10(2): 88–94.

- **Yeo A., 1998 :** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany* 49: 915-929.

Z • **Zahow M.F et Amrhein C., 1992:** reclamation of a saline sodic soil using synthetic polymers and gypsum. *Soil Science Society. American journal* 56: p.1257-1260.

- **Zahran HH (1991)** conditions for successful *Rhizobium*-legume symbiosis in saline environments. *Biol. Fertil. Soils* 12: 73-80.

- **Zahran HH (2001)** Rhizobia from wild legumes: diversity, taxonomy, ecology, nitrogen fixation and biotechnology. *Journal of Biotechnology* 91: 143–153.

- **Zhang HX, Hodson JN, Williams JO, Blumwald E (2001)** engineering salt-tolerant Brassica plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98: 12832-12836.

- **Zhu .JK (2002)** Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol* 53:247-273.

- **Zhu .JK (2003)** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in plant biology* 6: 441-445.

- **Zid, E et Grignon C., 1991-** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress, cas des stress salin et hydrique. *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. Ed. Aupelf-Uref : p.91-108.

- **Zid, E. and Grignon, C, 1986.** “Effets comparés de NaCl, KCl et Na₂SO₄ sur la croissance et la nutrition minérale de jeunes *Citrus aurantium L*”. *Oecologia Plantarum* 7 (4), pp. 407-416.

Biblio.net

- **Anonym 1** <http://isaisons.free.fr/haricot.htm>.
- **Anonym 2** <http://fr.wikipedia.org/wiki/Haricot>

ANNEXES

Tableau1 -Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1938).

Produit	Formule Chimique	Concentration En g.l ⁻¹
Nitrate de potassium	KN0 ₃	191.90
Nitrate de calcium	(N0 ₃) ₂ Ca 4H ₂ O	129.80
Nitrate d'ammonium	NO ₃ NH ₄	210
Sulfate de magnésium	S0 ₄ Mg 7H ₂ O	61.5
Phosphate monopotassique	PO ₄ H ₂ K	54.40
Hydrogenophosphate di-potassium	PO ₄ K ₂ H 3H ₂ O	34.23
Chlorure de manganèse	Cl ₂ Mn 4H ₂ O	1.80
Sulfate de cuivre	Cu S0 ₄ 5H ₂ O	0.176
Sulfate de zinc	Zn SO ₄ 7H ₂ O	0.219
Acide borique	H ₃ BO ₃	2.861
Molybdate d'ammonium	M0 ₇ O ₂₄ (NH ₄)7H ₂ O	0.285
Complexe ferrique EDTA Ferrique	(C ₁₀ H ₁₂ FeN ₂ Na0 ₈)	0.050

Tableau2 - Composition de la solution saline.

	Témoin	100 meq.l ⁻¹	200 meq.l ⁻¹
NaCl g.l ⁻¹	0	5.84	11,7

	Témoin	100 meq.l ⁻¹	150 meq.l ⁻¹
CaCl ₂ g.l ⁻¹	0	5.54	8,31

- Calcul de la capacité de rétention du substrat

L'arrosage des plantes est réalisé en tenant compte de la capacité de rétention du substrat calculé de la manière suivante :

Nous avons déposé 100 g de sol (P1) dans un petit pot en plastique perforé à sa base, le tout est posé dans une boîte de pétri, ensuite l'eau est versée dans le pot jusqu'à saturation, ce dernier est déposé sur la paille pour décantation ; au bout de 24h, le pot et le sol sont pesés, le poids est égal à 113,33 (P2) :

- Soit $P2 - P1 = 13,33$ g (densité de l'eau = 1) d'où le volume d'eau pour 100 g de terre est égal à 13,33 ml.

- Il faut réduire le poids du pot = 5g soit le volume final de l'eau est de 8,33 ml pour 100 g de terre.

Nous avons pour 100g de terre 8,33 ml d'eau, pour 2500 g de terre le volume est de 208,3 ml d'eau utilisé pour l'arrosage de chaque plante à 100% de la capacité de rétention du sol, soit 125ml à 60% de la capacité de rétention.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
PFF	TBM0INS	NACL100	,7400	,291	,015	,1522	1,3278
		NACL200	3,3200*	,274	,000	2,7659	3,8741
		NACL+CACL2 100	,2667	,265	,321	-,2699	,8032
		NACL+CACL2 150	,2533	,260	,336	-,2724	,7790
	NACL100	TBM0INS	-,7400	,291	,015	-,13278	-,1522
		NACL200	2,5800	,217	,000	2,1419	3,0181
		NACL+CACL2 100	-,4733	,206	,027	-,8889	-5,772E-02
		NACL+CACL2 150	-,4867	,199	,019	-,8882	-8,515E-02
	NACL200	TBM0INS	-3,3200*	,274	,000	-3,8741	-2,7659
		NACL100	-2,5800*	,217	,000	-3,0181	-2,1419
		NACL+CACL2 100	-3,0533*	,181	,000	-3,4199	-2,6868
		NACL+CACL2 150	-3,0667*	,173	,000	-3,4171	-2,7162
	NACL+CACL2 100	TBM0INS	-,2667	,265	,321	-,8032	,2699
		NACL100	,4733*	,206	,027	5,772E-02	,8889
		NACL200	3,0533*	,181	,000	2,6868	3,4199
		NACL+CACL2 150	-1,333E-02	,159	,934	-,3353	,3086
	NACL+CACL2 150	TBM0INS	-,2533	,260	,336	-,7790	,2724
		NACL100	,4867*	,199	,019	8,515E-02	,8882
		NACL200	3,0667*	,173	,000	2,7162	3,4171
		NACL+CACL2 100	1,333E-02	,159	,934	-,3086	,3353
PFT	TBM0INS	NACL100	3,667E-02	,028	,197	-1,987E-02	9,320E-02
		NACL200	,1667*	,026	,000	,1134	,2200
		NACL+CACL2 100	-1,000E-02	,026	,697	-6,161E-02	4,161E-02
		NACL+CACL2 150	-4,000E-02	,025	,118	-9,057E-02	1,057E-02
	NACL100	TBM0INS	-3,667E-02	,028	,197	-9,320E-02	1,987E-02
		NACL200	,1300*	,021	,000	8,786E-02	,1721
		NACL+CACL2 100	-4,667E-02*	,020	,023	-8,664E-02	-6,690E-03
		NACL+CACL2 150	-7,667E-02*	,019	,000	-,1153	-3,805E-02
	NACL200	TBM0INS	-,1667*	,026	,000	-,2200	-,1134
		NACL100	-,1300*	,021	,000	-,1721	-8,786E-02
		NACL+CACL2 100	-,1767*	,017	,000	-,2119	-,1414
		NACL+CACL2 150	-,2067*	,017	,000	-,2404	-,1730
	NACL+CACL2 100	TBM0INS	1,000E-02	,026	,697	-4,161E-02	6,161E-02
		NACL100	4,667E-02*	,020	,023	6,690E-03	8,664E-02
		NACL200	,1767*	,017	,000	,1414	,2119
		NACL+CACL2 150	-3,000E-02	,015	,057	-6,097E-02	9,660E-04
	NACL+CACL2 150	TBM0INS	4,000E-02	,025	,118	-1,057E-02	9,057E-02
		NACL100	7,667E-02*	,019	,000	3,805E-02	,1153
		NACL200	,2067*	,017	,000	,1730	,2404
		NACL+CACL2 100	3,000E-02	,015	,057	-9,660E-04	6,097E-02
PFR	TBM0INS	NACL100	-,2533	,262	,340	-,7830	,2763
		NACL200	,3700	,247	,142	-,1294	,8694
		NACL+CACL2 100	-4,333E-02	,239	,857	-,5268	,4402
		NACL+CACL2 150	-,1433	,234	,544	-,6171	,3304
	NACL100	TBM0INS	,2533	,262	,340	-,2763	,7830
		NACL200	,6233*	,195	,003	,2286	1,0181
		NACL+CACL2 100	,2100	,185	,264	-,1645	,5845
		NACL+CACL2 150	,1100	,179	,542	-,2518	,4718
	NACL200	TBM0INS	-,3700	,247	,142	-,8694	,1294
		NACL100	-,6233*	,195	,003	-1,0181	-,2286
		NACL+CACL2 100	-,4133*	,163	,015	-,7436	-8,304E-02
		NACL+CACL2 150	-,5133*	,156	,002	-,8292	-,1975
	NACL+CACL2 100	TBM0INS	4,333E-02	,239	,857	-,4402	,5268
		NACL100	-,2100	,185	,264	-,5845	,1645
		NACL200	,4133*	,163	,015	8,304E-02	,7436
		NACL+CACL2 150	-,1000	,144	,490	-,3901	,1901
	NACL+CACL2 150	TBM0INS	,1433	,234	,544	-,3304	,6171
		NACL100	-,1100	,179	,542	-,4718	,2518
		NACL200	,5133*	,156	,002	,1975	,8292
		NACL+CACL2 100	,1000	,144	,490	-,1901	,3901

