

## L'impact de la salinité sur le comportement hydrique et métabolique d'une variété de Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.)

### [ The impact of salinity on water and metabolic behavior of a variety of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) ]

Asma Achour, Yasmina Bidai, and Moulay Belkhdja

Laboratoire de Biotoxicologie Expérimentale, Biodépollution et de Phytoremediation, Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Département de biologie, Algérie

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The processes involved in the development of a performance culture are influenced not only by genetic factors but also by the intervention of environmental factors. Soil salinity is a permanent threat to the survival of plants. The choice of a salt tolerant species would be a solution to this constraint. This study aims to assess the impact of salt stress during the vegetative stage of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Plants were stressed with different concentrations of NaCl from 0, 50, 100, 150 to 200 mM NaCl for one week. The results obtained show that the application of stress results in a moderate decrease in the relative water content. Chlorophyll a, b, and total caroténoïdes are declining during times of stress. An increase in proline content and soluble sugars was recorded in leaves and roots. The accumulation of proline and soluble sugars could be an indicator of salinity tolerance which explains the maintenance of good water status among the studied plants. The biosynthesis of chlorophyll pigments would be linked to the proline biosynthesis activity.

**KEYWORDS:** NaCl, Okra, RWC, pigments, soluble sugars, proline.

**RÉSUMÉ:** Les processus impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture sont influencés non seulement par des facteurs génétiques mais aussi par l'intervention des facteurs environnementaux. La salinité du sol est une menace permanente à la survie des végétaux. Le choix d'une espèce tolérante au sel serait une solution à cette contrainte. Cette étude a pour but d'évaluer l'impact du stress salin durant le stade végétatif du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.). Les plantes ont été stressées avec différentes concentrations de NaCl allant de 0, 50, 100, 150 jusqu'à 200 mM de NaCl pendant une semaine. Les résultats obtenus montrent que l'application du stress conduit à une diminution modérée de la teneur relative en eau. La teneur en chlorophylle a, b, totale et caroténoïdes subissent une régression pendant la période de stress. Une augmentation de la teneur en proline et en sucres solubles a été enregistrée au niveau des feuilles et racines. L'accumulation de proline et des sucres solubles pourrait être un indice de tolérance à la salinité ce qui explique le maintien d'un bon statut hydrique chez les plantes étudiée. La biosynthèse des pigments chlorophylliens serait liée à l'activité de biosynthèse de la proline.

**MOTS-CLEFS:** NaCl, Gombo, RWC, pigments, sucres solubles, proline.

## 1 INTRODUCTION

Les changements climatiques observés depuis quelques décennies apparaissent comme une cause profonde des modifications environnementales [1], [2]. Ceci se traduit essentiellement par l'accroissement des terres arides qui

représentent actuellement 44% de la surface du globe [3]. Ces écosystèmes fragiles sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations associées à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol [4], [5], une irrigation relativement saline [6], sérieuse menace pour les terres cultivables, au développement agricole [7] et à la répartition géographiques des plantes dans leur habitat [8]. La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe qui affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente [9]. En Algérie, 3,2 millions d'hectares de terres arables sont menacés par la salinisation [10]. Le stress salin est le résultat d'un déficit hydrique dans la plante sous forme de sécheresse physiologique [11]. Ce stress osmotique se traduit essentiellement par l'accumulation toxique des ions dans les cellules et/ou un déséquilibre nutritionnel dû à un excès de certains ions [12]. La toxicité des ions, le stress osmotique et le déséquilibre nutritif associés ont un impact néfaste sur la croissance des plantes et leur productivité [13], [14]. En effet, selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique [15], anatomique [16], [17] et biochimique [18]. Dans ces conditions, les plantes se trouvent en situation stressante et développent des mécanismes de défense [19]. L'accumulation de différents solutés protège les plantes contre le stress salin en contribuant à l'ajustement osmotique [19], la protection de l'intégrité de la membrane [20], la stabilisation des enzymes [21], et à la détoxification des dérivés réactifs de l'oxygène [22]. Certains solutés remplissent une fonction supplémentaire afin de protéger les composants cellulaires de la déshydratation [23]. Ainsi, les plantes réagissent à ce stress, soit pour disparaître soit pour déclencher des mécanismes de résistance [24]. Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à la contrainte [4], [25]. Le stress osmotique est dû à l'excès de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  dans l'environnement qui réduisent le potentiel osmotique de la solution du sol et donc l'absorption d'eau par la racine de la plante [23]. L'ajustement osmotique constitue le processus majeur permettant à la cellule de maintenir sa turgescence [26]. Pour limiter la perte en eau, les plantes sont capables de maintenir la turgescence de leurs cellules grâce à l'accumulation contrôlée de composés organiques appelés osmotocum et osmoprotecteurs, tels que sucres solubles [27], acides aminés [28], composés d'ammonium quaternaire [23], hormones [29], polyamines [30], afin d'atténuer l'effet du sel [31]. Pour améliorer le rendement des cultures, une plus grande attention à la production de variétés tolérantes au sel est nécessaire pour relever les défis du 21ème siècle. Dans ce contexte, ce travail est une contribution à l'étude des comportements hydrique, physiologique et biochimique d'une espèce légumière, le gombo soumis à différents régimes de salinité.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL**

Cette étude est réalisée sur une variété de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.), un fruit cultivé dans l'Est algérien, spécialement dans la région de Nechmana (Wilaya de Annaba). L'expérimentation a été menée sous une serre contrôlée.

### **2.2 APPLICATION DU STRESS**

Au bout de trois semaines de culture, les plantes ont été réparties en cinq lots et ont subi pendant une semaine un stress salin (NaCl) à différentes concentrations (0, 50, 100, 150 et 200 mM de NaCl).

