

Effet de la salinité sur les paramètres morpho-physiologiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata* L)

Meriem BELFAKIH^{1*}, Mohammed IBRIZ¹, Abdelmjid ZOUAHRI²

¹ Laboratoire de Génétique et Biométrie, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, BP: 133. 14 000. Kenitra.

² Unité de Recherche « Environnement et Conservation des Ressources Naturelles », INRA, CRRA de Rabat, BP6356 Rabat Instituts, Maroc.

Correspondance, courriel : m_belfakih2000@yahoo.fr

Original submitted in on 20th June 2013 Published online at www.m.elewa.org on 31st October 2013.

RESUME

Objectifs : Le présent travail a pour objectif de déterminer l'effet du stress salin sur le taux de régénération des explants, et sur les caractères morphophysiolgiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata*) grande et petite naine afin de sélectionner des vitro plants tolérants à la salinité.

Méthodologie et résultats : Des rejets de deux variétés de bananier (*Musa acuminata*) « la grande naine et la petite naine issus de la région du Gharb ont été cultivés sur le milieu de Murashige et Skoog, additionné ou non de NaCl (0, 2, 4 et 6 g/l). Les résultats obtenus montrent que les deux variétés ont une régénération des pousses malgré le traitement salin. Cependant, le sel affecte, la longueur des feuilles des explants et le taux de régénération. L'augmentation de la concentration saline entraine une diminution du nombre de pousse par bourgeon. De même, le comportement physiologique de ces deux variétés de bananier sous l'effet de doses croissantes de NaCl se traduit par des teneurs faibles en chlorophylle a, b et totale, et par des teneurs élevées en proline racinaire et en sucres solubles totaux, au niveau des racines et des feuilles, Par ailleurs la teneur en sucres solubles totaux dans les feuilles est plus élevée chez la grande que chez la petite naine. Par contre, dans les racines, c'est l'inverse de ce constat qui se produit.

Conclusion et application de la recherche : La salinité a entrainé des modifications morpho physiologique qui n'affectent pas les variétés de bananier de la même manière. Le degré de sensibilité au sel dépend de la variété, de l'intensité du stress et de type d'organe (racine, feuille). La sélection du matériel végétal tolérant au sel est, par conséquent, tributaire d'une connaissance approfondie des mécanismes physiologiques et biochimiques.

Mots clé : bananier, salinité, chlorophylle, proline, sucres solubles totaux, nombre de pousses par bourgeon.

ABSTRACT

Objectives: The aim of this work is to determine the effect of salt stress on the level of regeneration of explants, and morphophysiological characters of two banana varieties (*Musa acuminata*): “grande naine” and “petite naine,” to regenerate vitro plants tolerant of salinity.

Methodology and results: The release of two varieties banana (*Musa acuminata*) “grande naine ” and “petite naine” from the Gharb region were cultured on Murashige and Skoog medium, with or without added NaCl (0, 2, 4 and 6 g / l). The results show that the two varieties have shoot regeneration despite the saline treatment.

However, salt affects the length of the explants leaf and regeneration rate by reducing the number of shoots per bud, in parallel with the concentration in crease. The physiological behavior of two banana varieties in response to increasing levels of NaCl (control, 2, 4 and 6 g / l) studied in a controlled environment resulting in chlorophyll a, b and a+b reduced. Thus, root proline content and total soluble sugars in the roots and leaves are high. Let us note that the content of total soluble sugars in the leaves is higher in the large than in the small dwarf.

Conclusion and research application: Otherwise, salinity has led morpho physiological changes that not affect banana varieties in the same manner. The sensibility degree depends on the variety, salt level the organ nature. Finally, selection of salt-tolerant plant material depends on a thorough knowledge of physiological and biochemical mechanisms.

Keywords: banana, salinity, chlorophyll, proline, total soluble sugars, number of shoots per bud.

INTRODUCTION

La salinisation enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol (Munns *et al.*, 2006) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (Mezni *et al.*, 2002). Cette salinisation provient aussi de l'irrigation, le plus souvent mal contrôlée (Bennaceur *et al.*, 2001). Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols varient autour de 20 millions d'hectare dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'hectares de terres agricoles touchées par la salinité et aujourd'hui, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'hectare soit 23% des terres cultivées dans le monde, (Cheverry, 1995). Au Maroc la salinité constitue un facteur limitant de la production agricole. Parmi les productions affectées, celle du bananier. Toutes les zones potentielles pour cette culture sont touchées par ce problème avec des degrés différents : Gharb (63%), Sous Massa (29%), Basse Moulouya (25%) et le Loukkous (15%). Afin de maintenir la croissance et la productivité (Belkhodja et Bidai, 2004 ; Trinchant *et al.* 2004). Le degré de salinité