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
PSF	TEMOINS	NACL100	,1067	,063	,096	-1,994E-02	,2333
		NACL200	,5200*	,059	,000	,4006	,6394
		NACL+CACL2 100	4,333E-02	,057	,453	-7,224E-02	,1589
		NACL+CACL2 150	2,000E-02	,056	,723	-9,324E-02	,1332
	NACL100	TEMOINS	-,1067	,063	,096	-,2333	1,994E-02
		NACL200	,4133*	,047	,000	,3190	,5077
		NACL+CACL2 100	-6,333E-02	,044	,161	-,1529	2,619E-02
		NACL+CACL2 150	-8,667E-02*	,043	,050	-,1732	-1,779E-04
	NACL200	TEMOINS	-,5200*	,059	,000	-,6394	-,4006
		NACL100	-,4133*	,047	,000	-,5077	-,3190
		NACL+CACL2 100	-,4767*	,039	,000	-,5556	-,3977
		NACL+CACL2 150	-,5000*	,037	,000	-,5755	-,4245
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-4,333E-02	,057	,453	-,1589	7,224E-02
		NACL100	6,333E-02	,044	,161	-2,619E-02	,1529
		NACL200	,4767*	,039	,000	,3977	,5556
		NACL+CACL2 150	-2,333E-02	,034	,500	-9,268E-02	4,601E-02
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-2,000E-02	,056	,723	-,1332	9,324E-02
		NACL100	8,667E-02*	,043	,050	1,779E-04	,1732
		NACL200	,5000*	,037	,000	,4245	,5755
		NACL+CACL2 100	2,333E-02	,034	,500	-4,601E-02	9,268E-02
PST	TEMOINS	NACL100	2,333E-02	,053	,665	-8,475E-02	,1314
		NACL200	,2467*	,050	,000	,1448	,3486
		NACL+CACL2 100	6,667E-03	,049	,892	-9,200E-02	,1053
		NACL+CACL2 150	-1,000E-02	,048	,835	-,1067	8,667E-02
	NACL100	TEMOINS	-2,333E-02	,053	,665	-,1314	8,475E-02
		NACL200	,2233*	,040	,000	,1428	,3039
		NACL+CACL2 100	-1,667E-02	,038	,662	-9,309E-02	5,976E-02
		NACL+CACL2 150	-3,333E-02	,037	,367	-,1072	4,050E-02
	NACL200	TEMOINS	-,2467*	,050	,000	-,3486	-,1448
		NACL100	-,2233*	,040	,000	-,3039	-,1428
		NACL+CACL2 100	-,2400*	,033	,000	-,3074	-,1726
		NACL+CACL2 150	-,2567*	,032	,000	-,3211	-,1922
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-6,667E-03	,049	,892	-,1053	9,200E-02
		NACL100	1,667E-02	,038	,662	-5,976E-02	9,309E-02
		NACL200	,2400*	,033	,000	,1726	,3074
		NACL+CACL2 150	-1,667E-02	,029	,573	-7,587E-02	4,253E-02
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	1,000E-02	,048	,835	-8,667E-02	,1067
		NACL100	3,333E-02	,037	,367	-4,050E-02	,1072
		NACL200	,2567*	,032	,000	,1922	,3211
		NACL+CACL2 100	1,667E-02	,029	,573	-4,253E-02	7,587E-02
PSR	TEMOINS	NACL100	8,000E-02*	,025	,003	2,924E-02	,1308
		NACL200	,3000*	,024	,000	,2521	,3479
		NACL+CACL2 100	6,333E-02*	,023	,009	1,699E-02	,1097
		NACL+CACL2 150	3,667E-02	,022	,110	-8,736E-03	8,207E-02
	NACL100	TEMOINS	-8,000E-02*	,025	,003	-,1308	-2,924E-02
		NACL200	,2200*	,019	,000	,1822	,2578
		NACL+CACL2 100	-1,667E-02	,018	,354	-5,256E-02	1,923E-02
		NACL+CACL2 150	-4,333E-02*	,017	,016	-7,801E-02	-8,656E-03
	NACL200	TEMOINS	-,3000*	,024	,000	-,3479	-,2521
		NACL100	-,2200*	,019	,000	-,2578	-,1822
		NACL+CACL2 100	-,2367*	,016	,000	-,2683	-,2050
		NACL+CACL2 150	-,2633*	,015	,000	-,2936	-,2331
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-6,333E-02*	,023	,009	-,1097	-1,699E-02
		NACL100	1,667E-02	,018	,354	-1,923E-02	5,256E-02
		NACL200	,2367*	,016	,000	,2050	,2683
		NACL+CACL2 150	-2,667E-02	,014	,060	-5,447E-02	1,137E-03
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-3,667E-02	,022	,110	-8,207E-02	8,736E-03
		NACL100	4,333E-02*	,017	,016	8,656E-03	7,801E-02
		NACL200	,2633*	,015	,000	,2331	,2936
		NACL+CACL2 100	2,667E-02	,014	,060	-1,137E-03	5,447E-02

* La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Comparaisons multiples

Variable dépendante: PSRPSA

LSD

(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Borne supérieure
TEMOINS	NACL100	3,000E-02	,029	,312	-2,927E-02	8,927E-02
	NACL200	5,333E-02	,028	,061	-2,547E-03	,1092
	NACL+CACL2 100	3,000E-02	,027	,269	-2,411E-02	8,411E-02
	NACL+CACL2 150	2,000E-02	,026	,450	-3,301E-02	7,301E-02
NACL100	TEMOINS	-3,000E-02	,029	,312	-8,927E-02	2,927E-02
	NACL200	2,333E-02	,022	,292	-2,084E-02	6,751E-02
	NACL+CACL2 100	,0000	,021	1,000	-4,191E-02	4,191E-02
	NACL+CACL2 150	-1,000E-02	,020	,620	-5,049E-02	3,049E-02
NACL200	TEMOINS	-5,333E-02	,028	,061	-,1092	2,547E-03
	NACL100	-2,333E-02	,022	,292	-6,751E-02	2,084E-02
	NACL+CACL2 100	-2,333E-02	,018	,209	-6,029E-02	1,363E-02
	NACL+CACL2 150	-3,333E-02	,017	,064	-6,867E-02	2,008E-03
NACL+CACL2 100	TEMOINS	-3,000E-02	,027	,269	-8,411E-02	2,411E-02
	NACL100	,0000	,021	1,000	-4,191E-02	4,191E-02
	NACL200	2,333E-02	,018	,209	-1,363E-02	6,029E-02
	NACL+CACL2 150	-1,000E-02	,016	,537	-4,246E-02	2,246E-02
NACL+CACL2 150	TEMOINS	-2,000E-02	,026	,450	-7,301E-02	3,301E-02
	NACL100	1,000E-02	,020	,620	-3,049E-02	5,049E-02
	NACL200	3,333E-02	,017	,064	-2,008E-03	6,867E-02
	NACL+CACL2 100	1,000E-02	,016	,537	-2,246E-02	4,246E-02

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
CENDREF	TEMOINS	NACL100	-5,2933*	,611	,000	-6,5288	-4,0579
		NACL200	-22,0000*	,576	,000	-23,1648	-20,8352
		NACL+CACL2 100	-19,2233*	,558	,000	-20,3512	-18,0955
		NACL+CACL2 150	-19,5567*	,547	,000	-20,6617	-18,4516
	NACL100	TEMOINS	5,2933*	,611	,000	4,0579	6,5288
		NACL200	-16,7067*	,456	,000	-17,6275	-15,7858
		NACL+CACL2 100	-13,9300*	,432	,000	-14,8036	-13,0564
		NACL+CACL2 150	-14,2633*	,418	,000	-15,1073	-13,4193
	NACL200	TEMOINS	22,0000*	,576	,000	20,8352	23,1648
		NACL100	16,7067*	,456	,000	15,7858	17,6275
		NACL+CACL2 100	2,7767*	,381	,000	2,0062	3,5471
		NACL+CACL2 150	2,4433*	,365	,000	1,7066	3,1800
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	19,2233*	,558	,000	18,0955	20,3512
		NACL100	13,9300*	,432	,000	13,0564	14,8036
		NACL200	-2,7767*	,381	,000	-3,5471	-2,0062
		NACL+CACL2 150	-,3333	,335	,325	-1,0100	,3434
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	19,5567*	,547	,000	18,4516	20,6617
		NACL100	14,2633*	,418	,000	13,4193	15,1073
		NACL200	-2,4433*	,365	,000	-3,1800	-1,7066
		NACL+CACL2 100	,3333	,335	,325	-,3434	1,0100
CENDRET	TEMOINS	NACL100	-,1667	,864	,848	-1,9136	1,5803
		NACL200	-2,3300*	,815	,007	-3,9770	-,6830
		NACL+CACL2 100	-13,1000*	,789	,000	-14,6947	-11,5053
		NACL+CACL2 150	-14,4433*	,773	,000	-16,0058	-12,8808
	NACL100	TEMOINS	,1667	,864	,848	-1,5803	1,9136
		NACL200	-2,1633*	,644	,002	-3,4654	-,8613
		NACL+CACL2 100	-12,9333*	,611	,000	-14,1686	-11,6981
		NACL+CACL2 150	-14,2767*	,590	,000	-15,4700	-13,0833
	NACL200	TEMOINS	2,3300*	,815	,007	,6830	3,9770
		NACL100	2,1633*	,644	,002	,8613	3,4654
		NACL+CACL2 100	-10,7700*	,539	,000	-11,8594	-9,6806
		NACL+CACL2 150	-12,1133*	,515	,000	-13,1550	-11,0717
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	13,1000*	,789	,000	11,5053	14,6947
		NACL100	12,9333*	,611	,000	11,6981	14,1686
		NACL200	10,7700*	,539	,000	9,6806	11,8594
		NACL+CACL2 150	-1,3433*	,473	,007	-2,3002	-,3865
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	14,4433*	,773	,000	12,8808	16,0058
		NACL100	14,2767*	,590	,000	13,0833	15,4700
		NACL200	12,1133*	,515	,000	11,0717	13,1550
		NACL+CACL2 100	1,3433*	,473	,007	,3865	2,3002
CENDRER	TEMOINS	NACL100	-1,333E-02	,652	,984	-1,3321	1,3054
		NACL200	-19,9767*	,615	,000	-21,2200	-18,7333
		NACL+CACL2 100	-2,5133*	,596	,000	-3,7172	-1,3095
		NACL+CACL2 150	-13,0333*	,584	,000	-14,2128	-11,8538
	NACL100	TEMOINS	1,333E-02	,652	,984	-1,3054	1,3321
		NACL200	-19,9633*	,486	,000	-20,9463	-18,9804
		NACL+CACL2 100	-2,5000*	,461	,000	-3,4325	-1,5675
		NACL+CACL2 150	-13,0200*	,446	,000	-13,9209	-12,1191
	NACL200	TEMOINS	19,9767*	,615	,000	18,7333	21,2200
		NACL100	19,9633*	,486	,000	18,9804	20,9463
		NACL+CACL2 100	17,4633*	,407	,000	16,6410	18,2857
		NACL+CACL2 150	6,9433*	,389	,000	6,1570	7,7297
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	2,5133*	,596	,000	1,3095	3,7172
		NACL100	2,5000*	,461	,000	1,5675	3,4325
		NACL200	-17,4633*	,407	,000	-18,2857	-16,6410
		NACL+CACL2 150	-10,5200*	,357	,000	-11,2423	-9,7977
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	13,0333*	,584	,000	11,8538	14,2128
		NACL100	13,0200*	,446	,000	12,1191	13,9209
		NACL200	-6,9433*	,389	,000	-7,7297	-6,1570
		NACL+CACL2 100	10,5200*	,357	,000	9,7977	11,2423

* La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Comparaisons multiples

Variable dépendante: TEF

LSD

(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
					Borne inférieure	Borne supérieure
TEMOINS	NACL100	1,6967	1,117	,137	-,5603	3,9537
	NACL200	16,5700*	1,053	,000	14,4421	18,6979
	NACL+CACL2 100	,4267	1,019	,678	-1,6337	2,4870
	NACL+CACL2 150	,8467	,999	,402	-1,1720	2,8654
NACL100	TEMOINS	-1,6967	1,117	,137	-3,9537	,5603
	NACL200	14,8733*	,832	,000	13,1911	16,5556
	NACL+CACL2 100	-1,2700	,790	,116	-2,8659	,3259
	NACL+CACL2 150	-,8500	,763	,272	-2,3918	,6918
NACL200	TEMOINS	-16,5700*	1,053	,000	-18,6979	-14,4421
	NACL100	-14,8733*	,832	,000	-16,5556	-13,1911
	NACL+CACL2 100	-16,1433*	,696	,000	-17,5508	-14,7359
	NACL+CACL2 150	-15,7233*	,666	,000	-17,0691	-14,3775
NACL+CACL2 100	TEMOINS	-,4267	1,019	,678	-2,4870	1,6337
	NACL100	1,2700	,790	,116	-,3259	2,8659
	NACL200	16,1433*	,696	,000	14,7359	17,5508
	NACL+CACL2 150	,4200	,612	,496	-,8162	1,6562
NACL+CACL2 150	TEMOINS	-,8467	,999	,402	-2,8654	1,1720
	NACL100	,8500	,763	,272	-,6918	2,3918
	NACL200	15,7233*	,666	,000	14,3775	17,0691
	NACL+CACL2 100	-,4200	,612	,496	-1,6562	,8162