### **2.3 MESURE DE LA TENEUR RELATIVE EN EAU (RWC)**

La teneur relative en eau a été mesurée sur une feuille bien développée, elle est déterminée par la relation de [32]:

$$\text{RWC}(\%) = \frac{\text{Pf} - \text{Ps}}{\text{Pr} - \text{Ps}} \times 100$$

Pf : poids frais

Ps : poids sec

Pr : poids à saturation

### **2.4 DOSAGE DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS ET CAROTÉNOÏDES**

Dans un tube à essai, à 100 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, sont ajoutés 10 ml d'acétone à 95% et l'ensemble est conservé à l'obscurité à 4°C pendant 48h. Le calcul des concentrations en chlorophylles totales (chl totales), chlorophylle a (chl a), chlorophylle b (chl b), caroténoïdes (car) s'effectue en appliquant diverses équations établies par [33].

$$\text{Chl a } (\mu\text{g. mL}^{-1}) = 12,25. \text{DO}_{663} - 2,79. \text{DO}_{647}$$

$$\text{Chl b } (\mu\text{g. mL}^{-1}) = 21,5. \text{DO}_{647} - 5,10. \text{DO}_{663}$$

$$\text{Chl tot } (\mu\text{g. mL}^{-1}) = 7,15. \text{DO}_{663} + 18,71. \text{DO}_{647}$$

$$\text{Car } (\mu\text{g. mL}^{-1}) = \frac{1000. \text{DO}_{470} - 1,82. \text{chl a} - 85,02 \text{chl b}}{198}$$

## 2.5 DOSAGE DES SUCRES SOLUBLES

100 mg de matériel végétal frais, sont macérés dans 3 ml d'éthanol pendant 48h. Après évaporation de l'alcool 20ml d'eau sont ajoutés. Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode [34].

## 2.6 DOSAGE DE LA PROLINE

Selon la méthode de [35], 400 mg de matériel végétal étuvé sont broyés avec 5 ml d'éthanol à 95% auxquels sont rajoutés 15 ml d'éthanol à 70%. La solution finale est recueillie dans un tube à essai afin qu'elle soit décantée pendant 60 min. 5 ml de la phase supérieure sont prélevés puis additionnés de 2 ml de chloroforme et 3 ml d'eau distillée. Après 24h, la phase supérieure est récupérée pour le dosage, réalisé selon la technique de [36].

## 2.7 ANALYSE STATISTIQUE

Les données obtenues ont été soumises à des analyses de variance à l'aide du logiciel SPSS pour évaluer la significativité des effets testés, le coefficient de corrélation de rang de Spearman est calculé pour évaluer la relation entre les paramètres étudiés et l'effet du NaCl, et son niveau de signification. Les moyennes sont comparées par le test de Tukey HSD (Honestly Significant Difference) afin de déterminer les groupes homogènes à  $\alpha=0,05$ .

## 3 RESULTATS

Les résultats montrent aussi que la salinité crée un effet significatif sur le RWC, la probabilité se situe en dessous de 0.05. L'analyse statistique révèle une corrélation négative entre ces deux facteurs hautement significative ( $r=0,803^{**}$ ,  $p<0.001$ , Tab. 1). Chez les plantes témoins à celles traitées à 150 mM de NaCl, le contenu hydrique des feuilles reste faiblement affecté; sous le traitement 200 mM de NaCl, le RWC subit une chute significative avec des taux de réduction de 28.13% contre 4.4% chez les plantes témoins (figure 1).

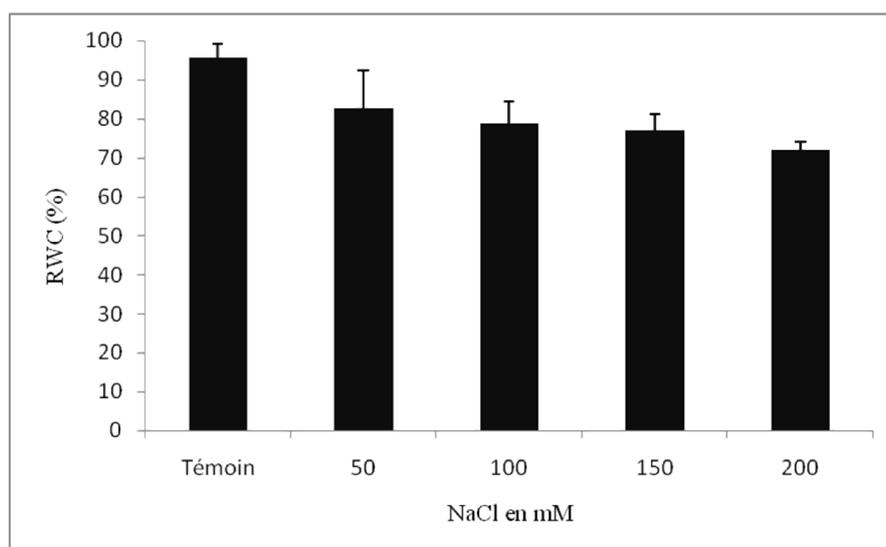
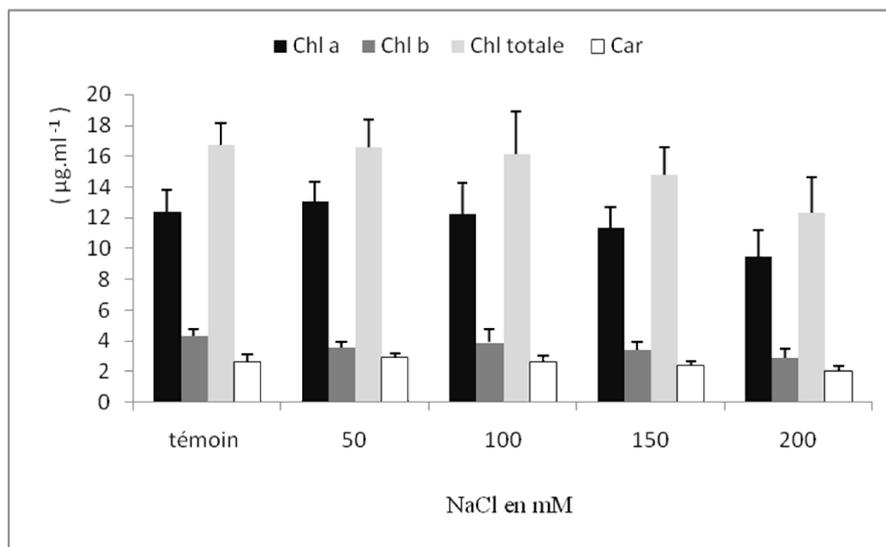


