

## **Influence of tristeza virus tolerant rootstocks on the behavior of the clementine (*Citrus clementina* L) "Hernandina" variety with respect to salt**

## **Influence de porte greffes tolérants au virus de la Tristeza sur le comportement de la variété "Hernandina" de clémentinier (*Citrus clementina* L) vis à vis du sel**

**H. ASKRI<sup>1</sup>, A. NAJAR<sup>2</sup>, S. HADDAD<sup>3</sup>, H. SNOUSSI<sup>4</sup>, S. REJEB<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire de Valorisation des Eaux Non Conventionnelles, Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts, Université de Carthage, Rue Hedi Karray, 1004 El Menzah, Tunisie

<sup>2</sup> Laboratoire de Protection des Plantes, Institut National de Recherche Agronomique de Tunis, Université de Carthage, BP. 10 Rue Hedi Karray, 1004 El Menzah, Tunisie

<sup>3</sup> Institut Supérieur de Biotechnologie de Sidi Thabet, BP. 66, 2020, Sidi Thabet, Tunisie

<sup>4</sup> Laboratoire d'Horticulture, Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie, Université de Carthage, Rue Hedi Karray, 1004 El Menzah, Tunisie

\*Corresponding author : askrihend.inrgref@gmail.com

**Abstract** – This work aims to study the response of Clementine var. Hernandina grafted on five rootstocks (Sour orange, Citrange C35, Citrange Carrizo, Citrumelo Swingle and Volkamer Lemon) during the vegetative growth stage at different salinity levels through morpho-physiological analyses. An experiment was performed under controlled conditions on 18-month-old plants. Salt was gradually supplemented by increase of 15 to 20 mM NaCl to the nutrient solution until reaching concentrations of 35 and 70 mM NaCl, applied for 16 weeks. Parameters analyzed were related to growth, water relations, mineral nutrition, and chlorophyll contents. Salt induced foliar chlorosis and necroses, particularly on Hernandina grafted on C35 and Citrange Carrizo. Independently of the rootstock, salt stress adversely affected plant growth parameters and shoot parts decreased more than root ones. Na<sup>+</sup> intrusion induced cationic disturbances and chlorophyll contents reductions. Deleterious effects were more pronounced in Citrange C35, Citrange Carrizo and Citrumelo Swingle, considered as sensitive rootstocks, compared to Volkamer lemon and Sour orange which are ranked as tolerant ones.

**Keywords:** salt stress, citrus, rootstock, mineral nutrition, chlorophyll contents.

**Résumé** – Le présent travail se propose d'étudier la réponse au sel au stade végétatif de la clémentine var. Hernandina greffée sur cinq porte-greffes d'agrumes (Bigaradier, Citrange C35, Citrange Carrizo, Citrumelo Swingle et Citrus Volkamer) à travers des analyses morpho-physiologiques. L'expérimentation a été réalisée sous serre semi-contrôlée sur des plantes âgées de deux ans. Des concentrations de 0, 35 et 70 mM NaCl ont été appliquées pendant 16 semaines. Les paramètres analysés ont concerné la croissance, l'état hydrique des organes, la nutrition cationique et les pigments chlorophylliens. Le sel a induit des chloroses et nécroses foliaires à des degrés variables en fonction du porte-greffe. Ces symptômes sont parfois accompagnés d'une défoliation des plants en particulier ceux greffés sur le Citrange C35 et le Citrange Carrizo. Par ailleurs, la croissance de tous les plants traités a été affectée, à des degrés différents en fonction de l'organe et du porte-greffe. Ainsi, indépendamment du porte-greffe étudié, la croissance des feuilles, des tiges et les biomasses aériennes ont été plus affectés que celle des racines. Parallèlement, une perturbation de la nutrition minérale par intrusion des ions Na<sup>+</sup> a été observée. Elle est à l'origine d'une réduction de l'alimentation cationique, plus précisément en ions K<sup>+</sup> et Ca<sup>2+</sup>. A cela s'ajoute une diminution de la synthèse chlorophyllienne. Ces perturbations physiologiques ont été notées pour les cinq porte-greffes mais de façon plus significative chez le Citrange C35, le Citrange Carrizo et le Citrumelo Swingle considérés ainsi comme porte-greffes sensibles comparativement au Citrus Volkamer et au Bigaradier classés comme étant tolérants.