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
NAF	TEMOINS	NACL100	-4,6567*	,626	,000	-5,9218	-3,3916
		NACL200	-16,7333*	,590	,000	-17,9261	-15,5406
		NACL+CACL2 100	-5,4033*	,571	,000	-6,5582	-4,2484
		NACL+CACL2 150	1,9967*	,560	,001	,8651	3,1282
	NACL100	TEMOINS	4,6567*	,626	,000	3,3916	5,9218
		NACL200	-12,0767*	,467	,000	-13,0196	-11,1337
		NACL+CACL2 100	-,7467	,443	,099	-1,6412	,1479
		NACL+CACL2 150	6,6533*	,428	,000	5,7891	7,5176
	NACL200	TEMOINS	16,7333*	,590	,000	15,5406	17,9261
		NACL100	12,0767*	,467	,000	11,1337	13,0196
		NACL+CACL2 100	11,3300*	,390	,000	10,5411	12,1189
		NACL+CACL2 150	18,7300*	,373	,000	17,9756	19,4844
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	5,4033*	,571	,000	4,2484	6,5582
		NACL100	,7467	,443	,099	-,1479	1,6412
		NACL200	-11,3300*	,390	,000	-12,1189	-10,5411
		NACL+CACL2 150	7,4000*	,343	,000	6,7071	8,0929
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-1,9967*	,560	,001	-3,1282	-,8651
		NACL100	-6,6533*	,428	,000	-7,5176	-5,7891
		NACL200	-18,7300*	,373	,000	-19,4844	-17,9756
		NACL+CACL2 100	-7,4000*	,343	,000	-8,0929	-6,7071
NAR	TEMOINS	NACL100	-1,4467	1,024	,166	-3,5165	,6232
		NACL200	-8,2367*	,966	,000	-10,1881	-6,2852
		NACL+CACL2 100	2,6500*	,935	,007	,7605	4,5395
		NACL+CACL2 150	11,3300*	,916	,000	9,4787	13,1813
	NACL100	TEMOINS	1,4467	1,024	,166	-,6232	3,5165
		NACL200	-6,7900*	,763	,000	-8,3328	-5,2472
		NACL+CACL2 100	4,0967*	,724	,000	2,6331	5,5603
		NACL+CACL2 150	12,7767*	,700	,000	11,3627	14,1906
	NACL200	TEMOINS	8,2367*	,966	,000	6,2852	10,1881
		NACL100	6,7900*	,763	,000	5,2472	8,3328
		NACL+CACL2 100	10,8867*	,639	,000	9,5959	12,1774
		NACL+CACL2 150	19,5667*	,611	,000	18,3325	20,8009
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-2,6500*	,935	,007	-4,5395	-,7605
		NACL100	-4,0967*	,724	,000	-5,5603	-2,6331
		NACL200	-10,8867*	,639	,000	-12,1774	-9,5959
		NACL+CACL2 150	8,6800*	,561	,000	7,5463	9,8137
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-11,3300*	,916	,000	-13,1813	-9,4787
		NACL100	-12,7767*	,700	,000	-14,1906	-11,3627
		NACL200	-19,5667*	,611	,000	-20,8009	-18,3325
		NACL+CACL2 100	-8,6800*	,561	,000	-9,8137	-7,5463

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
CAF	TEMOINS	NACL100	16,0000*	,982	,000	14,0143	17,9857
		NACL200	21,9000*	,926	,000	20,0279	23,7721
		NACL+CACL2 100	-1,8700*	,897	,043	-3,6826	-5,736E-02
		NACL+CACL2 150	-2,5000*	,879	,007	-4,2760	-,7240
	NACL100	TEMOINS	-16,0000*	,982	,000	-17,9857	-14,0143
		NACL200	5,9000*	,732	,000	4,4200	7,3800
		NACL+CACL2 100	-17,8700*	,695	,000	-19,2741	-16,4659
		NACL+CACL2 150	-18,5000*	,671	,000	-19,8565	-17,1435
	NACL200	TEMOINS	-21,9000*	,926	,000	-23,7721	-20,0279
		NACL100	-5,9000*	,732	,000	-7,3800	-4,4200
		NACL+CACL2 100	-23,7700*	,613	,000	-25,0083	-22,5317
		NACL+CACL2 150	-24,4000*	,586	,000	-25,5840	-23,2160
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	1,8700*	,897	,043	5,736E-02	3,6826
		NACL100	17,8700*	,695	,000	16,4659	19,2741
		NACL200	23,7700*	,613	,000	22,5317	25,0083
		NACL+CACL2 150	-,6300	,538	,249	-1,7176	,4576
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	2,5000*	,879	,007	,7240	4,2760
		NACL100	18,5000*	,671	,000	17,1435	19,8565
		NACL200	24,4000*	,586	,000	23,2160	25,5840
		NACL+CACL2 100	,6300	,538	,249	-,4576	1,7176
CAR	TEMOINS	NACL100	-4,667E-02	,684	,946	-1,4299	1,3366
		NACL200	13,2600*	,645	,000	11,9558	14,5642
		NACL+CACL2 100	-4,4467*	,625	,000	-5,7094	-3,1839
		NACL+CACL2 150	-13,8900*	,612	,000	-15,1272	-12,6528
	NACL100	TEMOINS	4,667E-02	,684	,946	-1,3366	1,4299
		NACL200	13,3067*	,510	,000	12,2756	14,3377
		NACL+CACL2 100	-4,4000*	,484	,000	-5,3781	-3,4219
		NACL+CACL2 150	-13,8433*	,468	,000	-14,7883	-12,8984
	NACL200	TEMOINS	-13,2600*	,645	,000	-14,5642	-11,9558
		NACL100	-13,3067*	,510	,000	-14,3377	-12,2756
		NACL+CACL2 100	-17,7067*	,427	,000	-18,5693	-16,8440
		NACL+CACL2 150	-27,1500*	,408	,000	-27,9748	-26,3252
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	4,4467*	,625	,000	3,1839	5,7094
		NACL100	4,4000*	,484	,000	3,4219	5,3781
		NACL200	17,7067*	,427	,000	16,8440	18,5693
		NACL+CACL2 150	-9,4433*	,375	,000	-10,2010	-8,6857
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	13,8900*	,612	,000	12,6528	15,1272
		NACL100	13,8433*	,468	,000	12,8984	14,7883
		NACL200	27,1500*	,408	,000	26,3252	27,9748
		NACL+CACL2 100	9,4433*	,375	,000	8,6857	10,2010

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
KF	TEMOINS	NACL100	4,7767*	,506	,000	3,7537	5,7996
		NACL200	11,0533*	,477	,000	10,0889	12,0178
		NACL+CACL2 100	-1,3367*	,462	,006	-2,2705	-,4028
		NACL+CACL2 150	-3,6033*	,453	,000	-4,5183	-2,6884
	NACL100	TEMOINS	-4,7767*	,506	,000	-5,7996	-3,7537
		NACL200	6,2767*	,377	,000	5,5142	7,0391
		NACL+CACL2 100	-6,1133*	,358	,000	-6,8367	-5,3900
		NACL+CACL2 150	-8,3800*	,346	,000	-9,0788	-7,6812
	NACL200	TEMOINS	-11,0533*	,477	,000	-12,0178	-10,0889
		NACL100	-6,2767*	,377	,000	-7,0391	-5,5142
		NACL+CACL2 100	-12,3900*	,316	,000	-13,0279	-11,7521
		NACL+CACL2 150	-14,6567*	,302	,000	-15,2666	-14,0467
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	1,3367*	,462	,006	,4028	2,2705
		NACL100	6,1133*	,358	,000	5,3900	6,8367
		NACL200	12,3900*	,316	,000	11,7521	13,0279
		NACL+CACL2 150	-2,2667*	,277	,000	-2,8270	-1,7064
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	3,6033*	,453	,000	2,6884	4,5183
		NACL100	8,3800*	,346	,000	7,6812	9,0788
		NACL200	14,6567*	,302	,000	14,0467	15,2666
		NACL+CACL2 100	2,2667*	,277	,000	1,7064	2,8270
KR	TEMOINS	NACL100	-2,1767*	,456	,000	-3,0984	-1,2549
		NACL200	-,1200	,430	,782	-,9890	,7490
		NACL+CACL2 100	-12,8333*	,416	,000	-13,6748	-11,9919
		NACL+CACL2 150	-32,8767*	,408	,000	-33,7011	-32,0522
	NACL100	TEMOINS	2,1767*	,456	,000	1,2549	3,0984
		NACL200	2,0567*	,340	,000	1,3696	2,7437
		NACL+CACL2 100	-10,6567*	,322	,000	-11,3084	-10,0049
		NACL+CACL2 150	-30,7000*	,312	,000	-31,3297	-30,0703
	NACL200	TEMOINS	,1200	,430	,782	-,7490	,9890
		NACL100	-2,0567*	,340	,000	-2,7437	-1,3696
		NACL+CACL2 100	-12,7133*	,284	,000	-13,2881	-12,1385
		NACL+CACL2 150	-32,7567*	,272	,000	-33,3063	-32,2071
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	12,8333*	,416	,000	11,9919	13,6748
		NACL100	10,6567*	,322	,000	10,0049	11,3084
		NACL200	12,7133*	,284	,000	12,1385	13,2881
		NACL+CACL2 150	-20,0433*	,250	,000	-20,5482	-19,5385
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	32,8767*	,408	,000	32,0522	33,7011
		NACL100	30,7000*	,312	,000	30,0703	31,3297
		NACL200	32,7567*	,272	,000	32,2071	33,3063
		NACL+CACL2 100	20,0433*	,250	,000	19,5385	20,5482