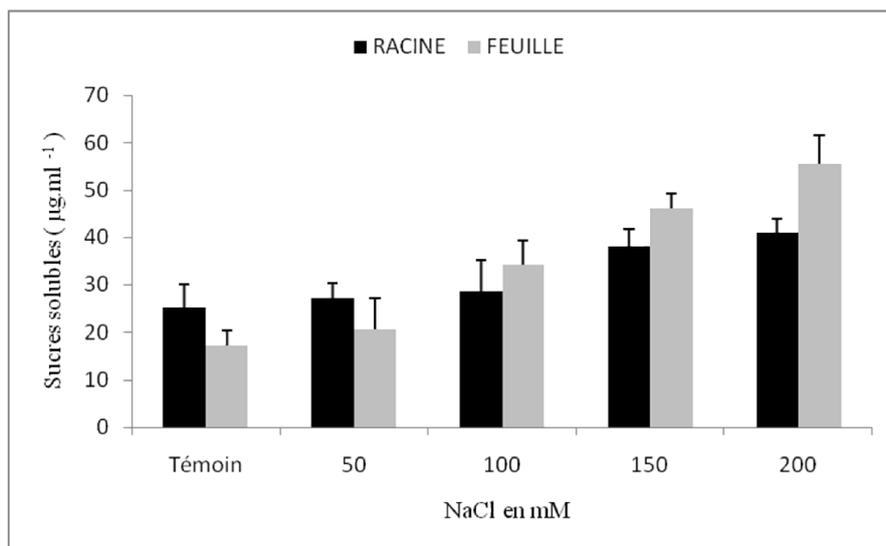
Fig. 1. Variation de la teneur relative en eau (RWC) des feuilles d'*Abelmoschus esculentus* (L.) après une semaine de stress au NaCl

Les pigments analysés indiquent une corrélation négative, hautement significative sous l'effet du stress salin ( $p < 0.05$ ), exprimée pour les chl a avec  $r = 0,568^{**}$  et  $p < 0.001$ , les chl b avec  $r = 0,583^{**}$ ,  $p < 0.001$ , chl totales avec  $r = 0,607^{**}$ ,  $p < 0.001$  et les car avec  $r = 0,506^{**}$  et  $p < 0.001$  (Tab. 1). Sous 50 mM de NaCl la chl a est à son optimum suivie par les plantes témoins au-delà de 50 mM de NaCl les concentrations tendent vers la baisse jusqu'à atteindre  $9,45 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . L'optimum de chlorophylles totales est de  $16,71 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  chez les plantes témoins au-delà de cette concentration le taux chute sévèrement. Les teneurs en chlorophylles a sont 3 à 4 fois plus élevées que les teneurs en chlorophylles b et cela pour tous les traitements (figure 2).



**Fig. 2. Variation des teneurs en chlorophylle totales, chlorophylle a (chl a), chlorophylle b (chl b), caroténoïdes (car) ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) des feuilles d *Abelmoschus esculentus* (L.)**

Le sel a un effet significatif sur l'accumulation des sucres solubles ( $p < 0.05$ ). Les résultats indiquent que la corrélation positive entre ces deux facteurs est hautement significative ( $r = 0,847^{**}$ ,  $p < 0.001$ , Tab.1). L'accumulation des sucres solubles (figure 3), sous l'effet de la salinité, se fait dans le sens feuilles racines aussi bien chez les plantes témoins que stressées jusqu'à 50 mM de NaCl ; au-delà de cette concentration la tendance de l'accumulation des sucres s'inverse dans le sens racines feuilles. Pour atteindre des valeurs de  $40,82 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  et  $55,46 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  respectivement dans les racines et les feuilles des plantes traitées à 200 mM de NaCl.



**Fig. 3. Teneur en sucres solubles ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) analysée après une semaine de stress au NaCl dans les feuilles et les racines d'*Abelmoschus esculentus* (L.)**

Le sel a un effet significatif sur l'accumulation de la proline ( $p < 0.05$ ). Les résultats indiquent que la corrélation positive entre ces deux facteurs est hautement significative ( $r = 0,776^{**}$ ,  $p < 0.001$ , Tab. 1). L'examen de la figure 4 montre que la proline évolue dans le même sens que la concentration de la solution saline. Cet acide aminé s'accumule davantage lorsque le milieu de culture s'enrichit en NaCl, aussi bien dans les feuilles que dans les racines, sa teneur passe significativement de  $9,85 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  et  $4,15 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  respectivement pour les feuilles et les racines des plantes témoins jusqu'à  $42,1 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  et  $21,5 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pour le traitement à 200 mM de NaCl. Il faut remarquer que les feuilles accumulent deux fois plus de proline que les racines aussi bien chez les plantes témoins que celles stressées.

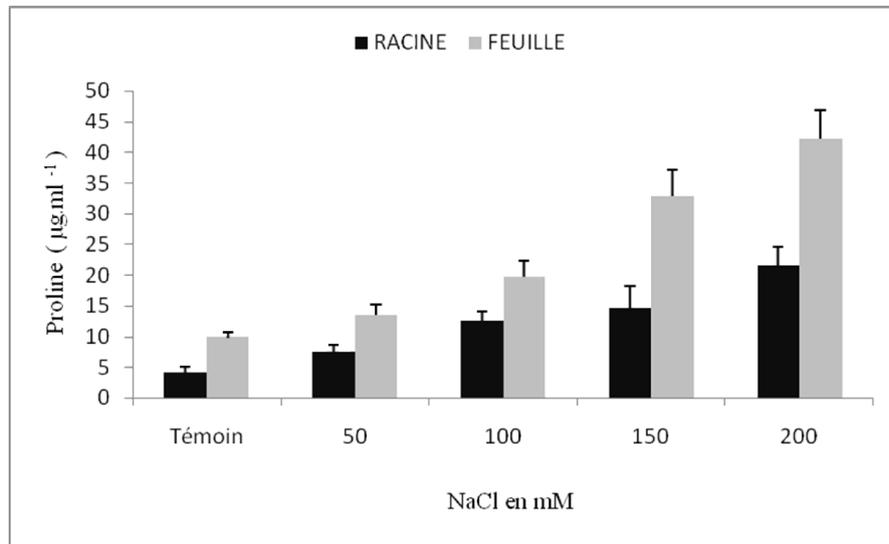


Fig. 4. Teneur en proline ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) analysée après une semaine de stress au NaCl dans les feuilles et les racines d'*Abelmoschus esculentus* (L.)