dans le milieu, les glycophytes en général sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (Bennaceur *et al.* 2001), biochimique (Grennan, 2006). Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope pour déclencher des mécanismes de résistance. Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à un stress (Munns, 2002). La plante devra synthétiser des solutés organiques pour ajuster son potentiel hydrique. Une des stratégies d'adaptation à la salinité consiste à synthétiser des osmoprotecteurs, principalement des composés aminés et des sucres, et à les accumulés dans le cytoplasme et les organites (Ashraf et Foolad 2007 ; Chen et Jiang ; 2010 ; Majumder *et al.* 2010). L'identification et la compréhension des mécanismes de tolérance des plantes à la salinité présentent donc un intérêt évident pour l'amélioration variétale. L'objectif de cette étude est de déterminer certains critères morphologiques et physiologiques permettant l'identification précoce des plantules tolérantes à la salinité.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'étude de l'effet de la salinité a été réalisée sur deux variétés de bananier (*Musa acuminata* L) : la grande naine et la petite naine Ces variétés ont été utilisées sous forme de vitro-plants au stade 3 feuilles ; elles proviennent d'une culture du bananier conduite sous serre dans la région du Gharb. Préalablement à l'obtention des vitro-plants, les rejets ont été désinfectés par l'eau de javel à 8% puis cultivées dans un milieu de Murashige et Skoog (1962), contenant d'hormones de croissance. Le milieu a été alimenté de différentes

concentrations salines (0, 2, 4 et 6g/l de NaCl), des subcultures sur le même milieu ont été réalisées toutes les deux semaines jusqu'à l'obtention des bourgeons. Les bourgeons obtenus en présence comme en absence de NaCl ont été fragmentés et les petits fragments (pousses) ont été placés respectivement sur le même milieu contenant ou non du sel. Durant cette multiplication, les pousses régénérées ont été soumises à trois subcultures mensuelles sur un milieu de culture le milieu de Murashige et Skoog, additionné ou non de NaCl. Dans

l'ensemble de cette expérimentation, les cultures ont été conduites sous une température de 28 à 30°C, avec un éclairage artificiel et une photopériode de 16 h. Le dispositif expérimental adopté a été de type factoriel à deux facteurs (variété, salinité) et trois répétitions. Les vitro-plants ont été plantés dans des sacs de polyéthylène noir de 20 cm de long et 12 cm de diamètre contenant de la tourbe. Les pots ont été maintenus au voisinage de l'humidité à la capacité au champ (Hcc) par des arrosages réguliers à raison d'un jour sur deux par une l'eau combinée à quatre niveaux de NaCl (0, 2, 4 et 6g/l).

Les paramètres mesurés sont :

- Matières sèches aériennes et racinaires des jeunes plantules (70 °C, 48 h) ;

- Hauteur de végétation (vitro-plants au laboratoire avant l'acclimatation sous serre) ;

- Nombre de pousses par bourgeon (micro propagation in vitro) ;

- La teneur en proline (Singh *et al.*, 1973) modifiée par Paquin et Lechasseur (1979) ;

- La teneur en sucres solubles totaux (Durnete, 1960) ;

- les teneurs en chlorophylles a, b et a+b (Ch a, Ch b et Ch a+b) El Midaoui *et al.* (1999).

Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse de la variance à deux critères de classification (variété, salinité) par le logiciel STATITCF. Le classement des moyennes a été réalisé par le test de NEWMAN et Keuls.

RÉSULTATS

Les résultats de l'analyse de la variance (Tableau 1), ont révélé l'existence d'un effet significatif du traitement NaCl et de la variété pour l'ensemble des paramètres étudiés dans cette expérimentation. Les interactions significatives NaCl x variété n'ont été notées que dans le cas des

teneurs en chlorophylle, les teneurs foliaires en sucres solubles totaux, les teneurs en proline dans les racines, la longueur des feuilles et le nombre de pousses par bourgeon.

Tableau1 : Résultats de l'analyse de la variance des différents paramètres morphophysologiques.

Facteurs de variation	NPB	LF	TPF	TPR	TSF	TSR	Cha	Chb	Cha+b
Variété (V)	52,10***	76,25***	7,37*	31,93***	0,09NS	0,81 _{NS}	20,31***	7,63*	13,87*
Concentration (C)	93,56***	98,76***	46,69***	31,94***	4,02*	54,52***	65,78***	67,72***	79,96***
VC	13,44***	4,41*	2,07 _{NS}	9,98***	3,80*	0,57 _{NS}	3,54*	0,53 _{NS}	1,48 _{NS}

NPB : nombre de pousses par bourgeon, LF : longueur de feuille, TPF : teneur en proline des feuilles, TPR : teneur en proline des racines, TSF ; teneur en sucres totaux des feuilles, TSR teneur en sucres totaux des racines, cha : chlorophylle a ; chb : chlorophylle b ; cha+b : chlorophylle a+b.

* : effet significatif au seuil de probabilité de 5%,

** : effet significatif au seuil de probabilité de 1% ;

*** : effet significatif au seuil de probabilité de 0.1%.

NS : effet non significatif

Effet de salinité sur le nombre de pousses / bourgeon : L'effet de la salinité se traduit par une régression du nombre moyen de pousses par bourgeon. Cette régression passe, chez la grande naine, de 9 pousses par bourgeon en l'absence du NaCl à une pousse sous l'effet de 6g/l de NaCl. Cependant, chez la petite naine, le nombre moyen de pousses par bourgeon varie de 4,3 chez le témoin à 0,3 pousses sous l'effet de 6g/l de NaCl. A cet effet, les résultats de l'analyse de la variance (Tableau 1) ont montré un effet hautement significatif pour les deux traitements étudiés. Par ailleurs,

la figure 1 montre qu'à la concentration 2 g/l de NaCl, la multiplication végétative devient plus importante chez la petite naine sous laquelle elle passe de 4 à 5 pousses par bourgeon comparativement au témoin. Mais généralement la multiplication végétative chez la petite naine est moins affectée par la salinité que la grande naine. En effet, on note une régression de 10,7 % du nombre de pousses chez la grande naine comparativement à la petite naine chez laquelle la régression n'a été que de 4,3%.