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
KNAF	TEMOINS	NACL100	1,3833*	,137	,000	1,1073	1,6594
		NACL200	2,5967*	,129	,000	2,3364	2,8569
		NACL+CACL2 100	1,1233*	,125	,000	,8713	1,3753
		NACL+CACL2 150	-1,1667*	,122	,000	-1,4136	-,9197
	NACL100	TEMOINS	-1,3833*	,137	,000	-1,6594	-1,1073
		NACL200	1,2133*	,102	,000	1,0076	1,4191
		NACL+CACL2 100	-,2600*	,097	,010	-,4552	-6,479E-02
		NACL+CACL2 150	-2,5500*	,093	,000	-2,7386	-2,3614
	NACL200	TEMOINS	-2,5967*	,129	,000	-2,8569	-2,3364
		NACL100	-1,2133*	,102	,000	-1,4191	-1,0076
		NACL+CACL2 100	-1,4733*	,085	,000	-1,6455	-1,3012
		NACL+CACL2 150	-3,7633*	,081	,000	-3,9279	-3,5987
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-1,1233*	,125	,000	-1,3753	-,8713
		NACL100	,2600*	,097	,010	6,479E-02	,4552
		NACL200	1,4733*	,085	,000	1,3012	1,6455
		NACL+CACL2 150	-2,2900*	,075	,000	-2,4412	-2,1388
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	1,1667*	,122	,000	,9197	1,4136
		NACL100	2,5500*	,093	,000	2,3614	2,7386
		NACL200	3,7633*	,081	,000	3,5987	3,9279
		NACL+CACL2 100	2,2900*	,075	,000	2,1388	2,4412
KNAR	TEMOINS	NACL100	-3,333E-02	,041	,424	-,1167	5,004E-02
		NACL200	7,667E-02	,039	,056	-1,937E-03	,1553
		NACL+CACL2 100	-,3433*	,038	,000	-,4194	-,2672
		NACL+CACL2 150	-1,1833*	,037	,000	-1,2579	-1,1088
	NACL100	TEMOINS	3,333E-02	,041	,424	-5,004E-02	,1167
		NACL200	,1100*	,031	,001	4,786E-02	,1721
		NACL+CACL2 100	-,3100*	,029	,000	-,3690	-,2510
		NACL+CACL2 150	-1,1500*	,028	,000	-1,2070	-1,0930
	NACL200	TEMOINS	-7,667E-02	,039	,056	-,1553	1,937E-03
		NACL100	-,1100*	,031	,001	-,1721	-4,786E-02
		NACL+CACL2 100	-,4200*	,026	,000	-,4720	-,3680
		NACL+CACL2 150	-1,2600*	,025	,000	-1,3097	-1,2103
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	,3433*	,038	,000	,2672	,4194
		NACL100	,3100*	,029	,000	,2510	,3690
		NACL200	,4200*	,026	,000	,3680	,4720
		NACL+CACL2 150	-,8400*	,023	,000	-,8857	-,7943
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	1,1833*	,037	,000	1,1088	1,2579
		NACL100	1,1500*	,028	,000	1,0930	1,2070
		NACL200	1,2600*	,025	,000	1,2103	1,3097
		NACL+CACL2 100	,8400*	,023	,000	,7943	,8857

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété El Djadida

Annexe 02

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
CANAF	TEMOINS	NACL100	2,1000*	,224	,000	1,6481	2,5519
		NACL200	3,0033*	,211	,000	2,5772	3,4294
		NACL+CACL2 100	1,1033*	,204	,000	,6908	1,5159
		NACL+CACL2 150	-1,0633*	,200	,000	-1,4676	-,6591
	NACL100	TEMOINS	-2,1000*	,224	,000	-2,5519	-1,6481
		NACL200	,9033*	,167	,000	,5665	1,2402
		NACL+CACL2 100	-,9967*	,158	,000	-1,3162	-,6771
		NACL+CACL2 150	-3,1633*	,153	,000	-3,4721	-2,8546
	NACL200	TEMOINS	-3,0033*	,211	,000	-3,4294	-2,5772
		NACL100	-,9033*	,167	,000	-1,2402	-,5665
		NACL+CACL2 100	-1,9000*	,139	,000	-2,1818	-1,6182
		NACL+CACL2 150	-4,0667*	,133	,000	-4,3362	-3,7972
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-1,1033*	,204	,000	-1,5159	-,6908
		NACL100	,9967*	,158	,000	,6771	1,3162
		NACL200	1,9000*	,139	,000	1,6182	2,1818
		NACL+CACL2 150	-2,1667*	,122	,000	-2,4142	-1,9191
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	1,0633*	,200	,000	,6591	1,4676
		NACL100	3,1633*	,153	,000	2,8546	3,4721
		NACL200	4,0667*	,133	,000	3,7972	4,3362
		NACL+CACL2 100	2,1667*	,122	,000	1,9191	2,4142
CANAR	TEMOINS	NACL100	1,333E-02	,028	,639	-4,365E-02	7,032E-02
		NACL200	,3233*	,027	,000	,2696	,3771
		NACL+CACL2 100	-,1367*	,026	,000	-,1887	-8,465E-02
		NACL+CACL2 150	-,5867*	,025	,000	-,6376	-,5357
	NACL100	TEMOINS	-1,333E-02	,028	,639	-7,032E-02	4,365E-02
		NACL200	,3100*	,021	,000	,2675	,3525
		NACL+CACL2 100	-,1500*	,020	,000	-,1903	-,1097
		NACL+CACL2 150	-,6000*	,019	,000	-,6389	-,5611
	NACL200	TEMOINS	-,3233*	,027	,000	-,3771	-,2696
		NACL100	-,3100*	,021	,000	-,3525	-,2675
		NACL+CACL2 100	-,4600*	,018	,000	-,4955	-,4245
		NACL+CACL2 150	-,9100*	,017	,000	-,9440	-,8760
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	,1367*	,026	,000	8,465E-02	,1887
		NACL100	,1500*	,020	,000	,1097	,1903
		NACL200	,4600*	,018	,000	,4245	,4955
		NACL+CACL2 150	-,4500*	,015	,000	-,4812	-,4188
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	,5867*	,025	,000	,5357	,6376
		NACL100	,6000*	,019	,000	,5611	,6389
		NACL200	,9100*	,017	,000	,8760	,9440
		NACL+CACL2 100	,4500*	,015	,000	,4188	,4812

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose

Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
PFF	TEMOINS	NACL100	3,6567*	,485	,000	2,5751	4,7382
		NACL200	4,6700*	,485	,000	3,5885	5,7515
		NACL+CACL2 100	3,8033*	,485	,000	2,7218	4,8849
		NACL+CACL2 150	3,9633*	,485	,000	2,8818	5,0449
	NACL100	TEMOINS	-3,6567*	,485	,000	-4,7382	-2,5751
		NACL200	1,0133	,485	,063	-6,821E-02	2,0949
		NACL+CACL2 100	,1467	,485	,769	-,9349	1,2282
		NACL+CACL2 150	,3067	,485	,542	-,7749	1,3882
	NACL200	TEMOINS	-4,6700*	,485	,000	-5,7515	-3,5885
		NACL100	-1,0133	,485	,063	-2,0949	6,821E-02
		NACL+CACL2 100	-,8667	,485	,104	-1,9482	,2149
		NACL+CACL2 150	-,7067	,485	,176	-1,7882	,3749
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-3,8033*	,485	,000	-4,8849	-2,7218
		NACL100	-,1467	,485	,769	-1,2282	,9349
		NACL200	,8667	,485	,104	-,2149	1,9482
		NACL+CACL2 150	,1600	,485	,748	-,9215	1,2415
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-3,9633*	,485	,000	-5,0449	-2,8818
		NACL100	-,3067	,485	,542	-1,3882	,7749
		NACL200	,7067	,485	,176	-,3749	1,7882
		NACL+CACL2 100	-,1600	,485	,748	-1,2415	,9215
PFT	TEMOINS	NACL100	,3967*	,162	,035	3,516E-02	,7582
		NACL200	,7000*	,162	,002	,3385	1,0615
		NACL+CACL2 100	,4133*	,162	,029	5,182E-02	,7748
		NACL+CACL2 150	,4233*	,162	,026	6,182E-02	,7848
	NACL100	TEMOINS	-,3967*	,162	,035	-,7582	-3,516E-02
		NACL200	,3033	,162	,091	-5,818E-02	,6648
		NACL+CACL2 100	1,667E-02	,162	,920	-,3448	,3782
		NACL+CACL2 150	2,667E-02	,162	,873	-,3348	,3882
	NACL200	TEMOINS	-,7000*	,162	,002	-1,0615	-,3385
		NACL100	-,3033	,162	,091	-,6648	5,818E-02
		NACL+CACL2 100	-,2867	,162	,108	-,6482	7,484E-02
		NACL+CACL2 150	-,2767	,162	,119	-,6382	8,484E-02
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-,4133*	,162	,029	-,7748	-5,182E-02
		NACL100	-1,667E-02	,162	,920	-,3782	,3448
		NACL200	,2867	,162	,108	-7,484E-02	,6482
		NACL+CACL2 150	1,000E-02	,162	,952	-,3515	,3715
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-,4233*	,162	,026	-,7848	-6,182E-02
		NACL100	-2,667E-02	,162	,873	-,3882	,3348
		NACL200	,2767	,162	,119	-8,484E-02	,6382
		NACL+CACL2 100	-1,000E-02	,162	,952	-,3715	,3515
PFR	TEMOINS	NACL100	7,667E-02	,123	,548	-,1980	,3514
		NACL200	,1567	,123	,233	-,1180	,4314
		NACL+CACL2 100	6,333E-02	,123	,619	-,2114	,3380
		NACL+CACL2 150	4,000E-02	,123	,752	-,2347	,3147
	NACL100	TEMOINS	-7,667E-02	,123	,548	-,3514	,1980
		NACL200	8,000E-02	,123	,531	-,1947	,3547
		NACL+CACL2 100	-1,333E-02	,123	,916	-,2880	,2614
		NACL+CACL2 150	-3,667E-02	,123	,772	-,3114	,2380
	NACL200	TEMOINS	-,1567	,123	,233	-,4314	,1180
		NACL100	-8,000E-02	,123	,531	-,3547	,1947
		NACL+CACL2 100	-9,333E-02	,123	,466	-,3680	,1814
		NACL+CACL2 150	-,1167	,123	,366	-,3914	,1580
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-6,333E-02	,123	,619	-,3380	,2114
		NACL100	1,333E-02	,123	,916	-,2614	,2880
		NACL200	9,333E-02	,123	,466	-,1814	,3680
		NACL+CACL2 150	-2,333E-02	,123	,854	-,2980	,2514
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-4,000E-02	,123	,752	-,3147	,2347
		NACL100	3,667E-02	,123	,772	-,2380	,3114
		NACL200	,1167	,123	,366	-,1580	,3914
		NACL+CACL2 100	2,333E-02	,123	,854	-,2514	,2980