Tableau1. Matrice de corrélation de spearman entre sel, organe, proline, sucres solubles, RWC, chl<sub>a</sub>, chl<sub>b</sub>, chl.totales et car.

	sel	Organe	proline	sucres	RWC	chl <sub>a</sub>	chl <sub>b</sub>	chl.totales	car
Sel	1								
Organe	,000	1							
Proline	,776 <sup>**</sup>	-,504 <sup>**</sup>	1						
Sucres	,847 <sup>**</sup>	-,127	,841 <sup>**</sup>	1					
RWC	-,803 <sup>**</sup>	. <sup>b</sup>	-,687 <sup>**</sup>	-,709 <sup>**</sup>	1				
Chl <sub>a</sub>	-,568 <sup>**</sup>	. <sup>b</sup>	-,558 <sup>**</sup>	-,581 <sup>**</sup>	,356	1			
Chl <sub>b</sub>	-,583 <sup>**</sup>	. <sup>b</sup>	-,532 <sup>**</sup>	-,471 <sup>*</sup>	,514 <sup>**</sup>	,722 <sup>**</sup>	1		
chl.totales	-,607 <sup>**</sup>	. <sup>b</sup>	-,584 <sup>**</sup>	-,578 <sup>**</sup>	,423 <sup>*</sup>	,980 <sup>**</sup>	,847 <sup>**</sup>	1	
car	-,506 <sup>**</sup>	. <sup>b</sup>	-,526 <sup>**</sup>	-,618 <sup>**</sup>	,258	,911 <sup>**</sup>	,425 <sup>*</sup>	,825 <sup>**</sup>	1

\*\* : Significatif à  $p \leq 0.001$

\* : Significatif à  $p \leq 0.05$

b. Calcul impossible car au moins une variable est une constante.

#### 4 DISCUSSION

La salinité est l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance et la productivité des plantes [23], [37], [25]. Les résultats obtenus montrent que la teneur relative en eau des feuilles des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L., est réduite lorsqu'elles sont soumises à des concentrations élevées en NaCl. Selon [38], les sels affectent toutes les parties de la plante et sont plus perceptibles sur les feuilles. Cette sensibilité foliaire s'accroît avec l'augmentation des concentrations de NaCl dans la solution d'arrosage. En effet l'augmentation de la teneur en NaCl entraîne une diminution de l'hydratation des tissus [39]. L'intensification du traitement salin s'accompagne d'une diminution du niveau d'hydratation qui reste toutefois tolérable. Le maintien d'une teneur relative en eau élevée, sous stress hydrique, est une forme remarquable de résistance [40]. Des études faites sur le blé [41] et le maïs [42] font ressortir des résultats similaires concernant la baisse de la teneur

relative en eau. Ceci peut être dû à la toxicité des ions  $\text{Na}^+$  et/ ou  $\text{Cl}^-$  accumulés dans le cytoplasme à des niveaux dépassant la capacité de compartimentage [38] dans la vacuole. L'accumulation apoplasmique des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  serait le paramètre le plus impliqué dans le flétrissement et la mortalité de certaines espèces [31]. Selon [43], la mortalité des plantes en milieu salin s'explique par une perturbation de l'alimentation hydrique et d'une inhibition du métabolisme. Dans les zones arides et semi-arides, la contrainte saline est souvent associée au déficit hydrique. Le stress salin induit des changements au niveau du statut hydrique de la plante [44]. Ce processus conduit à un dessèchement des feuilles [45], une diminution du contenu relatif en eau des feuilles suite à la perte d'eau cellulaire [46], une réduction générale de la croissance [45], la transpiration [47], l'absorption hydrique par les racines [48] et perturbe l'homéostasie cellulaire [49], [50]. La salinité perturbe l'intégrité cellulaire et la fonction de l'appareil photosynthétique [51] (Munns et Tester, 2008). Par ailleurs, [52] rapportent que l'acide abscissique, agit comme un signal de stress [53] synthétisé notamment en réponse à un déficit hydrique, et identifié comme l'un des signaux impliqués dans la régulation des stomates. Leur fermeture permet une diminution de la perte en eau mais elle provoque également une diminution de l'apport en  $\text{CO}_2$ . Le stress salin a augmenté de manière significative la consommation d'eau chez le gombo [54].

Les résultats montrent une augmentation dans la teneur en sucres solubles chez les différents organes en fonction de la concentration saline. Le NaCl induit des augmentations des teneurs des composés glucidiques proportionnellement aux doses chimiques appliquées [55]. Chez les plantes, les sucres sont nécessaires pour soutenir la croissance et la régulation de l'expression génique [56]. Ils sont également considérés comme de bons osmorégulateurs [57], [58], qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes au stress osmotique [59]. Selon [58], les sucres solubles protégeraient les membranes contre la déshydratation, l'état de déficit hydrique contribuerait en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique. Chez le riz cultivé sous stress salin, il a été observé une dégradation de l'amidon et une accumulation des sucres solubles s'accompagnant de l'augmentation de l'activité de l'amidon phosphorylase, de celle de la glucose phosphate synthase et d'une diminution de l'activité de l'invertase [60]. Ainsi, [61] observent chez les plantes de riz soumises à un stress une diminution de l'activité du fructose 2-6- biphosphate, conduisant à une accumulation de saccharose et contribuant ainsi à l'augmentation de la tolérance au sel chez certaines variétés en augmentant l'osmolarité interne des cellules et les réserves disponibles en carbone. Les sucres solubles agissent comme molécules de signalisation en situation de stress [62]. Les sucres solubles ont un double rôle chez les plantes, ils participent aux événements métaboliques et agissent comme signaux moléculaires pour la régulation des différents gènes, en particulier ceux qui sont impliqués dans la photosynthèse, le métabolisme du saccharose et de la synthèse d'osmolyte [63]. L'accumulation des sucres est suggérée comme indice de résistance non seulement au stress salin mais également au stress hydrique du fait que la salinité est également une sécheresse de type physiologique [4].

Il est signalé également que les teneurs en chlorophylle totale et en caroténoïdes sont influencées négativement par le régime salin. Cependant l'apport de NaCl à 50 mM et 100 mM stimule respectivement la biosynthèse de chlorophylle a et b. Au-delà de 100 mM de NaCl les teneurs en chlorophylle a et b enregistrent une baisse. La salinité a un effet dépressif par une réduction de la teneur en chlorophylle a, b et totale [55], [64], [65]. Sous un régime salin la chlorophylle a, b et caroténoïdes ont été considérablement réduits chez le mung bean [66] et le *canola* [67]. Des quantités excessives d'ions toxiques dans les tissus foliaires de cultivars de gombo peuvent se comporter comme agent dégradant de la chlorophylle [68]. La diminution de la synthèse de la chlorophylle peut être due, entre autre, à une diminution de l'acide 5-aminolévulinique [69]. Le NaCl inhibe la synthèse de l'acide 5-aminolévulinique, un précurseur de la chlorophylle [70], [71]. Sous contrainte hydrique, on constate une perturbation au niveau des réactions photochimiques de la photosynthèse, avec un blocage du transfert d'électrons entre LHC II et PSII [72]. En outre, la culture de plantes dans des conditions de solution saline est connue pour endommager le PSII [73] et les enzymes photosynthétiques [74]. Le stress salin joue un rôle dans la diminution de l'activité de la chlorophyllase [75]. La diminution du taux d'assimilation du  $\text{CO}_2$  dans les feuilles est associée à une inhibition de la photosynthèse [76]. Le NaCl réduit la teneur en chlorophylle même à plus faible concentration avec une augmentation du ratio chl a/chl b [70]. Les plantes exposées au stress salin ont montré des symptômes de chlorose des feuilles et de nécrose, des résultats similaires ont été confirmés par [77]. Les gènes impliqués dans la photosynthèse et la mobilisation des réserves stockées sont réprimés lors d'une augmentation de la concentration de sucre, tandis que les gènes requis pour le catabolisme du carbone métabolite sont induits [78].