**Mots clés** : stress salin, agrumes, porte-greffes, croissance, nutrition minérale, pigments chlorophylliens.



## 1. Introduction

La salinisation du sol ou de l'eau d'irrigation représente une contrainte abiotique majeure à l'origine de la réduction de la croissance des plantes et la productivité des cultures (Arzani 2008). Les cas les plus graves de salinisation sont observés dans les régions à climat arides et semi-arides, berceau de plantation des vergers agrumicoles traditionnels méditerranéens. Les agrumes classés sensibles au sel (Arbona et al. 2003) sont confrontés à des problèmes de salinité lors des fortes demandes évaporatoires. Dans ce cas, leur croissance et leurs rendements sont affectés à travers des effets osmotiques ou des toxicités d'ions spécifiques (Garcia-Sanchez et al. 2006). Par ailleurs, l'agrumiculture tunisienne est basée jusqu'à ces dernières années sur l'utilisation exclusive d'un seul porte-greffe qui est le bigaradier. Ce dernier présente des capacités d'adaptation aux différents types de sol, une bonne compatibilité avec la plupart des variétés utilisées et une tolérance à certaines maladies (viroïdes), se trouve menacée par le virus de la tristezza ou *Citrus tristezza virus* (CTV) du fait de la sensibilité des orangers greffés sur ce porte greffe à ce virus qui a causé le dépérissement de près de 100 millions d'orangers dans le monde (Dawson et al. 2015). La recherche de porte-greffes de remplacement tolérants à la fois au sel et au CTV serait une alternative pour la durabilité des vergers agrumicoles dans des conditions de salinité des eaux et des sols. A cet effet, un travail de collaboration entre l'Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF) et l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis (INRAT) a été et mené dont l'objectif est de comparer la réponse au sel (0 (témoin), 35 et 70 mM NaCl), au stade végétatif de la clémentine variété Hernandina greffée sur quatre porte-greffes nouvellement introduits en Tunisie pour leur tolérance au CTV par comparaison au Bigaradier considéré comme témoin et ceci à travers des analyses de croissance, de nutrition minérale et de dosages chlorophylliens.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel végétal et conditions expérimentales de la culture

L'essai a été conduit sous serre vitrée semi-contrôlée de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis (INRAT). Le matériel végétal est constitué de plants de la clémentine variété Hernandina âgés de deux ans greffés sur cinq porte-greffes dont quatre connus pour leur tolérance à la tristezza et à certains viroïdes (Najar et al. 2017): le Citrange C35 (*Citrus sinensis* "Ruby blood" x *Poncirus trifoliata*), le Citrange Carrizo (*Citrus sinensis* "Washington navel" x *Poncirus trifoliata*), le Citrumelo Swingle (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*) et le Citrus Volkamer (*Citrus aurantium* x *Citrus limon*). Le Bigaradier est considéré comme porte greffe témoin. La variété "Hernandina" a été adoptée pour son importance commerciale et ses qualités gustatives. La culture a été conduite en pots de 5 litres de contenance sur substrat composé de sable inerte de carrière. Les analyses physico-chimiques montrent qu'il s'agit d'un substrat non salé ayant une conductivité électrique de l'extrait de saturation (CEe) de l'ordre de 0,5 dS.m<sup>-1</sup>, légèrement acide (pH=6,4) et très pauvre en matière organique (0,05%). Le sel a été ajouté graduellement à la solution nutritive à raison de 15 à 20 mM NaCl par irrigation pour atteindre des concentrations finales de 35 et 70 mM NaCl. Les traitements salins se sont poursuivis pendant 16 semaines. Les plants témoins ont été irrigués deux fois par semaine à raison de 300 ml par plante par la solution de Hoagland sans ajout de NaCl. Généralement, les limites des concentrations en NaCl utilisées dans la littérature pour la recherche des effets à court terme sur les réponses physiologiques des cultivars et porte-greffes d'agrumes varient de 50 à 70 mM NaCl (Zekri 1991; Rochdi et al. 2005; Syvertsen et al. 2011). Le dispositif expérimental choisi est un split plot, la concentration en NaCl est un facteur principal en blocs et le porte-greffe un facteur secondaire en sous blocs. Le traitement statistique des résultats a été réalisé par le logiciel STATICF version V. L'ensemble des paramètres de croissance, de nutrition et des dosages chlorophylliens ont fait l'objet d'une analyse de la variance à deux facteurs par le test de Fisher-Snedecor au seuil de risque de 5%. Elle a été complétée par des comparaisons multiples des moyennes par le test de Newman et Keuls. Les données sont présentées sous forme d'une moyenne de 5 à 7 répétitions ± l'erreur standard ou l'écartype de cette moyenne. Les sorties graphiques ont été réalisées avec le logiciel Excel 2010.

### 2.2. Les mesures effectuées

Après 16 semaines de traitements salins à 35 et 70 mM NaCl, les plants sont récoltés et séparés en quatre parties : feuilles, racines, tiges d'Hernandina et tiges du porte-greffe. Les feuilles sont débarrassées de la poussière et rincées par l'eau distillée puis essuyées avec du papier filtre. Les différentes parties sont rapidement pesées et leurs poids secs déterminés après séchage à 60°C pendant 72h jusqu'à obtention du poids constant. Le nombre de feuilles, d'entre-nœuds et la longueur des tiges ont été mesurés