* La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
PSF	TEMOINS	NACL100	,2133*	,057	,004	8,677E-02	,3399
		NACL200	,3633*	,057	,000	,2368	,4899
		NACL+CACL2 100	,2267*	,057	,003	,1001	,3532
		NACL+CACL2 150	,2467*	,057	,001	,1201	,3732
	NACL100	TEMOINS	-,2133*	,057	,004	-,3399	-8,677E-02
		NACL200	,1500*	,057	,025	2,343E-02	,2766
		NACL+CACL2 100	1,333E-02	,057	,819	-,1132	,1399
		NACL+CACL2 150	3,333E-02	,057	,570	-9,323E-02	,1599
	NACL200	TEMOINS	-,3633*	,057	,000	-,4899	-,2368
		NACL100	-,1500*	,057	,025	-,2766	-2,343E-02
		NACL+CACL2 100	-,1367*	,057	,037	-,2632	-1,010E-02
		NACL+CACL2 150	-,1167	,057	,067	-,2432	9,900E-03
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-,2267*	,057	,003	-,3532	-,1001
		NACL100	-1,333E-02	,057	,819	-,1399	,1132
		NACL200	,1367*	,057	,037	1,010E-02	,2632
		NACL+CACL2 150	2,000E-02	,057	,732	-,1066	,1466
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-,2467*	,057	,001	-,3732	-,1201
		NACL100	-3,333E-02	,057	,570	-,1599	9,323E-02
		NACL200	,1167	,057	,067	-9,900E-03	,2432
		NACL+CACL2 100	-2,000E-02	,057	,732	-,1466	,1066
PST	TEMOINS	NACL100	,1567*	,038	,002	7,238E-02	,2410
		NACL200	,2767*	,038	,000	,1924	,3610
		NACL+CACL2 100	7,667E-02	,038	,070	-7,624E-03	,1610
		NACL+CACL2 150	8,667E-02*	,038	,045	2,376E-03	,1710
	NACL100	TEMOINS	-,1567*	,038	,002	-,2410	-7,238E-02
		NACL200	,1200*	,038	,010	3,571E-02	,2043
		NACL+CACL2 100	-8,000E-02	,038	,061	-,1643	4,291E-03
		NACL+CACL2 150	-7,000E-02	,038	,094	-,1543	1,429E-02
	NACL200	TEMOINS	-,2767*	,038	,000	-,3610	-,1924
		NACL100	-,1200*	,038	,010	-,2043	-3,571E-02
		NACL+CACL2 100	-,2000*	,038	,000	-,2843	-,1157
		NACL+CACL2 150	-,1900*	,038	,001	-,2743	-,1057
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-7,667E-02	,038	,070	-,1610	7,624E-03
		NACL100	8,000E-02	,038	,061	-4,291E-03	,1643
		NACL200	,2000*	,038	,000	,1157	,2843
		NACL+CACL2 150	1,000E-02	,038	,797	-7,429E-02	9,429E-02
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-8,667E-02*	,038	,045	-,1710	-2,376E-03
		NACL100	7,000E-02	,038	,094	-1,429E-02	,1543
		NACL200	,1900*	,038	,001	,1057	,2743
		NACL+CACL2 100	-1,000E-02	,038	,797	-9,429E-02	7,429E-02
PSR	TEMOINS	NACL100	,1800*	,054	,008	5,923E-02	,3008
		NACL200	,2833*	,054	,000	,1626	,4041
		NACL+CACL2 100	,2733*	,054	,001	,1526	,3941
		NACL+CACL2 150	,2867*	,054	,000	,1659	,4074
	NACL100	TEMOINS	-,1800*	,054	,008	-,3008	-5,923E-02
		NACL200	,1033	,054	,086	-1,743E-02	,2241
		NACL+CACL2 100	9,333E-02	,054	,116	-2,743E-02	,2141
		NACL+CACL2 150	,1067	,054	,077	-1,410E-02	,2274
	NACL200	TEMOINS	-,2833*	,054	,000	-,4041	-,1626
		NACL100	-,1033	,054	,086	-,2241	1,743E-02
		NACL+CACL2 100	-1,000E-02	,054	,857	-,1308	,1108
		NACL+CACL2 150	3,333E-03	,054	,952	-,1174	,1241
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-,2733*	,054	,001	-,3941	-,1526
		NACL100	-9,333E-02	,054	,116	-,2141	2,743E-02
		NACL200	1,000E-02	,054	,857	-,1108	,1308
		NACL+CACL2 150	1,333E-02	,054	,811	-,1074	,1341
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-,2867*	,054	,000	-,4074	-,1659
		NACL100	-,1067	,054	,077	-,2274	1,410E-02
		NACL200	-3,333E-03	,054	,952	-,1241	,1174
		NACL+CACL2 100	-1,333E-02	,054	,811	-,1341	,1074

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose
Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
CENDREF	TEMOINS	NACL100	-10,2967*	,794	,000	-12,0658	-8,5275
		NACL200	-20,8867*	,794	,000	-22,6558	-19,1175
		NACL+CACL2 100	-21,3333*	,794	,000	-23,1025	-19,5642
		NACL+CACL2 150	-20,8900*	,794	,000	-22,6592	-19,1208
	NACL100	TEMOINS	10,2967*	,794	,000	8,5275	12,0658
		NACL200	-10,5900*	,794	,000	-12,3592	-8,8208
		NACL+CACL2 100	-11,0367*	,794	,000	-12,8058	-9,2675
		NACL+CACL2 150	-10,5933*	,794	,000	-12,3625	-8,8242
	NACL200	TEMOINS	20,8867*	,794	,000	19,1175	22,6558
		NACL100	10,5900*	,794	,000	8,8208	12,3592
		NACL+CACL2 100	-,4467	,794	,586	-2,2158	1,3225
		NACL+CACL2 150	-3,333E-03	,794	,997	-1,7725	1,7658
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	21,3333*	,794	,000	19,5642	23,1025
		NACL100	11,0367*	,794	,000	9,2675	12,8058
		NACL200	,4467	,794	,586	-1,3225	2,2158
		NACL+CACL2 150	,4433	,794	,589	-1,3258	2,2125
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	20,8900*	,794	,000	19,1208	22,6592
		NACL100	10,5933*	,794	,000	8,8242	12,3625
		NACL200	3,333E-03	,794	,997	-1,7658	1,7725
		NACL+CACL2 100	-,4433	,794	,589	-2,2125	1,3258
CENDRET	TEMOINS	NACL100	-1,2100	,816	,169	-3,0283	,6083
		NACL200	-2,4567*	,816	,013	-4,2749	-,6384
		NACL+CACL2 100	-14,9333*	,816	,000	-16,7516	-13,1151
		NACL+CACL2 150	-16,1033*	,816	,000	-17,9216	-14,2851
	NACL100	TEMOINS	1,2100	,816	,169	-,6083	3,0283
		NACL200	-1,2467	,816	,158	-3,0649	,5716
		NACL+CACL2 100	-13,7233*	,816	,000	-15,5416	-11,9051
		NACL+CACL2 150	-14,8933*	,816	,000	-16,7116	-13,0751
	NACL200	TEMOINS	2,4567*	,816	,013	,6384	4,2749
		NACL100	1,2467	,816	,158	-,5716	3,0649
		NACL+CACL2 100	-12,4767*	,816	,000	-14,2949	-10,6584
		NACL+CACL2 150	-13,6467*	,816	,000	-15,4649	-11,8284
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	14,9333*	,816	,000	13,1151	16,7516
		NACL100	13,7233*	,816	,000	11,9051	15,5416
		NACL200	12,4767*	,816	,000	10,6584	14,2949
		NACL+CACL2 150	-1,1700	,816	,182	-2,9883	,6483
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	16,1033*	,816	,000	14,2851	17,9216
		NACL100	14,8933*	,816	,000	13,0751	16,7116
		NACL200	13,6467*	,816	,000	11,8284	15,4649
		NACL+CACL2 100	1,1700	,816	,182	-,6483	2,9883
CENDRER	TEMOINS	NACL100	-3,8133*	1,555	,034	-7,2784	-,3483
		NACL200	-21,9267*	1,555	,000	-25,3917	-18,4616
		NACL+CACL2 100	-15,4433*	1,555	,000	-18,9084	-11,9783
		NACL+CACL2 150	-17,6667*	1,555	,000	-21,1317	-14,2016
	NACL100	TEMOINS	3,8133*	1,555	,034	,3483	7,2784
		NACL200	-18,1133*	1,555	,000	-21,5784	-14,6483
		NACL+CACL2 100	-11,6300*	1,555	,000	-15,0950	-8,1650
		NACL+CACL2 150	-13,8533*	1,555	,000	-17,3184	-10,3883
	NACL200	TEMOINS	21,9267*	1,555	,000	18,4616	25,3917
		NACL100	18,1133*	1,555	,000	14,6483	21,5784
		NACL+CACL2 100	6,4833*	1,555	,002	3,0183	9,9484
		NACL+CACL2 150	4,2600*	1,555	,021	,7950	7,7250
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	15,4433*	1,555	,000	11,9783	18,9084
		NACL100	11,6300*	1,555	,000	8,1650	15,0950
		NACL200	-6,4833*	1,555	,002	-9,9484	-3,0183
		NACL+CACL2 150	-2,2233	1,555	,183	-5,6884	1,2417
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	17,6667*	1,555	,000	14,2016	21,1317
		NACL100	13,8533*	1,555	,000	10,3883	17,3184
		NACL200	-4,2600*	1,555	,021	-7,7250	-,7950
		NACL+CACL2 100	2,2233	1,555	,183	-1,2417	5,6884

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose
Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
PSRPSA	TEMOINS	NACL100	5,667E-02	,058	,354	-7,317E-02	,1865
		NACL200	8,667E-02	,058	,168	-4,317E-02	,2165
		NACL+CACL2 100	,1767*	,058	,013	4,683E-02	,3065
		NACL+CACL2 150	,1900*	,058	,009	6,016E-02	,3198
	NACL100	TEMOINS	-5,667E-02	,058	,354	-,1865	7,317E-02
		NACL200	3,000E-02	,058	,618	-9,984E-02	,1598
		NACL+CACL2 100	,1200	,058	,066	-9,837E-03	,2498
		NACL+CACL2 150	,1333*	,058	,045	3,497E-03	,2632
	NACL200	TEMOINS	-8,667E-02	,058	,168	-,2165	4,317E-02
		NACL100	-3,000E-02	,058	,618	-,1598	9,984E-02
		NACL+CACL2 100	9,000E-02	,058	,154	-3,984E-02	,2198
		NACL+CACL2 150	,1033	,058	,107	-2,650E-02	,2332
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-,1767*	,058	,013	-,3065	-4,683E-02
		NACL100	-,1200	,058	,066	-,2498	9,837E-03
		NACL200	-9,000E-02	,058	,154	-,2198	3,984E-02
		NACL+CACL2 150	1,333E-02	,058	,824	-,1165	,1432
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-,1900*	,058	,009	-,3198	-6,016E-02
		NACL100	-,1333*	,058	,045	-,2632	-3,497E-03
		NACL200	-,1033	,058	,107	-,2332	2,650E-02
		NACL+CACL2 100	-1,333E-02	,058	,824	-,1432	,1165
TEF	TEMOINS	NACL100	8,4867*	2,864	,014	2,1053	14,8680
		NACL200	17,9433*	2,864	,000	11,5620	24,3247
		NACL+CACL2 100	8,5467*	2,864	,014	2,1653	14,9280
		NACL+CACL2 150	10,2800*	2,864	,005	3,8986	16,6614
	NACL100	TEMOINS	-8,4867*	2,864	,014	-14,8680	-2,1053
		NACL200	9,4567*	2,864	,008	3,0753	15,8380
		NACL+CACL2 100	6,000E-02	2,864	,984	-6,3214	6,4414
		NACL+CACL2 150	1,7933	2,864	,545	-4,5880	8,1747
	NACL200	TEMOINS	-17,9433*	2,864	,000	-24,3247	-11,5620
		NACL100	-9,4567*	2,864	,008	-15,8380	-3,0753
		NACL+CACL2 100	-9,3967*	2,864	,008	-15,7780	-3,0153
		NACL+CACL2 150	-7,6633*	2,864	,023	-14,0447	-1,2820
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-8,5467*	2,864	,014	-14,9280	-2,1653
		NACL100	-6,000E-02	2,864	,984	-6,4414	6,3214
		NACL200	9,3967*	2,864	,008	3,0153	15,7780
		NACL+CACL2 150	1,7333	2,864	,559	-4,6480	8,1147
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-10,2800*	2,864	,005	-16,6614	-3,8986
		NACL100	-1,7933	2,864	,545	-8,1747	4,5880
		NACL200	7,6633*	2,864	,023	1,2820	14,0447
		NACL+CACL2 100	-1,7333	2,864	,559	-8,1147	4,6480