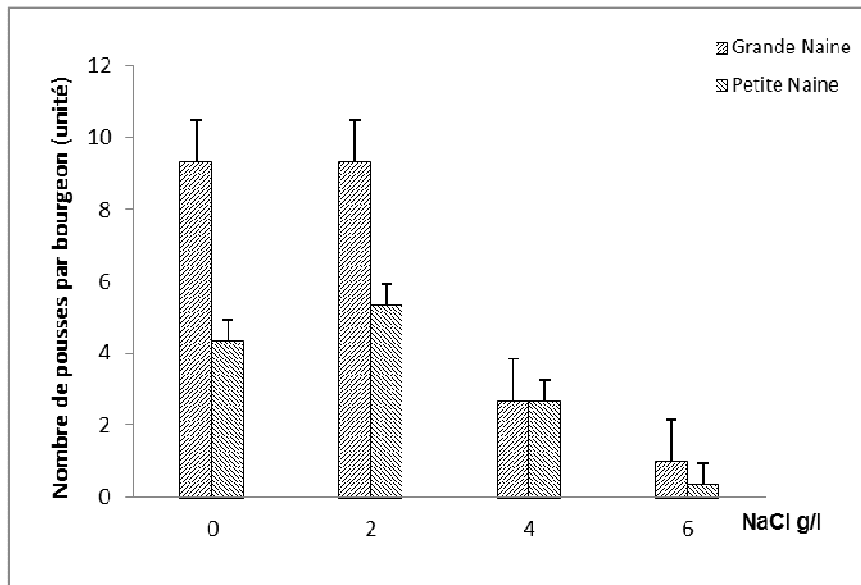


Figure 1 : Variation du nombre de pousses par bourgeon en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

Effet de salinité sur la longueur des feuilles : L'effet de NaCl se traduit par une réduction significative de la longueur des feuilles chez les deux variétés de bananier étudiées (Figure 2). Cependant, à la concentration 2g/l, la longueur des feuilles augmente chez les deux variétés. Dès la concentration 4g/l, la longueur des feuilles commence à diminuer, et à ce propos on note une réduction de 46% chez la grande naine contre 43% chez

la petite naine pour atteindre à la concentration de 6g/l une réduction de 75% chez la grande naine et 70% chez la petite naine. Généralement, la longueur des feuilles de la variété grande naine reste plus élevée que celle de la petite naine. Ce résultat a été confirmé par l'analyse de la variance qui a bien montré des différences génotypiques sous l'effet de la salinité et une interaction significative de la variété et de la contrainte saline.

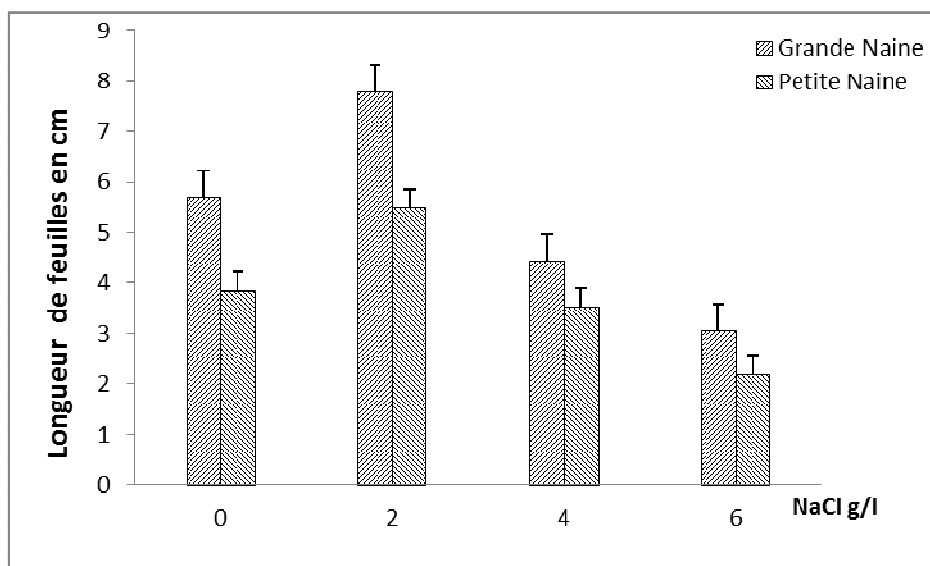


Figure 2 : Variation de longueur de feuilles en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

Effet de salinité sur la teneur en chlorophylles : Les teneurs en chlorophylle a, chlorophylle b et en chlorophylle a+b ont été significativement réduites par l'effet de la salinité (Tableau 1). Ainsi, chez les témoins, les teneurs en chlorophylles sont restées plus importantes, comparativement aux teneurs en chlorophylles dosées chez les plantes traitées par le sel

(Figures 3 et 4). Les réductions les plus importantes ont été notées en présence de 6g/l de NaCl. La variété grande naine semble présenter pour l'ensemble des chlorophylles, toutes concentrations confondues, les teneurs les plus élevées. Par ailleurs, à la concentration de 6g/l, la variété petite naine détient une teneur en chlorophylles plus élevée que la grande naine.