Les concentrations salines appliquées provoquent une augmentation linéaire des teneurs en proline, des résultats similaires ont été mis en évidence chez le gombo [54], [68], chez le ricin [79], le blé dur [80], le blé tendre [81], Pistachier de l'atlas [82], le riz [83]. Il est établi que la proline est certainement un des osmolytes le plus répandu. Lors d'un stress osmotique, sa biosynthèse est augmentée dans les chloroplastes [84] et son accumulation chez les plantes stressées a une fonction de protection [85], suite à la perturbation du métabolisme des protéines [55]. Le processus d'accumulation de la proline dans les tissus foliaires est considéré comme un critère d'adaptation [86]. Elle permet aux plantes de supporter le manque d'eau par une diminution du potentiel osmotique [87]. La synthèse de cet acide aminé à partir du L-Glutamate est

catalysée par une enzyme : la  $\Delta^1$ -Pyrroline-5-carboxylate synthétase (P5C synthétase) dont la synthèse est induite par le stress salin [88] [86]. Chez le blé, une grande accumulation de proline est corrélée à une diminution en pigments chlorophylliens totaux, a et b, cette corrélation est négative pour ces deux paramètres. Ces résultats suggèrent l'existence d'une connexion vraisemblable entre les voies de biosynthèse des pigments chlorophylliens et de la proline [89]. Une compétition entre ces deux composés sur leur précurseur commun, le glutamate, peut être à l'origine de cette évolution [90], [18]. Il semble que la stimulation de la synthèse de la proline soit parallèle à une activation globale d'une voie métabolique partant du glutamate semialdéhyde et conduisant à la proline [91].

## 5 CONCLUSION

Les concentrations élevées en NaCl avantagent l'accumulation des sucres solubles et de proline qui seraient impliqués dans les mécanismes d'ajustement osmotique et serviraient aussi comme osmoprotecteurs, ce qui a permis le maintien d'une turgescence cellulaire convenable chez les jeunes plantes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.). Le maintien d'une teneur relative en eau modérée, sous stress salin, est une forme remarquable de résistance. Il ressort aussi qu'il existe des corrélations entre les synthèses en pigments chlorophylliens et la biosynthèse de proline.

## RÉFÉRENCES

- [1] E. Stoetzel, E. Campmas, P. Michel, B. Bougariane, B. Ouchaou, F. Amani, M. A. El Hajraoui and R. Nespoulet, "Context of modern human occupations in North Africa: Contribution of the Témara caves data," *Quaternary International*, vol. 320, pp. 143-161, 2014.
- [2] Diack, M., Diop, T., and Ndiaye, R., Restoration of Degraded Lands Affected by Salinization Process Under Climate Change Conditions: Impacts on Food Security in the Senegal River Valley, In : R. Lal, B. R. Singh, Dismas .L. Mwaseba, D. Kraybill, D. O. Hansen and L. O. Eik (Eds.), Sustainable Intensification to Advance Food Security and Enhance Climate Resilience in Africa, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, pp. 275-288, 2015.
- [3] I. Stavi and R. Lal, Achieving Zero Net Land Degradation: "Challenges and opportunities," *Journal of Arid Environments*, vol. 112, no. Part A, pp. 1-8, 2015.
- [4] R. Munns, R. A. James and A. Lauchli, "Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals," *Journal of Experimental Botany*, vol. 57, no. 5, pp. 1025-1043, 2006.
- [5] I. Lachhab, S. Louahlia, M. Laamarti, and K. Hammani, "Effet d'un stress salin sur la germination et l'activité enzymatique chez deux géotypes de *Medicago sativa*," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 3, no. 2, pp. 511-516, 2013.
- [6] C. Alem, M. Labhililib, K. Brahmic, M. Jlibened, N. Nasrallahe and A. Filali-Maltouff, "Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin," *Comptes Rendus Biologies*, vol. 325, no 11, pp. 1097-1109, 2002.
- [7] K.V. Chaitanya, C. R. Krishna, G. V. Ramana and S. K. Beebi, "Salinity stress and sustainable agriculture," *Agricultural Reviews*, vol. 35, no. 1, pp. 34-41, 2014.
- [8] Z. Ahmed. and S.A. Snoussi, "Valuation of not conventional salt waters in dry culture," *Agriculture - Science and Practice*, vol. 87, no. 3- 4, pp. 87-88, 2013.
- [9] J.P. Legros, "La salinisation des terres dans le monde," *conférence n°4069, Bull.*, no. 40, pp. 257-269, 2009.
- [10] B. Benmahiou, F. Daguin and M. Kaid-Harche, "Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.)," *Comptes Rendus Biologies*, vol. 332, no. 8, pp. 752-758, 2009.
- [11] S. Mahajan and N. Tuteja, "Cold salinity and drought stresses, An overview Archives of Biochemistry and Biophysics," vol. 444, no. 2, pp. 139-158, 2005.
- [12] D. Souguir, O. Jouzdan, M.L. Khouja and M. Achicha, "Suivi de la croissance d'*Aloe vera* en milieu salin : Prcelle de kalaat Landelous (Tunisie)," *Etude et Gestion des Sols*, vol. 30, no. 3, pp. 19-26, 2013.
- [13] K. Mguis, A. Albouchi, Z. Ouerghi, M. Yakoubi-Tej, A. Mahjoub and N. Ben Brahim, "Influence d'une contrainte saline sur la croissance d'*Aegilops geniculata* Roth et du blé dur (*Triticum durum* Desf.)," *Acta Botanica Gallica: Botany Letters*, vol. 158, no. 4, pp. 553-565, 2011.
- [14] M. Salehi and A. Arzani, "Evaluation of triticale genotypes for salt tolerance using physiological traits," *Emir. J. Food Agric*, vol. 26, no. 3, pp. 277-283, 2014.
- [15] M. Ben Naceur, C. Rahmoune, H. Sdiri, M.L. Meddahi and M. Selmi, "Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé," *Science et Changements Planétaires / Sécheresse*, vol. 12, no. 3, pp. 167-174, 2001.