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose
Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
NAF	TEMOINS	NACL100	-10,5600*	1,420	,000	-13,7231	-7,3969
		NACL200	-20,8533*	1,420	,000	-24,0165	-17,6902
		NACL+CACL2 100	-13,6600*	1,420	,000	-16,8231	-10,4969
		NACL+CACL2 150	-7,1700*	1,420	,000	-10,3331	-4,0069
	NACL100	TEMOINS	10,5600*	1,420	,000	7,3969	13,7231
		NACL200	-10,2933*	1,420	,000	-13,4565	-7,1302
		NACL+CACL2 100	-3,1000	1,420	,054	-6,2631	6,314E-02
		NACL+CACL2 150	3,3900*	1,420	,038	,2269	6,5531
	NACL200	TEMOINS	20,8533*	1,420	,000	17,6902	24,0165
		NACL100	10,2933*	1,420	,000	7,1302	13,4565
		NACL+CACL2 100	7,1933*	1,420	,000	4,0302	10,3565
		NACL+CACL2 150	13,6833*	1,420	,000	10,5202	16,8465
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	13,6600*	1,420	,000	10,4969	16,8231
		NACL100	3,1000	1,420	,054	-6,314E-02	6,2631
		NACL200	-7,1933*	1,420	,000	-10,3565	-4,0302
		NACL+CACL2 150	6,4900*	1,420	,001	3,3269	9,6531
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	7,1700*	1,420	,000	4,0069	10,3331
		NACL100	-3,3900*	1,420	,038	-6,5531	-,2269
		NACL200	-13,6833*	1,420	,000	-16,8465	-10,5202
		NACL+CACL2 100	-6,4900*	1,420	,001	-9,6531	-3,3269
NAR	TEMOINS	NACL100	-5,4433*	1,465	,004	-8,7083	-2,1784
		NACL200	-8,1100*	1,465	,000	-11,3749	-4,8451
		NACL+CACL2 100	-8,6100*	1,465	,000	-11,8749	-5,3451
		NACL+CACL2 150	1,7233	1,465	,267	-1,5416	4,9883
	NACL100	TEMOINS	5,4433*	1,465	,004	2,1784	8,7083
		NACL200	-2,6667	1,465	,099	-5,9316	,5983
		NACL+CACL2 100	-3,1667	1,465	,056	-6,4316	9,825E-02
		NACL+CACL2 150	7,1667*	1,465	,001	3,9017	10,4316
	NACL200	TEMOINS	8,1100*	1,465	,000	4,8451	11,3749
		NACL100	2,6667	1,465	,099	-,5983	5,9316
		NACL+CACL2 100	-,5000	1,465	,740	-3,7649	2,7649
		NACL+CACL2 150	9,8333*	1,465	,000	6,5684	13,0983
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	8,6100*	1,465	,000	5,3451	11,8749
		NACL100	3,1667	1,465	,056	-9,825E-02	6,4316
		NACL200	,5000	1,465	,740	-2,7649	3,7649
		NACL+CACL2 150	10,3333*	1,465	,000	7,0684	13,5983
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-1,7233	1,465	,267	-4,9883	1,5416
		NACL100	-7,1667*	1,465	,001	-10,4316	-3,9017
		NACL200	-9,8333*	1,465	,000	-13,0983	-6,5684
		NACL+CACL2 100	-10,3333*	1,465	,000	-13,5983	-7,0684

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose
Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
CAF	TEMOINS	NACL100	17,8900*	2,367	,000	12,6158	23,1642
		NACL200	23,1233*	2,367	,000	17,8492	28,3975
		NACL+CACL2 100	10,4100*	2,367	,001	5,1358	15,6842
		NACL+CACL2 150	12,7600*	2,367	,000	7,4858	18,0342
	NACL100	TEMOINS	-17,8900*	2,367	,000	-23,1642	-12,6158
		NACL200	5,2333	2,367	,051	-4,083E-02	10,5075
		NACL+CACL2 100	-7,4800*	2,367	,010	-12,7542	-2,2058
		NACL+CACL2 150	-5,1300	2,367	,055	-10,4042	,1442
	NACL200	TEMOINS	-23,1233*	2,367	,000	-28,3975	-17,8492
		NACL100	-5,2333	2,367	,051	-10,5075	4,083E-02
		NACL+CACL2 100	-12,7133*	2,367	,000	-17,9875	-7,4392
		NACL+CACL2 150	-10,3633*	2,367	,001	-15,6375	-5,0892
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-10,4100*	2,367	,001	-15,6842	-5,1358
		NACL100	7,4800*	2,367	,010	2,2058	12,7542
		NACL200	12,7133*	2,367	,000	7,4392	17,9875
		NACL+CACL2 150	2,3500	2,367	,344	-2,9242	7,6242
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-12,7600*	2,367	,000	-18,0342	-7,4858
		NACL100	5,1300	2,367	,055	-,1442	10,4042
		NACL200	10,3633*	2,367	,001	5,0892	15,6375
		NACL+CACL2 100	-2,3500	2,367	,344	-7,6242	2,9242
CAR	TEMOINS	NACL100	,9467	1,049	,388	-1,3914	3,2847
		NACL200	12,6767*	1,049	,000	10,3386	15,0147
		NACL+CACL2 100	-,3333	1,049	,757	-2,6714	2,0047
		NACL+CACL2 150	-2,0567	1,049	,078	-4,3947	,2814
	NACL100	TEMOINS	-,9467	1,049	,388	-3,2847	1,3914
		NACL200	11,7300*	1,049	,000	9,3920	14,0680
		NACL+CACL2 100	-1,2800	1,049	,251	-3,6180	1,0580
		NACL+CACL2 150	-3,0033*	1,049	,017	-5,3414	-,6653
	NACL200	TEMOINS	-12,6767*	1,049	,000	-15,0147	-10,3386
		NACL100	-11,7300*	1,049	,000	-14,0680	-9,3920
		NACL+CACL2 100	-13,0100*	1,049	,000	-15,3480	-10,6720
		NACL+CACL2 150	-14,7333*	1,049	,000	-17,0714	-12,3953
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	,3333	1,049	,757	-2,0047	2,6714
		NACL100	1,2800	1,049	,251	-1,0580	3,6180
		NACL200	13,0100*	1,049	,000	10,6720	15,3480
		NACL+CACL2 150	-1,7233	1,049	,132	-4,0614	,6147
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	2,0567	1,049	,078	-,2814	4,3947
		NACL100	3,0033*	1,049	,017	,6653	5,3414
		NACL200	14,7333*	1,049	,000	12,3953	17,0714
		NACL+CACL2 100	1,7233	1,049	,132	-,6147	4,0614

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose
Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
KF	TEMOINS	NACL100	12,8567*	1,176	,000	10,2353	15,4780
		NACL200	27,1133*	1,176	,000	24,4920	29,7347
		NACL+CACL2 100	17,7800*	1,176	,000	15,1586	20,4014
		NACL+CACL2 150	14,8900*	1,176	,000	12,2686	17,5114
	NACL100	TEMOINS	-12,8567*	1,176	,000	-15,4780	-10,2353
		NACL200	14,2567*	1,176	,000	11,6353	16,8780
		NACL+CACL2 100	4,9233*	1,176	,002	2,3020	7,5447
		NACL+CACL2 150	2,0333	1,176	,115	-,5880	4,6547
	NACL200	TEMOINS	-27,1133*	1,176	,000	-29,7347	-24,4920
		NACL100	-14,2567*	1,176	,000	-16,8780	-11,6353
		NACL+CACL2 100	-9,3333*	1,176	,000	-11,9547	-6,7120
		NACL+CACL2 150	-12,2233*	1,176	,000	-14,8447	-9,6020
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-17,7800*	1,176	,000	-20,4014	-15,1586
		NACL100	-4,9233*	1,176	,002	-7,5447	-2,3020
		NACL200	9,3333*	1,176	,000	6,7120	11,9547
		NACL+CACL2 150	-2,8900*	1,176	,034	-5,5114	-,2686
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-14,8900*	1,176	,000	-17,5114	-12,2686
		NACL100	-2,0333	1,176	,115	-4,6547	-,5880
		NACL200	12,2233*	1,176	,000	9,6020	14,8447
		NACL+CACL2 100	2,8900*	1,176	,034	-,2686	5,5114
KR	TEMOINS	NACL100	-,5567	-,958	-,574	-1,5788	2,6921
		NACL200	4,3900*	-,958	,001	2,2546	6,5254
		NACL+CACL2 100	-1,9433	-,958	,070	-4,0788	-,1921
		NACL+CACL2 150	-11,6667*	-,958	,000	-13,8021	-9,5312
	NACL100	TEMOINS	-,5567	-,958	-,574	-2,6921	1,5788
		NACL200	3,8333*	-,958	,003	1,6979	5,9688
		NACL+CACL2 100	-2,5000*	-,958	,026	-4,6354	-,3646
		NACL+CACL2 150	-12,2233*	-,958	,000	-14,3588	-10,0879
	NACL200	TEMOINS	-4,3900*	-,958	,001	-6,5254	-2,2546
		NACL100	-3,8333*	-,958	,003	-5,9688	-1,6979
		NACL+CACL2 100	-6,3333*	-,958	,000	-8,4688	-4,1979
		NACL+CACL2 150	-16,0567*	-,958	,000	-18,1921	-13,9212
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	1,9433	-,958	,070	-,1921	4,0788
		NACL100	2,5000*	-,958	,026	-,3646	4,6354
		NACL200	6,3333*	-,958	,000	4,1979	8,4688
		NACL+CACL2 150	-9,7233*	-,958	,000	-11,8588	-7,5879
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	11,6667*	-,958	,000	9,5312	13,8021
		NACL100	12,2233*	-,958	,000	10,0879	14,3588
		NACL200	16,0567*	-,958	,000	13,9212	18,1921
		NACL+CACL2 100	9,7233*	-,958	,000	7,5879	11,8588