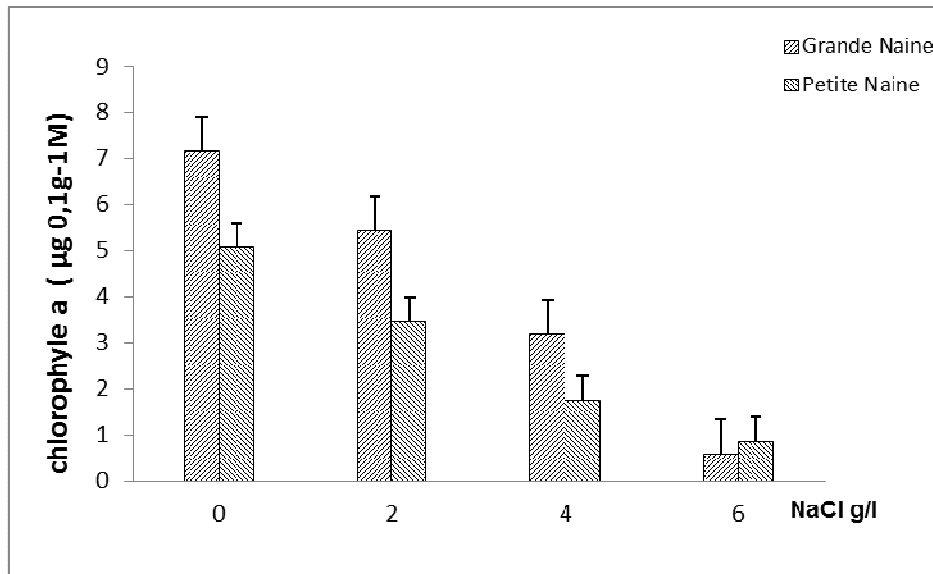


Figure 3 : Variation de la teneur en pigments chlorophylliens a en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

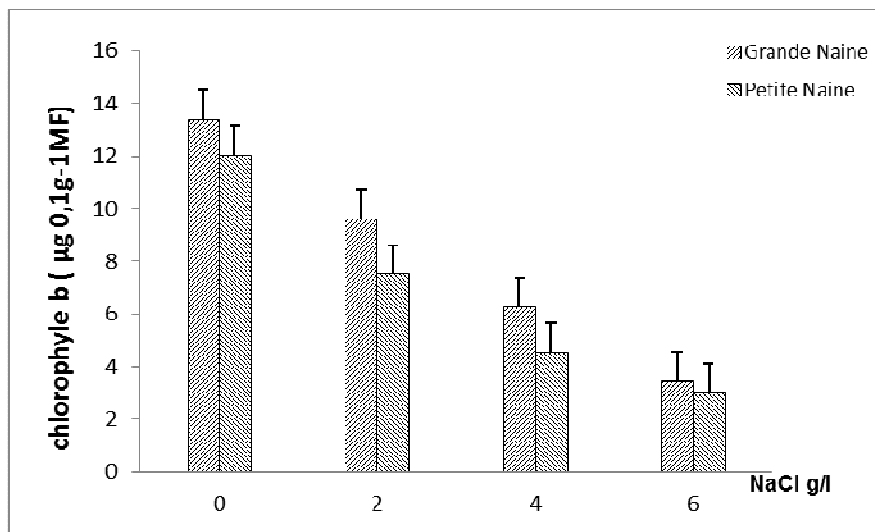


Figure 4 : Variation de la teneur en pigment chlorophyllien b en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

En général, l'effet du sel s'est traduit chez les deux variétés de bananier par une chute marquée des teneurs

en chlorophylles, cependant, cette chute a été plus prononcée chez la variété grande naine pour la

chlorophylle à (90% de réduction) et pour les chlorophylles a+b (80 % de réduction). Par ailleurs, la teneur en chlorophylle b a été moins affectée par la salinité que la teneur en chlorophylle a, 74% de réduction

contre 90% de réduction chez la grande naine, et 74% de réduction contre 83% pour la petite naine. Concernant les teneurs en chlorophylle a+b, la figure 5 montre que la variété grande naine a été.

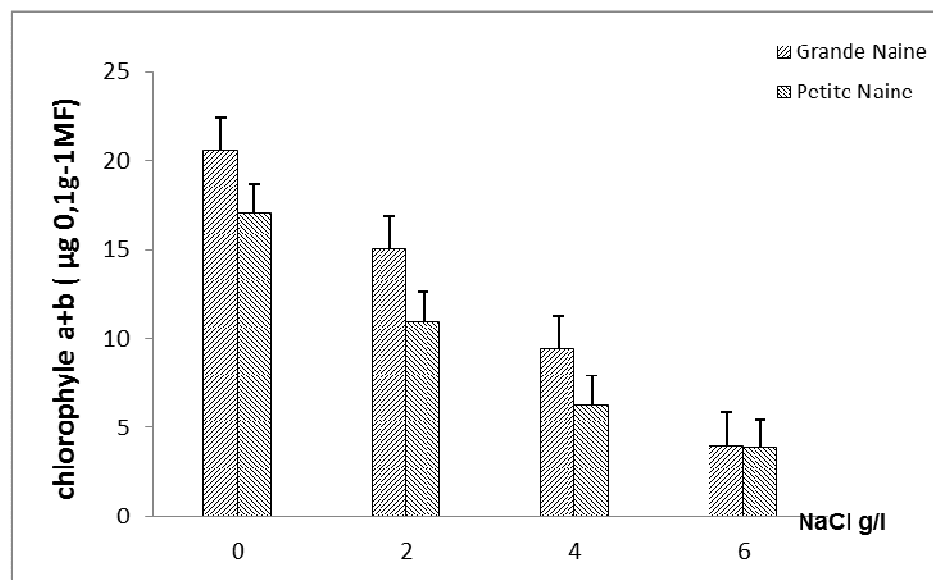


Figure 5 : Variation de la teneur en pigment chlorophyllien a+b en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

Effet de salinité sur la teneur en proline : Les résultats de cette expérimentation montrent que les teneurs en proline augmentent dans tous les feuilles et les racines avec l'importance du sel dans le milieu de culture (Figure

6). Ces résultats montrent aussi que les feuilles du bananier sont plus riches en proline que les racines, aussi bien dans les conditions témoins que dans les conditions de salinité.