- [16] M. Nasir Khan, M. H. Siddiqui, F. Mohammad, M. Naeem and M. Masroor A. Khan, "Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum* L.) from NaCl stress by inducing antioxidative defence system and osmoprotectant accumulation," *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 32, no. 1, pp. 121-132, 2010.
- [17] L. Benidire, K. Daoui, Z.A. Fatemi, W. Achouak, L. Bouarab, K. Oufdou, "Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. (Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L.)," *Journal of Materials and Environmental Science*, vol.6,no.3, pp. 840-851, 2015.
- [18] A.K.Grennan, "High Impact Abiotic Stress in Rice. An "Omic" Approach," *Plant Physiology*, vol. 140, no. 4, pp. 1139-1141, 2006.
- [19] M. Denden, T. Bettaieb, Alef Salhi and M. Mathlouthi, "Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales," *Tropicultura*, vol 23, no 4, pp.220-225,2005.
- [20] M.M.F. Mansour, "Protection of plasma membrane of onion epidermal cells by glycinebetaine and proline against NaCl stress," *Plant Physiol. Biochem*, vol.36, no.10, pp. 767-772, 1998.
- [21] Timasheff, S.N., and Arakawa, T., Stabilization of protein structure by solvents. In: Creighton TE (Eds.), *Protein structure. A practical approach*, Oxford: IRL Press, pp. 331-44, 1989.
- [22] T. Karuppanapandian, J.C. Moon, C. Kim, K Manoharan and W. Kim, "Reactive Oxygen Species in Plants: Their Generation, Signal Transduction, and Scavenging Mechanisms," *Australian Journal of Crop Science*, vol.5, no. 6, pp. 709-725, 2011.
- [23] Rasool, S., Hameed, A., Azooz, M.M., Rehman, M., Siddiqi, T.O. and Ahmad, P., Salt Stress: Causes, Types and Responses of Plants, in: P. Ahmad, M.M. Azooz and M.N.V. Prasad (Eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, pp. 1-24, 2013.
- [24] L. Hamrouni, M. Hanana, C. Abdelly and A. Ghorbel, "Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (var. 'Séjnéne')," *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol.15, no.3, pp. 387-400, 2011.
- [25] M. O. Ly, D. Kumar, M. Diouf, S. Nautiyal and T. Diop, "Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.8, no.1, pp. 46-56, 2014.
- [26] S. Berka and F. Aïd, "Réponses physiologiques des plants d'*Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique," *Sécheresse*, vol.20, no.3, pp. 296-302, 2009.
- [27] T. Boriboonkaset, C. Theerawitaya, N. Yamada, A. Pichakum, K. Supaibulwatana, S. Cha-um, T. Takabe and C. Kirdmanee, "Regulation of some carbohydrate metabolism-related genes, starch and soluble sugar contents, photosynthetic activities and yield attributes of two contrasting rice genotypes subjected to salt stress," *Protoplasma*, vol. 250, no. 5, pp. 1157-1167, 2013.
- [28] I. Slama, K. Ben Rejeb, A. Rouached, A. Jdey, M. Rabhi, O. Talbi, A. Debez, A. Saviouré, C. Abdelly, "Presence of proline in salinized nutrient solution re-enforces the role of this amino acid in osmoregulation and protects lipid membrane peroxidation in *Arabidopsis thaliana*," *Australian Journal of Crop Science*, vol. 8, no.10, pp.1367-1372, 2014.
- [29] M. Amjad, J. Akhtar, M. Anwar-ul-Haq, A. Yang, S. S. Akhtar and S.E. Jacobsen, "Integrating role of ethylene and ABA in tomato plants adaptation to salt stress," *Scientia Horticulturae*, vol. 172, pp. 109-116, 2014.
- [30] Todorova, D., Katerova, Z., Sergiev I., and Alexieva, V., Role of Polyamines in Alleviating Salt Stress, in: P. Ahmad, M.M. Azooz and M.N.V. Prasad (Eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, pp. 355-38, 2013.
- [31] Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., Ahmad, P., Chanda, R., Prasad, M.N.V. and Ozturk, M., Enhancing plant productivity under salt stress: Relevance of polyomics, in: P. Ahmad, M.M. Azooz and M.N.V. Prasad (Eds.), *Salt Stress in Plants : Signalling, Omics and Adaptations*, New York, NY : Springer New York, pp. 113-56, 2013.
- [32] J.M. Clarke and T.N. McCaig, "Evaluation of Techniques for Screening for Drought Resistance in Wheat," *Crop Science*, vol. 22, no. 3, pp. 503-506, 1982.
- [33] Lichtenthaler, H. K., Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, vol. 148, pp. 350-382, 1987.
- [34] M. DuBois , K. A. Gilles , J. K. Hamilton , P. A. Rebers, F. Smith, "Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances," *Anal. Chem.*, vol. 28, no.3, pp 350-356, 1956.
- [35] S. T. Nguyen and Roger Paquin, "Méthodes d'extraction et de purification des acides aminés libres et des protéines de tissus végétaux," *Journal of Chromatography A.*, vol. 61, pp. 349-351, 1971.
- [36] I. Bergman and R. Loxley, "New spectrophotometric method for the determination of proline in tissue hydrolyzates," *Anal. Chem.*, vol. 42, no.7, pp. 702-706, 1970.
- [37] W. S. Soliman, and A. H. El-Shaieny, "Effect of saline water on germination and early growth stage of five *Apiaceae* species," *Academic Journals*, Vol. 9,no.7, pp. 713-719, 2014.