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose
Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
CANAF	TEMOINS	NACL100	2,0033*	,112	,000	1,7531	2,2536
		NACL200	2,4233*	,112	,000	2,1731	2,6736
		NACL+CACL2 100	1,8200*	,112	,000	1,5698	2,0702
		NACL+CACL2 150	1,5967*	,112	,000	1,3464	1,8469
	NACL100	TEMOINS	-2,0033*	,112	,000	-2,2536	-1,7531
		NACL200	,4200*	,112	,004	,1698	,6702
		NACL+CACL2 100	-,1833	,112	,134	-,4336	6,691E-02
		NACL+CACL2 150	-,4067*	,112	,005	-,6569	-,1564
	NACL200	TEMOINS	-2,4233*	,112	,000	-2,6736	-2,1731
		NACL100	-,4200*	,112	,004	-,6702	-,1698
		NACL+CACL2 100	-,6033*	,112	,000	-,8536	-,3531
		NACL+CACL2 150	-,8267*	,112	,000	-1,0769	-,5764
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-1,8200*	,112	,000	-2,0702	-1,5698
		NACL100	,1833	,112	,134	-6,691E-02	,4336
		NACL200	,6033*	,112	,000	,3531	,8536
		NACL+CACL2 150	-,2233	,112	,075	-,4736	2,691E-02
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-1,5967*	,112	,000	-1,8469	-1,3464
		NACL100	,4067*	,112	,005	,1564	,6569
		NACL200	,8267*	,112	,000	,5764	1,0769
		NACL+CACL2 100	,2233	,112	,075	-2,691E-02	,4736
CANAR	TEMOINS	NACL100	6,000E-02	,028	,056	-1,962E-03	,1220
		NACL200	,2900*	,028	,000	,2280	,3520
		NACL+CACL2 100	5,000E-02	,028	,102	-1,196E-02	,1120
		NACL+CACL2 150	-6,000E-02	,028	,056	-,1220	1,962E-03
	NACL100	TEMOINS	-6,000E-02	,028	,056	-,1220	1,962E-03
		NACL200	,2300*	,028	,000	,1680	,2920
		NACL+CACL2 100	-1,000E-02	,028	,727	-7,196E-02	5,196E-02
		NACL+CACL2 150	-,1200*	,028	,002	-,1820	-5,804E-02
	NACL200	TEMOINS	-,2900*	,028	,000	-,3520	-,2280
		NACL100	-,2300*	,028	,000	-,2920	-,1680
		NACL+CACL2 100	-,2400*	,028	,000	-,3020	-,1780
		NACL+CACL2 150	-,3500*	,028	,000	-,4120	-,2880
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-5,000E-02	,028	,102	-,1120	1,196E-02
		NACL100	1,000E-02	,028	,727	-5,196E-02	7,196E-02
		NACL200	,2400*	,028	,000	,1780	,3020
		NACL+CACL2 150	-,1100*	,028	,003	-,1720	-4,804E-02
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	6,000E-02	,028	,056	-1,962E-03	,1220
		NACL100	,1200*	,028	,002	5,804E-02	,1820
		NACL200	,3500*	,028	,000	,2880	,4120
		NACL+CACL2 100	,1100*	,028	,003	4,804E-02	,1720

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

Teste de signification de Fisher à 5% des paramètres mesurés de la variété Coco Rose
Annexe 3

Comparaisons multiples

LSD

Variable dépendante	(I) TRAITEMENTS	(J) TRAITEMENTS	Différence de moyennes (I-J)	Erreur standard	Signification	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inférieure	Borne supérieure
KNAF	TEMOINS	NACL100	1,7500*	,109	,000	1,5071	1,9929
		NACL200	2,4633*	,109	,000	2,2204	2,7063
		NACL+CACL2 100	2,0400*	,109	,000	1,7971	2,2829
		NACL+CACL2 150	1,6700*	,109	,000	1,4271	1,9129
	NACL100	TEMOINS	-1,7500*	,109	,000	-1,9929	-1,5071
		NACL200	,7133*	,109	,000	,4704	,9563
		NACL+CACL2 100	,2900*	,109	,024	4,705E-02	,5329
		NACL+CACL2 150	-8,000E-02	,109	,480	-,3229	,1629
	NACL200	TEMOINS	-2,4633*	,109	,000	-2,7063	-2,2204
		NACL100	-,7133*	,109	,000	-,9563	-,4704
		NACL+CACL2 100	-,4233*	,109	,003	-,6663	-,1804
		NACL+CACL2 150	-,7933*	,109	,000	-1,0363	-,5504
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-2,0400*	,109	,000	-2,2829	-1,7971
		NACL100	-,2900*	,109	,024	-,5329	-4,705E-02
		NACL200	,4233*	,109	,003	,1804	,6663
		NACL+CACL2 150	-,3700*	,109	,007	-,6129	-,1271
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	-1,6700*	,109	,000	-1,9129	-1,4271
		NACL100	8,000E-02	,109	,480	-,1629	,3229
		NACL200	,7933*	,109	,000	,5504	1,0363
		NACL+CACL2 100	,3700*	,109	,007	,1271	,6129
KNAR	TEMOINS	NACL100	6,000E-02*	,018	,009	1,905E-02	,1010
		NACL200	,1500*	,018	,000	,1090	,1910
		NACL+CACL2 100	3,667E-02	,018	,074	-4,284E-03	7,762E-02
		NACL+CACL2 150	-,2867*	,018	,000	-,3276	-,2457
	NACL100	TEMOINS	-6,000E-02*	,018	,009	-,1010	-1,905E-02
		NACL200	9,000E-02*	,018	,001	4,905E-02	,1310
		NACL+CACL2 100	-2,333E-02	,018	,233	-6,428E-02	1,762E-02
		NACL+CACL2 150	-,3467*	,018	,000	-,3876	-,3057
	NACL200	TEMOINS	-,1500*	,018	,000	-,1910	-,1090
		NACL100	-9,000E-02*	,018	,001	-,1310	-4,905E-02
		NACL+CACL2 100	-,1133*	,018	,000	-,1543	-7,238E-02
		NACL+CACL2 150	-,4367*	,018	,000	-,4776	-,3957
	NACL+CACL2 100	TEMOINS	-3,667E-02	,018	,074	-7,762E-02	4,284E-03
		NACL100	2,333E-02	,018	,233	-1,762E-02	6,428E-02
		NACL200	,1133*	,018	,000	7,238E-02	,1543
		NACL+CACL2 150	-,3233*	,018	,000	-,3643	-,2824
	NACL+CACL2 150	TEMOINS	,2867*	,018	,000	,2457	,3276
		NACL100	,3467*	,018	,000	,3057	,3876
		NACL200	,4367*	,018	,000	,3957	,4776
		NACL+CACL2 100	,3233*	,018	,000	,2824	,3643

*. La différence de moyennes est significative au niveau .05.

NaCl

Corrélations

		TRAITEMENTS	PFF	PFT	PFR	PSF	PST	PSR	PSRPSA	CENDREF	CENDRET	CENDRER	TEF
TRAITEMENTS	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N												
PFF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,903** ,000 18											
PFT	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,776** ,000 18	,726** ,001 18										
PFR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,376 ,124 18	,560* ,016 18	,110 ,665 18									
PSF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,853** ,000 18	,979** ,000 18	,614** ,007 18	,562* ,015 18								
PST	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,884** ,000 18	,937** ,000 18	,638** ,004 18	,521* ,027 18	,934** ,000 18							
PSR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,962** ,000 18	,930** ,000 18	,825** ,000 18	,465 ,052 18	,875** ,000 18	,921** ,000 18						
PSRPSA	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,502* ,034 18	,248 ,320 18	,751** ,000 18	-,070 ,782 18	,096 ,704 18	,195 ,437 18	,530* ,024 18					
CENDREF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,957** ,000 18	-,938** ,000 18	-,784** ,000 18	-,517* ,028 18	-,882** ,000 18	-,948** ,000 18	-,988** ,000 18	-,466 ,051 18				
CENDRET	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,701** ,001 18	-,567* ,014 18	-,636** ,005 18	-,105 ,679 18	-,480* ,044 18	-,735** ,001 18	-,742** ,000 18	-,493* ,038 18	,767** ,000 18			
CENDRER	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,893** ,000 18	-,924** ,000 18	-,818** ,000 18	-,458 ,056 18	-,880** ,000 18	-,949** ,000 18	-,969** ,000 18	-,446 ,064 18	,971** ,000 18	,764** ,000 18		
TEF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,908** ,000 18	,941** ,000 18	,841** ,000 18	,547* ,019 18	,870** ,000 18	,912** ,000 18	,976** ,000 18	,500* ,034 18	-,980** ,000 18	-,718** ,001 18	-,975** ,000 18	

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

NaCl

Corrélations

		TRAITEMENTS	NAF	NAR	KF	KR	CAF	CAR	KNAF	KNAR	CANAF	CANAR
TRAITEMENTS	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
NAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,959** ,000 18										
NAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,895** ,000 18	,925** ,000 18									
KF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,989** ,000 18	-,973** ,000 18	-,906** ,000 18								
KR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,217 ,387 18	-,329 ,183 18	-,373 ,127 18	,294 ,237 18							
CAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,953** ,000 18	-,842** ,000 18	-,759** ,000 18	,921** ,000 18	-,015 ,954 18						
CAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,890** ,000 18	-,961** ,000 18	-,936** ,000 18	,918** ,000 18	,556* ,017 18	,715** ,001 18					
KNAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,986** ,000 18	-,956** ,000 18	-,859** ,000 18	,974** ,000 18	,120 ,635 18	,954** ,000 18	,857** ,000 18				
KNAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,720** ,001 18	-,793** ,000 18	-,872** ,000 18	,771** ,000 18	,777** ,000 18	,511* ,030 18	,918** ,000 18	,642** ,004 18			
CANAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,956** ,000 18	-,872** ,000 18	-,770** ,000 18	,927** ,000 18	-,032 ,900 18	,990** ,000 18	,736** ,000 18	,976** ,000 18	,506* ,032 18		
CANAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,902** ,000 18	-,963** ,000 18	-,947** ,000 18	,928** ,000 18	,541* ,020 18	,735** ,001 18	,999** ,000 18	,867** ,000 18	,918** ,000 18	,753** ,000 18	