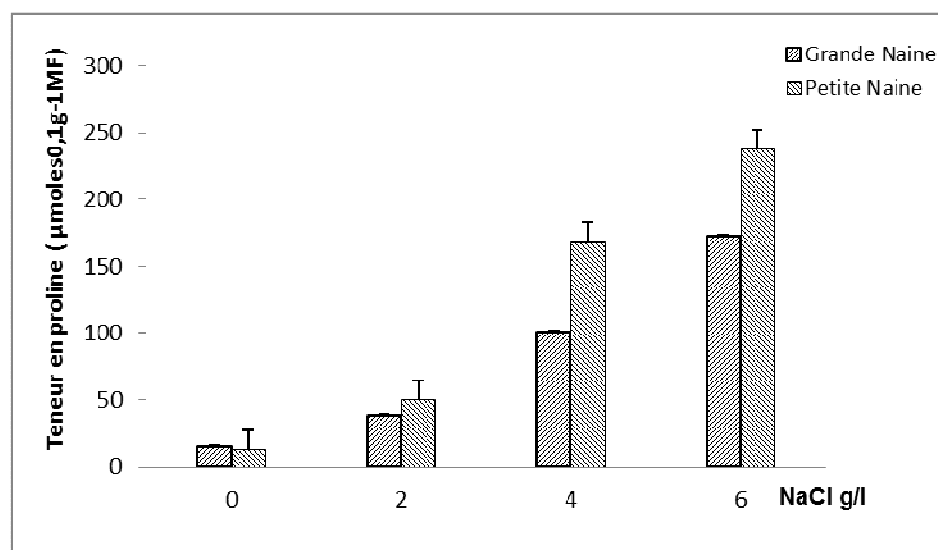


Figure 6.a : Variation de la teneur en Proline des feuilles en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

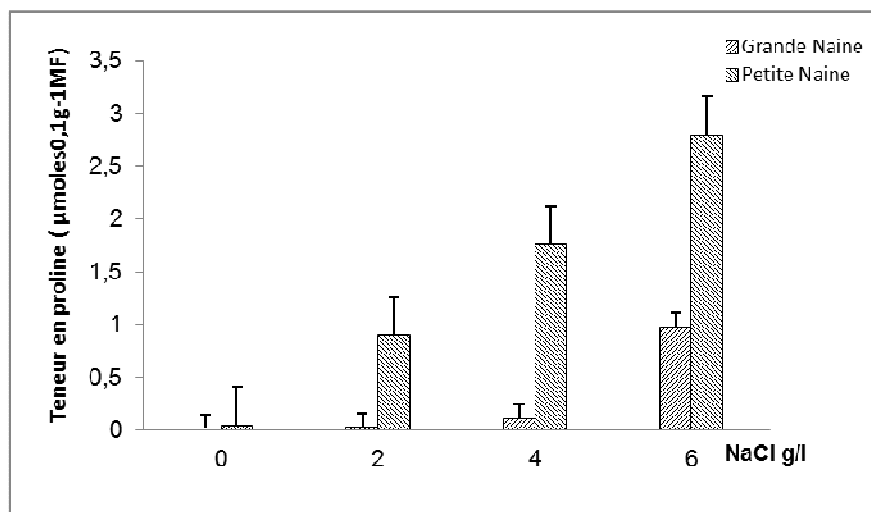


Figure 6.b : Variation de la teneur en Proline des racines en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

La teneur en proline, sous contrainte saline, est très importante chez les deux variétés de bananier. Elle passe de 0,124 mmoles/g de matière fraîche chez les plantes témoins à 0,494 ; 1,676 et 2,370 mmoles/g de MF respectivement à 2, 4 et 6g/l de NaCl chez la petite naine, et à 0,015 à 0,041 ; 0,101 et 0,172 mmoles/g de MF chez la grande naine respectivement à 2, 4 et 6g/l de NaCl. Par ailleurs, dans les racines, l'effet de la salinité sur la teneur en proline s'est traduit par une accumulation de proline très significative, (Tableau1). Cette accumulation varie de 0,1 µmoles / g de MF chez les plantes témoins à 1 et à 9,7 µmoles / g de MF respectivement à 4 et à 6g/l de NaCl chez la grande naine, et à 0,4 à 0,5 ; 17,5 et

27,9 µmoles / g de MF chez la petite naine respectivement à 2, 4 et 6g/l de NaCl.