- [38] A. Rochdi, J. Lemsellek, A. Bousarhal and R. Abdellatif, "Evaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte-greffes d'agrumes : *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata* (*Poncirus* x *Citrus sinensis* et *Poncirus* x *Mandarinier sunki*)," *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, vol. 9, no.1, pp. 65-73, 2005.
- [39] L. Hamrouni, F. Ben Abdallah, C. Abdelly and A. Ghorbel, "La culture *in vitro* : un moyen rapide et efficace pour sélectionner des génotypes de vigne tolérant la salinité," *Comptes Rendus Biologies*, vol. 331, no. 2, pp. 152-16, 2008.
- [40] K. Kara and L. Brinis, "Réponse Physiologique au Stress Hydrique de Variétés de Blé Tendre (*Triticum Aestivum* L.) Cultivées en Algérie," *European Journal of Scientific Research*, vol.81, no.4, pp.524-532, 2012.
- [41] A. Morant-Manceau, E. Pradier and Gérard Tremblin, "Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress," *Journal of Plant Physiology*, vol. 161, no. 1, pp. 25-33, 2004.
- [42] D. Cui, D. Wu, J. Liu, D. Li, C. Xu, S. Li, P. Li, H. Zhang, X. Liu, C. Jiang, L. Wang, T. Chen, H. Chen and L. Zhao, "Proteomic Analysis of Seedling Roots of Two Maize Inbred Lines That Differ Significantly in the Salt Stress Response," *Plos One*, vol.10,no.2,pp. 1-13,2015.
- [43] T.J. Flowers and A.R. Yeo, "Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties," *New Phytologist*, vol. 88, no. 2, pp. 363-373, 1981.
- [44] W. G. Hopkins, *Physiologie végétale*, Ed. De Boeck Supérieur, pp. 532-466, 2003.
- [45] E. Blumwald, "Sodium transport and salt tolerance in plants," *Current Opinion in Cell Biology*, vol. 12, no. 4, pp. 431-434, 2000.
- [46] M. Mehani, S. Bissati and O. Djeroudi, "Effet d'eau de mer sur deux paramètres hydriques (turgescence et transpiration) de jeunes plants d'*Atriplex canescens* (Effect of seawater on two water parameters (turgescence and transpiration) of young plants of *Atriplex canescens*)," *J. Mater. Environ. Sci.*, vol.3, no.5, pp. 840-845, 2012.
- [47] P. E. Verslues, M. A., S. Katiyar-Agarwal, J. Zhu and J. Zhu, "Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status," *The Plant Journal*, vol. 45, no. 4, pp. 523-539, 2006.
- [48] L. Urban and I. Urban, *La production sous serre, tome 2 : l'irrigation fertilisante en culture hors sol*, 2nd Ed. Lavoisier, pp.39, 2010.
- [49] P. Perdiguero, M. d. C. Barbero, M. T. Cervera, C. Collada and Á. Soto, "Molecular response to water stress in two contrasting Mediterranean pines (*Pinus pinaster* and *Pinus pinea*)," *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 67, pp. 199-208, 2013.
- [50] N. Iqbal, S. Umar and R. Nazar, "A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism," *Environmental and Experimental Botany*, vol. 100, pp. 34-42, 2014.
- [51] R. Munns and M. Tester, "Mechanisms of salinity tolerance," *Annual Review of Plant Biology*, Vol. 59, pp. 651-681, 2008.
- [52] T. Kim, M. Böhmer, H. Hu, N. Nishimura, and J.I. Schroeder, "Guard Cell Signal Transduction Network: Advances in Understanding Abscisic Acid, CO<sub>2</sub>, and Ca<sup>2+</sup> Signaling," *Annu Rev Plant Biol.*, Vol. 61, pp.561-591, 2010.
- [53] J. Zhang, W. Jia, J. Yang, A. M. Ismail, "Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses," *Field Crops Research*, vol. 97, no1, pp. 111-119, 2006.
- [54] N. Habib, M. Ashraf, Q. Ali, R. Perveen, "Response of salt stressed okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) plants to foliar-applied glycine betaine and glycine betaine containing sugarbeet extract," *South African Journal of Botany*, vol. 83, pp. 151-158, 2012.
- [55] A. N. Lepengue, I. Mouaragadja, B. Ibrahim, S. Ake and B. M'Batchi, "Réponse du maïs (*Zea mays* var. LG 60) au stress salin : étude de la synthèse de quelques composés biochimiques," *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 14, no. 1, pp. 1866-1872, 2012.
- [56] S.L. Ho, Y.C. Chao, W.F. Tong, and S.M. Yu, "Sugar Coordinately and Differentially Regulates Growth- and Stress-Related Gene Expression via a Complex Signal Transduction Network and Multiple Control Mechanisms," *Plant Physiol.*, vol.125, no.2, pp. 877-890, 2001.
- [57] S.C. Clifford, S.K. Arndt, J.E. Corlett, S. Joshi, N. Sankhla, M. Popp and H.G. Jones, "The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.)," *Journal of Experimental Botany*, vol. 49, no. 323, pp. 967-977, 1998
- [58] Y. Bouatrous, "Water stress correlated with senescence in durum wheat (*Triticum durum* Desf)," *Advances in Environmental Biology*, vol. 7, no.7, pp.1306-1314, 2013.
- [59] J.M. Morgan, "Osmoregulation and water in higher plants," *Annu Rev Plant Physiol*, vol.35, pp.299-319, 1984.
- [60] R.S. Dubey and A.K. Singh, "Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolising enzymes in rice plants," *Biologia Plantarum*, vol. 42, no 2, pp. 233-239, 1999.
- [61] T. Udomchalothorn, S. Maneeprasobsuk, E. Bangyeekhun, P. Boon-Long, S. Chadchawan, "The role of the bifunctional enzyme, fructose-6-phosphate-2-kinase/fructose-2,6-bisphosphatase, in carbon partitioning during salt stress and salt tolerance in Rice (*Oryza sativa* L.)," *Plant Science*, vol. 176, no. 3, pp. 334-341, 2009.