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

NaCl+CaCl₂

Corrélations

TRAITEMENTS		TRAITEMENTS	PFF	PFT	PFR	PSF	PST	PSR	PSRPSA	CENDREF	CENDRET	CENDRER	TEF
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N													
PFF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,155 ,415 30											
PFT	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,452* ,012 30	-,120 ,528 30										
PFR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,188 ,321 30	,237 ,208 30	-,069 ,716 30									
PSF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,041 ,830 30	,793** ,000 30	-,228 ,227 30	,102 ,592 30								
PST	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,046 ,808 30	,106 ,577 30	-,295 ,114 30	-,588** ,001 30	,188 ,319 30							
PSR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,187 ,324 30	-,118 ,535 30	,247 ,188 30	,571** ,001 30	-,345 ,062 30	-,596** ,001 30						
PSRPSA	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,109 ,565 30	-,387* ,034 30	,341 ,065 30	,480** ,007 30	-,620** ,000 30	-,726** ,000 30	,916** ,000 30					
CENDREF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,918** ,000 30	-,167 ,378 30	,308 ,098 30	,194 ,303 30	-,066 ,729 30	-,070 ,712 30	-,252 ,179 30	-,103 ,590 30				
CENDRET	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,920** ,000 30	,047 ,807 30	,278 ,137 30	,323 ,082 30	,011 ,954 30	,031 ,871 30	-,203 ,282 30	-,134 ,481 30	,942** ,000 30			
CENDRER	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,761** ,000 30	-,032 ,869 30	,461* ,010 30	,322 ,082 30	,058 ,760 30	,119 ,531 30	,123 ,518 30	,021 ,913 30	,462* ,010 30	,583** ,001 30		
TEF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,181 ,339 30	,417* ,022 30	,136 ,474 30	,247 ,187 30	-,224 ,235 30	-,109 ,568 30	,340 ,066 30	,313 ,092 30	-,168 ,376 30	,065 ,735 30	-,121 ,523 30	

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

NaCl+CaCl₂

Corrélations

		TRAITEMENTS	NAF	NAR	KF	KR	CAF	CAR	KNAF	KNAR	CANAF	CANAR
TRAITEMENTS	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
NAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,297 ,111 30										
NAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,762** ,000 30	,782** ,000 30									
KF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,761** ,000 30	-,628** ,000 30	-,863** ,000 30								
KR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,875** ,000 30	-,712** ,000 30	-,944** ,000 30	,883** ,000 30							
CAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,426* ,019 30	-,213 ,260 30	-,526** ,003 30	,222 ,237 30	,350 ,058 30						
CAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,823** ,000 30	-,765** ,000 30	-,935** ,000 30	,807** ,000 30	,980** ,000 30	,394* ,031 30					
KNAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,434* ,017 30	-,987** ,000 30	-,854** ,000 30	,700** ,000 30	,801** ,000 30	,302 ,105 30	,844** ,000 30				
KNAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,815** ,000 30	-,773** ,000 30	-,988** ,000 30	,888** ,000 30	,983** ,000 30	,438* ,015 30	,966** ,000 30	,852** ,000 30			
CANAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,406* ,026 30	-,968** ,000 30	-,844** ,000 30	,628** ,000 30	,758** ,000 30	,435* ,016 30	,818** ,000 30	,985** ,000 30	,825** ,000 30		
CANAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,780** ,000 30	-,808** ,000 30	-,988** ,000 30	,843** ,000 30	,970** ,000 30	,479** ,007 30	,977** ,000 30	,881** ,000 30	,993** ,000 30	,866** ,000 30	

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

NaCl

Corrélations

		TRAITEMENTS	PFF	PFT	PFR	PSF	PST	PSR	PSRPSA	CENDREF	CENDRET	CENDRER	TEF
TRAITEMENTS	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N												
PFF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,918** ,000 9											
PFT	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,808** ,008 9	,644 ,061 9										
PFR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,398 ,288 9	,551 ,124 9	,056 ,887 9									
PSF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,976** ,000 9	,950** ,000 9	,732* ,025 9	,403 ,283 9								
PST	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,973** ,000 9	,874** ,002 9	,859** ,003 9	,332 ,383 9	,946** ,000 9							
PSR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,853** ,003 9	,831** ,006 9	,836** ,005 9	,551 ,125 9	,833** ,005 9	,872** ,002 9						
PSRPSA	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,441 ,235 9	,467 ,205 9	,574 ,106 9	,571 ,108 9	,430 ,248 9	,463 ,210 9	,829** ,006 9					
CENDREF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,996** ,000 9	-,903** ,001 9	-,820** ,007 9	-,338 ,374 9	-,970** ,000 9	-,966** ,000 9	-,831** ,006 9	-,410 ,273 9				
CENDRET	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,752* ,019 9	-,679* ,044 9	-,572 ,108 9	-,304 ,426 9	-,795* ,010 9	-,779* ,013 9	-,679* ,045 9	-,371 ,325 9	,711* ,032 9			
CENDRER	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,922** ,000 9	-,728* ,026 9	-,730* ,025 9	-,303 ,428 9	-,882** ,002 9	-,890** ,001 9	-,734* ,024 9	-,358 ,344 9	,927** ,000 9	,724* ,027 9		
TEF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,961** ,000 9	,922** ,000 9	,752* ,020 9	,506 ,165 9	,936** ,000 9	,885** ,002 9	,855** ,003 9	,519 ,152 9	-,955** ,000 9	-,661 ,053 9	-,867** ,002 9	

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

NaCl

Corrélations

		TRAITEMENTS	NAF	NAR	KF	KR	CAF	CAR	KNAF	KNAR	CANAF	CANAR
TRAITEMENTS	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
NAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,992** ,000 9										
NAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,931** ,000 9	,940** ,000 9									
KF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,996** ,000 9	-,991** ,000 9	-,932** ,000 9								
KR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,836** ,005 9	-,840** ,005 9	-,716* ,030 9	,170 ,544 15							
CAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,918** ,000 9	-,899** ,001 9	-,959** ,000 9	,832** ,000 15	,255 ,359 15						
CAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,876** ,002 9	-,855** ,003 9	-,770* ,015 9	,662** ,007 15	,663** ,007 15	,648** ,009 15					
KNAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,966** ,000 9	-,968** ,000 9	-,935** ,000 9	,953** ,000 15	,087 ,759 15	,825** ,000 15	,474 ,074 15				
KNAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,945** ,000 9	-,945** ,000 9	-,907** ,001 9	,265 ,341 15	,972** ,000 15	,311 ,259 15	,649** ,009 15	,204 ,466 15			
CANAF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,933** ,000 9	-,926** ,000 9	-,950** ,000 9	,908** ,000 15	,151 ,590 15	,929** ,000 15	,497 ,060 15	,964** ,000 15	,257 ,356 15		
CANAR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,916** ,001 9	-,893** ,001 9	-,837** ,005 9	,691** ,004 15	,727** ,002 15	,671** ,006 15	,975** ,000 15	,536* ,039 15	,756** ,001 15	,562* ,029 15	

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

NaCl+CaCl₂

Corrélations

		TRAITEMENTS	PFF	PFT	PFR	PSF	PST	PSR	PSRPSA	CENDREF	CENDRET	CENDRER	TEF
TRAITEMENTS	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N												
PFF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,934** ,000 9											
PFT	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,677* ,045 9	,492 ,179 9										
PFR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,142 ,716 9	,276 ,473 9	-,246 ,523 9									
PSF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,831** ,005 9	,868** ,002 9	,491 ,179 9	-,069 ,860 9								
PST	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,645 ,061 9	,586 ,097 9	,710* ,032 9	,022 ,955 9	,471 ,200 9							
PSR	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,923** ,000 9	,877** ,002 9	,802** ,009 9	,230 ,552 9	,714* ,031 9	,722* ,028 9						
PSRPSA	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,869** ,002 9	,810** ,008 9	,782* ,013 9	,299 ,435 9	,576 ,104 9	,672* ,047 9	,980** ,000 9					
CENDREF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,963** ,000 9	-,944** ,000 9	-,711* ,032 9	-,110 ,777 9	-,839** ,005 9	-,642 ,062 9	-,936** ,000 9	-,877** ,002 9				
CENDRET	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,981** ,000 9	-,957** ,000 9	-,681* ,044 9	-,134 ,730 9	-,841** ,004 9	-,672* ,048 9	-,931** ,000 9	-,870** ,002 9	,989** ,000 9			
CENDRER	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	,975** ,000 9	-,907** ,001 9	-,721* ,028 9	-,056 ,887 9	-,834** ,005 9	-,641 ,063 9	-,905** ,001 9	-,842** ,004 9	,982** ,000 9	,971** ,000 9		
TEF	Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N	-,814** ,008 9	,864** ,003 9	,470 ,202 9	,239 ,536 9	,579 ,102 9	,609 ,081 9	,818** ,007 9	,826** ,006 9	-,809** ,008 9	-,836** ,005 9	-,757* ,018 9	

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

Corrélations

TRAITEMENTS		NAF	NAR	KF	KR	CAF	CAR	KNAF	KNAR	CANAF	CANAR
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
NAF											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
NAR											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
KF											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
KR											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
CAF											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
CAR											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
KNAF											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
KNAR											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
CANAF											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											
CANAR											
Corrélation de Pearson Sig. (bilatérale) N											

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

NaCl+CaCl₂

RESUME

Notre étude est portée sur l'espèce *Phaseolus vulgaris* L., plante sensible à la salinité. Ainsi nous avons utilisé des plantes des deux variétés **El Djadida** et **Coco Rose** âgées entre six à sept semaines soumises aux traitements salins aux concentrations en NaCl à 100 et à 200 meq.l⁻¹ et à 100 meq.l⁻¹ de NaCl + 100 meq.l⁻¹ de CaCl₂ et à 100 meq.l⁻¹ de NaCl + 150 meq.l⁻¹ de CaCl₂, les plantes témoins sont arrosées à la solution nutritive. La sensibilité de ces variétés a été étudiée par la détermination des paramètres suivants : la croissance du végétales (le poids frais et le poids sec aérien et racinaire), La teneur en eau foliaire, Le taux des cendres et la distribution des ions Na⁺, K⁺ et Ca⁺⁺ dans les organes végétaux.

Les résultats obtenues montrent que : le sel a un effet dépressif sur la croissance biologique ; cependant cet effet varie en fonction de l'intensité du stress. L'état hydriques foliaire de la plante varie avec la concentration du milieu, la capacité modérer de la plante sensible à ajuster progressivement leur pression osmotique même à des baisses concentrations et grâce au maintien des concentrations élevées de K⁺. Le taux des cendres et la distribution des ions Na⁺, K⁺ et Ca⁺⁺ dans les organes végétaux feuilles-racines des deux variétés a déclaré que le haut niveau de la salinité augmente les niveaux de Na⁺ ce qui inhibe l'absorption des ions de Ca⁺⁺ et K⁺, ce qui résulte dans le ratio K⁺/Na⁺ et Ca⁺⁺ / Na⁺. L'effet de ces accumulations varie en fonction des variétés, le type du sel et le niveau de traitement salin.

L'addition du CaCl₂ dans le milieu a pour but de constater le rôle du le calcium qui peut non seulement contribuer à l'ajustement osmotique pendant les périodes néfastes, mais a des rôles très importants dans le métabolisme de la plante contrairement au Na⁺ qui peut être toxique pour les plantes.

MOTS CLES :

Salinité, Stress; Glycophytes; Haricot (*Phaseolus Vulgaris* L.); Paramètres De Croissance; Ajustement Osmotique; Nutritions Minérales; Sensibilité; Tolérance; Caractère Inclusif.

Soutenue le 25 Avril 2013