Effet de salinité sur la teneur en sucres solubles totaux : D'après le tableau 1, il s'est avéré que le stress salin provoque une variation de la teneur en sucres solubles pour les deux variétés au niveau des feuilles et des racines, des chutes enregistrées sous l'effet du sel ont été très hautement significatives pour les racines et significatives pour les feuilles. Une augmentation significative de la teneur en sucres solubles a été enregistrée chez la petite naine (Figure 7a), cette accumulation passe de 0,4 µg/1g de MF chez les plantes témoins à 25,9 µg/g de MF chez les plantes traitées par 6g/l de NaCl.

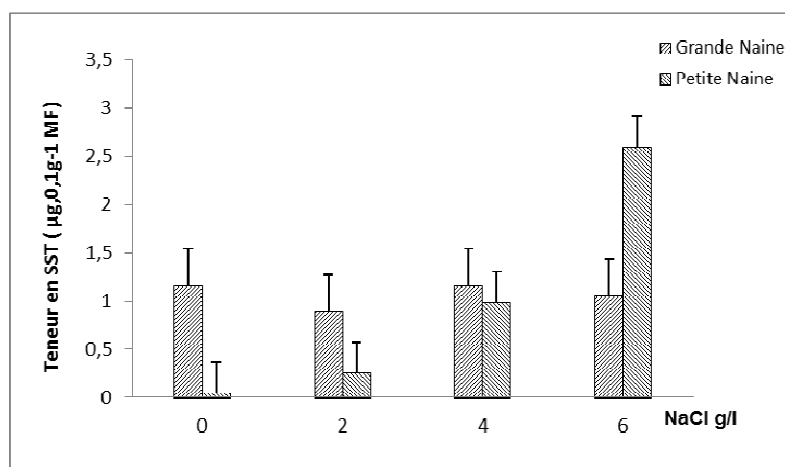


Figure 7.a : Variation de la teneur en Sucres solubles totaux (SST) des feuilles en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

Par ailleurs, on note une diminution de la teneur en sucres solubles totaux racinaires chez les deux variétés de bananier (Figure 7b). Cette réduction est de l'ordre de

72,16% chez la grande naine contre 63% chez la petite naine.

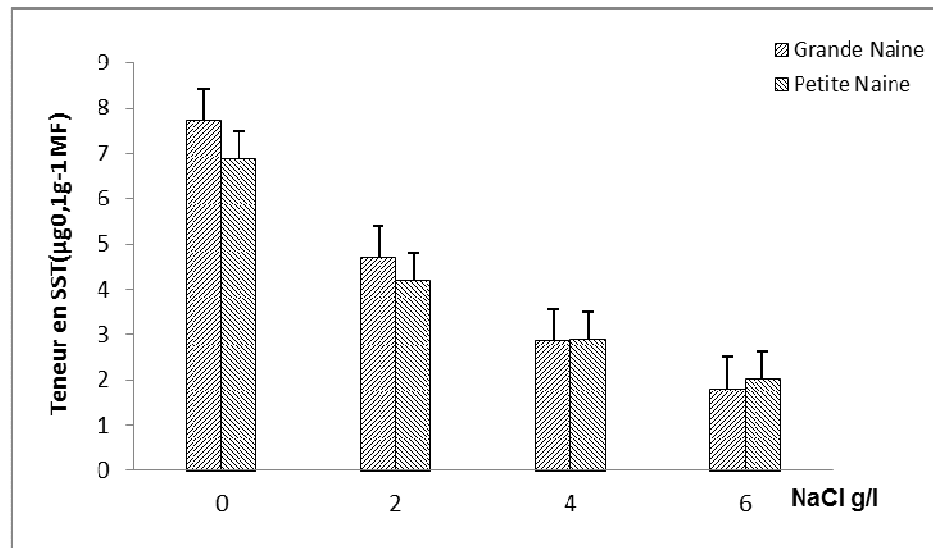


Figure 7. b : Variation de la teneur en Sucres solubles totaux (SST) des racines en fonction de la concentration en NaCl (g/l) chez les deux variétés de bananier

DISCUSSION

Généralement, la salinité du milieu exerce un effet dépressif, voire même inhibiteur, sur la régénération. En effet, dès la concentration de 4g/l, la micro propagation végétative est fortement affectée. La technique de régénération des plantes sous une pression sélective, telle que la salinité, a été utilisée pour diverses espèces : la tomate (Messai-Abir *et al.*, 2006), les agrumes (Abousalim, 2002) ou le blé tendre (Piri 1994). Ces travaux ont abouti à des résultats similaires à ceux enregistrés dans le cas du bananier. Par ailleurs, la salinité a réduit significativement la hauteur des cals (Abousalim, 2002) chez les agrumes et par conséquent une différence de comportement in vitro vis à vis du stress salin. Dans les conditions de notre expérimentation, la réaction du bananier vis-à-vis de la salinité s'est faite par des modifications adaptatives morphologiques et physiologiques desquelles nous retenons les points essentiels suivants : L'accumulation des chlorophylles a ; b et a+b dans un milieu salin est inversement proportionnelle à l'enrichissement du milieu en sel. Ces résultats rejoignent ceux d'El Midaoui *et al.* (2007) chez le tournesol, Ibriz *et al.* (2007) chez la luzerne, Cheikh *et al.* (2008) chez l'orge et El-Iktil (2001) chez la tomate.