- [62] M.M. Chaves, J. Flexas and C. Pinheiro, "Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell," *Annals of Botany*, Vol. 103, no. 4, pp. 551-560, 2009.
- [63] M. Rosa, C. Prado, G. Podazza, R. Interdonato, J. A. González, M. Hilal and F. E. Prado, "Soluble sugars metabolism, sensing and abiotic stress," *Plant Signaling and Behavior*, vol. 4, no.5, pp. 388-393, 2009.
- [64] T. R'him, I. Tlili, I. Hnan, R. Ilahy, A. Benali and H. Jebari, "Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.)," *Journal of Applied Biosciences*, vol.66, pp.5060-5069, 2013.
- [65] A. Rohanipoor, M. Norouzi, A. Moezzi and P. Hassibi, "Effect of Silicon on Some Physiological Properties of Maize (*Zea mays*) under Salt Stress," *J. Biol. Environ. Sci.*, vol.7, no.20, pp.71-79, 2013.
- [66] P. Saha, P. Chatterjee and A.K. Biswas, "NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek)," *Indian Journal of Experimental Biology*, vol. 48, no.6, pp. 593-600, 2010.
- [67] A. Baghizadeh, M.R. Salarizadeh, F. Abaasi, "Effects of Salicylic acid on some physiological and biochemical parameters of *Brassica napus* L.(Canola) under salt stress," *International Journal of Agri Science*, Vol.4, no.2, pp. 147-152, 2014.
- [68] T. Abbas, M. A. Pervez, C. M. Ayyub and R. Ahmad, "Assessment of Morphological, Antioxidant, Biochemical and Ionic Responses of Salt Tolerant and Salt Sensitive Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under Saline Regime," *Pak. j. life soc. Sci.*, vol. 11, no.2, pp. 147-153, 2013.
- [69] A. Stobart, W.T.Griffiths, I. Ameen-Bukhari, and R.P. Sherwood, "The effect of Cd<sup>2+</sup> on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley," *Physiologia Plantarum*, vol. 63, no. 3, pp. 293-298, 1985.
- [70] C. V. Santos, "Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves," *Scientia Horticulturae*, vol. 103, no.1, pp. 93-99, 2004.
- [71] T. Nunakaew, D. Kantachote, H. Kanzaki, T. Nitoda and R. J. Ritchie, "Effects of 5-aminolevulinic acid (ALA)-containing supernatants from selected *Rhodospirillum rubrum* strains on rice growth under NaCl stress, with mediating effects on chlorophyll, photosynthetic electron transport and antioxidative enzymes," *Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 17, no. 1, pp. 19-26, 2014.
- [72] P. M. O'Neill, J.F. Shanahan and J. S. Schepers, "Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions," *Crop Science*, vol. 46, no. 2, pp. 681-687, 2006.
- [73] M. Ashraf and P.J.C. Harris, "Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants," *Plant Science*, vol. 166, no 1, pp. 3-16, 2004.
- [74] T. Youssef and M. Awad, "Mechanisms of enhancing photosynthetic gas exchange in date palm seedlings (*Phoenix dactylifera* L.) under salinity stress by a 5-aminolevulinic acid-based fertilizer," *Journal of Plant Growth Regulation*, vol. 27, no. 1, pp. 1-9, 2008.
- [75] Djanaguiraman, M. and Vara Prasad, P.V., Effects of Salinity on Ion Transport, Water Relations and Oxidative Damage, in: P. Ahmad, M.M. Azooz and M.N.V. Prasad (Eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, pp. 89-114, 2013.
- [76] M.J. Fryer, J.R. Andrews, K. Oxborough, D.A. Blowers and N.R. Baker, "Relationship between CO<sub>2</sub> assimilation, photosynthetic electron transport, and active O<sub>2</sub> metabolism in leaves of maize in the field during periods of low temperature," *Plant Physiology*, vol. 116, no. 2, pp. 571-580, 1998.
- [77] S. Ibn Maaouia-Houimli, M. Denden, B. Dridi-Mouhanned and S. Ben Mansour-gueddes, "Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.) sous stress salin," *Tropicicultura*, vol. 29, no. 2, pp.75-81, 2011.
- [78] J.V. Pego, A.J. Kortstee, C. Huijser and S.C. Smeekens, "Photosynthesis, sugars and the regulation of gene expression," *Journal of Experimental Botany*, vol. 51, no. suppl 1, pp. 407-416, 2000.
- [79] Y.H. Li, Q.J. Wang and A. Ma, "The osmotic adjustment and photosynthesis of wheat cultivar Hanfeng9703 with high yield, drought resistance under drought stress," *Acta Agronomica Sin*, vol.29, no. 5, pp. 759-764, 2003.
- [80] A. Chorfi, "Contribution à l'étude de la résistance à la salinité chez une variété de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.) Var mohamed ben bachir," *Sciences & Technologie C*, no.29, pp. 41-44, 2009.
- [81] Y. Hong-Bing, "Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*)," *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6, no.32, pp. 6661-6664, 2011.
- [82] H. Benhassaini, A. Fetati, A. K. Hocine and M. Belkhodja, "Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* used as rootstocks," *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 16, no.2, pp.159-165, 2012.
- [83] E.A. Joseph, V.V. Radhakrishnan and K.V. Mohanan, "A Study on the Accumulation of Proline- An Osmoprotectant Amino Acid under Salt Stress in Some Native Rice Cultivars of North Kerala," *India Universal Journal of Agricultural Research*, vol. 3, no.1, pp. 15-22, 2015.

- [84] G. Székely, E. Ábrahám, Á. Cséplő, G. Rigó, L. Zsigmond, J. Csiszár, F. Ayaydin, N. Strizhov, J. Jásik, E. Schmelzer, C. Koncz, and L. Szabados, "Duplicated P5CS genes of Arabidopsis play distinct roles in stress regulation and developmental control of proline biosynthesis," *The Plant Journal*, vol. 53, no. 1, pp. 11-28, 2008.
- [85] N. Verbruggen, and C. Hermans, "Proline accumulation in plants: a review," *Amino Acids*, vol.35, no. 4, pp. 753-759, 2008.
- [86] L. Szabados and A. Savoure, "Proline: a multifunctional amino acid," *Trends in plant science*, vol. 15, no. 2, pp. 89-97, 2010.
- [87] R. Nana, Z Tamini and M. Sawadogo, "Effets d'un stress hydrique intervenu pendant le stade végétatif et la phase de floraison chez le gombo," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol.3, no.5, pp. 1161-1170, 2009.
- [88] P.B. KaviKishor, S. Sangam, R.N. Amrutha, P. Sri Laxmi, K R. Naidu, K.R.S.S. Rao, S. Rao, K.J. Reddy, P. Theriappan and N. Sreenivasulu, "Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance," *Current Science*, vol. 88, no. 3, pp. 424-438, 2005.
- [89] E.H. Tahri, A. Belabed and K. Sadki, "Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*)," *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, no. 21, pp. 81-87, 1998.
- [90] P.S. Reddy and K.Veeranjaneyulu, "Proline metabolism in senescing leaves of horsgram (*Macrotyloma uniflorum* Lam.)," *Journal of Plant Physiology*, vol.137, no. 3, pp. 381-383, 1991.
- [91] A. Levigneron, F. Lopez, G. Vansuyt, P. Berthomieu, P. Fourcroy and F. Casse-Delbart, "Les plantes face au stress salin," *Cahiers Agricultures*, vol. 4, no. 4, pp. 263-273, 1995.