Cette réduction de la chlorophylle est peut être liée à la sensibilité de sa biosynthèse au chlorure de sodium ; ce

dernier affecte moins la voie de biosynthèse de la chlorophylle b (Tewari et singch, 1991). Levingneron *et al.* (1995) rapportent que l'effet néfaste de la salinité sur les teneurs en pigments chlorophylliens est partiellement à l'origine de la diminution de synthèse des hydrates de carbone. Par ailleurs, notre étude montre que la teneur en proline augmente chez les deux variétés de bananier avec l'augmentation de la concentration saline. Ce constat est similaire à ceux de Djerroudi *et al.* (2010) sur l'Atriplex halimus, Hernandez *et al.* (2000) sur la tomate, Zerrad (2006) et Hassani *et al.* (2008) sur l'orge et en fin Denden *et al.* (2005) sur des espèces ornementales. Chez les plantes de bananier, l'accumulation de la proline, sous l'effet de la salinité, se fait dans le sens racines – feuilles aussi bien chez les plantes témoins que stressées. Cet acide aminé se concentre préférentiellement dans les feuilles à des teneurs significativement élevées, lorsque la salinité du milieu en NaCl augmente. Ce constat a préalablement été rapporté par Bidai (2001) et Djerroudi (2010) chez l'Atriplex. D'autre part, EL-Iktil *et al.* (2001), signalent que l'accumulation de proline varie significativement suivant les concentrations du sel dans le milieu de culture chez la tomate. Cette variation serait due à une compartimentation de l'acide aminé, d'où l'expression de sites de résistance de la plante à la contrainte saline

(Belkhdja et Benkabilia, 2000). Dans ce contexte, l'accumulation de proline permet la protection de la membrane cellulaire et participe à l'ajustement osmotique (Hassani *et al.*, 2008). Steward (1981) suggère que l'accumulation de proline consécutive à un stress donné est à la fois le résultat d'une diminution de la synthèse protéique et d'une reconversion du glutamate en proline. L'accumulation des sucres solubles dans les feuilles sous l'effet d'une contrainte saline chez la petite naine a, également, été démontrée chez de nombreuses espèces telles que l'orge (Hassani *et al.*, 2008), la luzerne (Ibriz, 2004), le tournesol (El Midaoui *et al.*, 2007). Cependant, dans cette étude, la salinité a réduit, curieusement, le taux de sucres dans les racines chez les deux variétés de bananier étudiées et dans les feuilles de la variété grande naine, ces constats qui ne sont pas habituels en cas de salinité ont été rapportés par Ottow *et al.* (2005) chez les feuilles de l'olivier. Ces résultats pourraient suggérer la

CONCLUSION

Le stress salin exerce chez les deux variétés de bananier un effet dépressif sur tous les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques. Le degré de sensibilité ou de tolérance dépend de la variété, et de l'intensité du stress. En effet, les teneurs en chlorophylles a ; b et a+b sont des paramètres très sensibles qui représentent des indicateurs du degré de tolérance des deux variétés de bananier. Par ailleurs, la teneur en chlorophylle (a) est plus sensible à l'effet du stress salin que celle de la chlorophylle (b). Concernant la partie in vitro, les paramètres (nombre de pousses / bourgeon, la longueur des feuilles) ont enregistré également une baisse en fonction de l'intensité du stress chez la grande et la petite naine, cette baisse résulte d'une perturbation physiologique des plantes en question et pourrait être considérée comme un critère approprié de la tolérance ou de la sensibilité à la salinité. L'action du sel sur les deux variétés s'est traduite par des teneurs en proline et en sucres solubles totaux qui vont de pair avec la concentration en NaCl. La sélection du matériel végétal tolérant au sel est tributaire d'une connaissance approfondie des mécanismes physiologiques et

biochimiques. De très nombreux composés organiques et minéraux interviennent dans l'ajustement osmotique. Les mécanismes étudiés au cours de ce travail ont permis d'établir des différences de comportement chez les deux variétés de bananier dans :

- le maintien d'une bonne osmorégulation (sucres solubles et proline) ;
- un bon fonctionnement de l'appareil photosynthétique.

En conclusion, les accumulations de la proline et des sucres solubles chez le bananier (*Musa* spp.) seraient impliquées dans les mécanismes d'ajustement osmotique et serviraient aussi comme osmoprotecteurs. Ces deux éléments biochimiques peuvent être considérés comme « marqueurs biochimiques » du degré de tolérance au stress salin et par conséquent peuvent être utilisés pour la sélection précoce de variétés tolérantes au sel chez l'espèce étudiée. Finalement cette étude a mis en évidence l'existence d'une certaine variabilité génotypique pour les métabolites analysés, ces derniers peuvent donc constituer des critères potentiels pour caractériser la tolérance à la salinité chez le bananier.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abousalim A, Essafi N, Rochdi O, Rachidai A, 2002. Élection in vitro de lignées de cals de pote greffes d'agrumes tolérant la salinité. Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc), vol. 22 (4), pp. 185-191.

Ashraf M, Foolad MR, 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress

resistance. Environ. Exp. Bot. 59(2) : 206-216. Doi : 10.1016/j. envexpbot.2005.12.006.

Belkhdja M, Bidai Y, 2004. Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse, Vol. 15, No. 4, pp. 331-335

- Belkhdja M, Bidai Y, 2004. Réponse de la germination des graines d'*Atriplexhalimus L.* sous stress salin. *Revue Sécheresse*, N°4, vol.15, pp.331-335.
- Bennaceur M, Rahmoun C, Sdiri H, Medahi M, Selmi M, 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, 12 (3), pp. 167-174.
- Bidai Y, 2001. Le métabolisme de la proline chez l'*Atriplexhalimus L.* stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran, pp. 69-71.
- Cheikh H, Hamed R, Abdellaoui K, Kadri M., Ben Naceur S, Bel Hadj, 2008. Évaluation de la tolérance au stress salin de quelque accession d'orge (*Hordeum vulgare L.*) Cultivées en Tunisie : *Sciences & Technologie* ; n°28, pp. 30-37.
- Chen H, Jiang JG, 2010. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environ. Rev.* 18 (NA) : 309-319.doi : 10.1139/A10-014.
- Cheverry C, (1995). Plant behaviour in saline environment. *Action eau* ; n°4, Séance spécialisée du 22 mars 1995 ; Ed. Acad. agro, Paris, France, 49 pages.
- Denden M, Bettaieb T, Alef Salhi, Mathlouthi M, 2005. Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementale. *Tropicultura*, 2005. Vol 23, n°4, pp. 220-225.
- Djerroudi –Zidane O, Belkhdja M, Bissati S, Hadjadj S, 2010. Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline chez deux espèces d'*Atriplex halimus L.* et *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *European Journal of Scientific Research*: Vol.41, n°2, pp 249-260.
- Durnete, 1960 simplified by El Midaoui and BenBella, 1996);
- EL-iklil Y, Karrou M, Mrabet R, Benichou M, 2002. Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicum esculentum* et *Lycopersicum sheesm Eanii*. *Canadian Journal of Plant Science*, 2002, vol 82n°, pp. 177-183.
- El Midaoui M, Benbella M, Aït Houssa A, Ibriz M, Talouizte A, 2007. Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation a la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus L.*). *Revue Hommes Terre et Eaux* n°136. Mars 2007.
- Grennan AK, 2006. High Impact Abiotic Stress in Rice. An "Omic" Approach; *Plant Physiology*, April 2006, Vol. 140, pp. 1139–1141.
- Hajihashemi, S, Kiarostami K, Enteshari S, Sabbora A, 2006. The effects of salt Stress and Paclobutrazol on Some Physiological of two salt-tolerant and salt sensitive cultivars of wheat. *Pakista J. Biol.* Vol n°9 , pp 1370-1374.
- Hassani A, Dellal A, Belkhdja, Kaid- Harche M, 2008. Effet de la Salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*HordeumVulgare L.*). *European Journal of scientific Research* Vol.23n°.1. PP. 61-69.
- Ibriz M , Thami Alami I , Amotfi S, Al Faiz C, Rachidai A, 2007. Réponse de quelques écotypes marocains de luzerne (*Medicogosativa L.*) à différentes concentrations de chlorure de sodium. *Congrès International de Biochimie*. Marrakech, Maroc, 3-6 Mai 2004.
- Levingneron A, Lopez F, Vansuyt G, Berthomieu P, Poureroy P, Casse-Delbart F, 1995. Les plantes face au stresse salin. *Cahier agricultures*, vol n° 4, pp. 263-273.
- Majumder AL, Sengupta S, Goswani L, 2010. Osmolyte regulation in abiotic stress. Chap . 16. *Dans Abiotic stress adaptation in plants : Physiological, molecular and genomic foundation*. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohmert et Govindjee.p.349-370.
- Messai A, Hannachi C, Zid E, 2006. Régénération in vitro de plantes de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Adaptées au NaCl. *Tropicultura*, vol 24n° 4, pp. 221-228.
- 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, (2002), pp. 283-291.
- Munns R, 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25, 239–250.
- Munns R, Richard AJ, Lauchli A, 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 5, pp. 1025–1043,
- Murashige T, Skoog F, 1962. A medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant*, vol.15, pp. 473-497.

- Ottow E, Brinker M, Fritz E, Teichmann T, Kaiser W, Brosche M, Kangasjarvi J, Jiang X, Polle A, 2005. *Populus euphratica* Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops leaf succulence under salt stress. *Plant physiol.* Vol 139, n°4, dec. 2005.
- Singh TN, Paleg LG, Aspinal D, 1973. Stress metabolism. Variations in reponse to water deficit in the barley plant. *Aust. J. Biol. Sci.* vol 26, pp. 65-75.
- Steward CR, 2008. Proline accumulation : biochemical aspects. In: L.G. Paleg & D. Aspinal (Ed). *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants.* Academic Press, Belgium, 204 p.
- Tewari TN, Singh BB, 1991. Stress studies in lentil (*Lensesculenta* M.) II. Sodcity induced changes in chlorophyll, nitrate and reductase, nucleic acid. Proline, yield and yield components in lentil. *Plant Soil* Vol. 136, pp 225-230.
- Trinchant JC, Boscari A, Spennato G, Van de Sype G, Le Rudulier D, 2004. Proline, betaine accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under NaCl Stress. Exploring Its Compartmentalization in Nodules *Plant Physiology*, Vol. 135, pp.1583-594.
- Udomchalothorn T, Manneeprasobsuk S, Bangyeekhum E, Boon-Long P, Chadchawan, 2009. The role of the bifunctional enzyme, fructose-6-phosphate-2- kinase/fructose -6-biphosphatase, in carbon partitioning during salt stress and salt tolerance in Pike (*Orzo sativa* L.). *Plant Sci.* Vol.176, pp 334-341.
- Zerrad W, Hillali S, Mataoui B, El Antri S, Hmyene A, 2006. Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Congrès international de Biochimie, Agadir* : pp, 371-376.