hebdomadairement depuis le début de la salinisation jusqu'à la fin du traitement. La surface foliaire a été mesurée à la fin du traitement à l'aide d'un planimètre de type Delta-T Devices Ltd. Des échantillons de feuilles de 0,5 g sont calcinés dans un four à moufle à la température de 400°C. Les cendres refroidies sont ensuite humectées avec quelques gouttes d'eau distillée et 3 ml d'acide chlorhydrique (HCl 37%). Les creusets sont ensuite mis à évaporer sur une plaque chauffante à 70°C. Enfin, la filtration sur papier filtre sans cendres est procédée dans des fioles de 50 ml ajustées au trait de jauge avec l'eau distillée (Pinta 1980). Les cations  $K^+$  et  $Na^+$  sont dosés sur le produit de cette extraction par photométrie de flamme en émission (Jenaway PEP7). Le  $Ca^{2+}$  est dosé par spectrométrie d'absorption atomique. L'extraction et le dosage des pigments chlorophylliens a et b se font sur des feuilles matures bien étalées et exposées. Selon la méthode de Torrecillas et al. (1984), dix disques de 5 mm sont mis à macération dans des tubes contenant 6 ml d'acétone dilué 80% à l'obscurité et à une température de 4°C pendant 72h. La densité optique est ensuite mesurée à 645 nm et à 663 nm. Les teneurs en chlorophylle a, b et totale par matière fraîche (MF) sont calculées par les équations d'Arnon (1949) comme suit :

$$\text{Chl.a (mg.g}^{-1} \text{ MF)} = 0,0127 \times A_{663} - 0,00269 \times A_{645},$$

$$\text{Chl.b (mg.g}^{-1} \text{ MF)} = 0,0229 \times A_{645} - 0,00468 \times A_{663},$$

$$\text{Chl.Totale (mg.g}^{-1} \text{ MF)} = 0,0202 \times A_{645} + 0,00802 \times A_{663}.$$

### 3. Résultats et Discussion

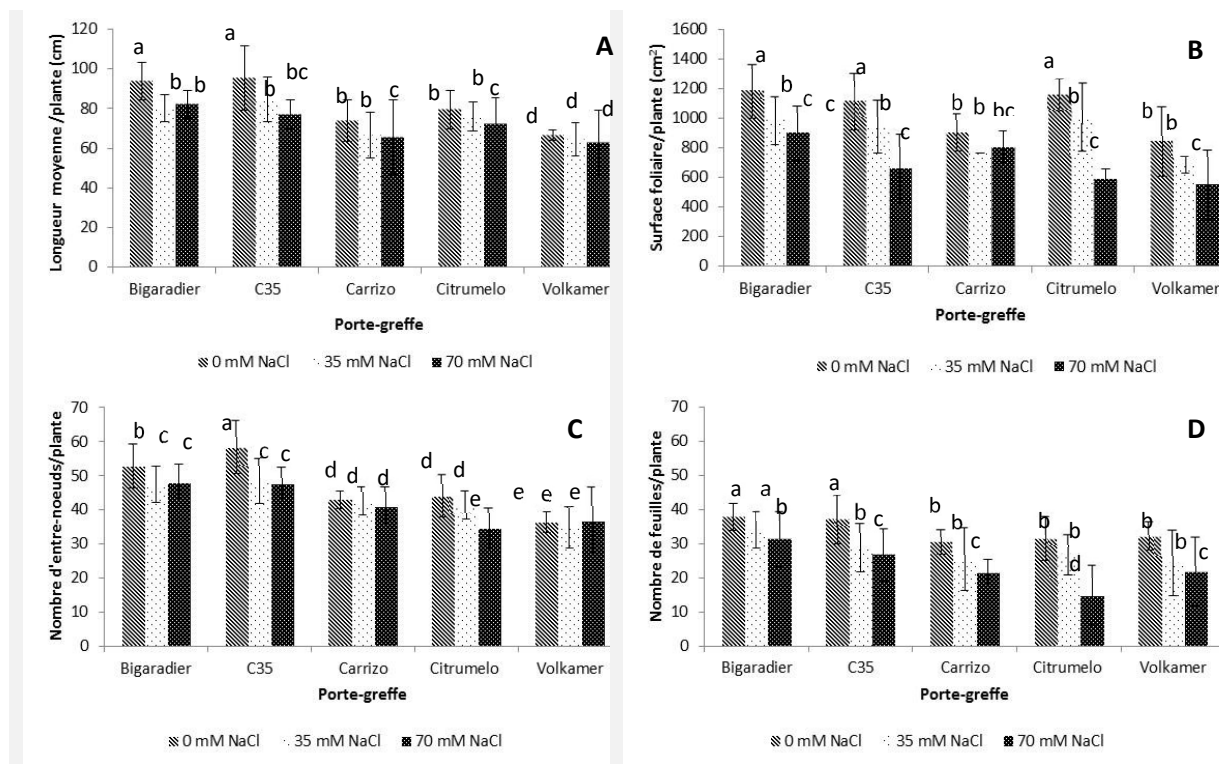
#### 3.1. Effet du stress salin et du porte-greffe sur les paramètres morphologiques

##### 3.1.1. Longueur des tiges, nombre de feuilles et nombre d'entre-nœuds

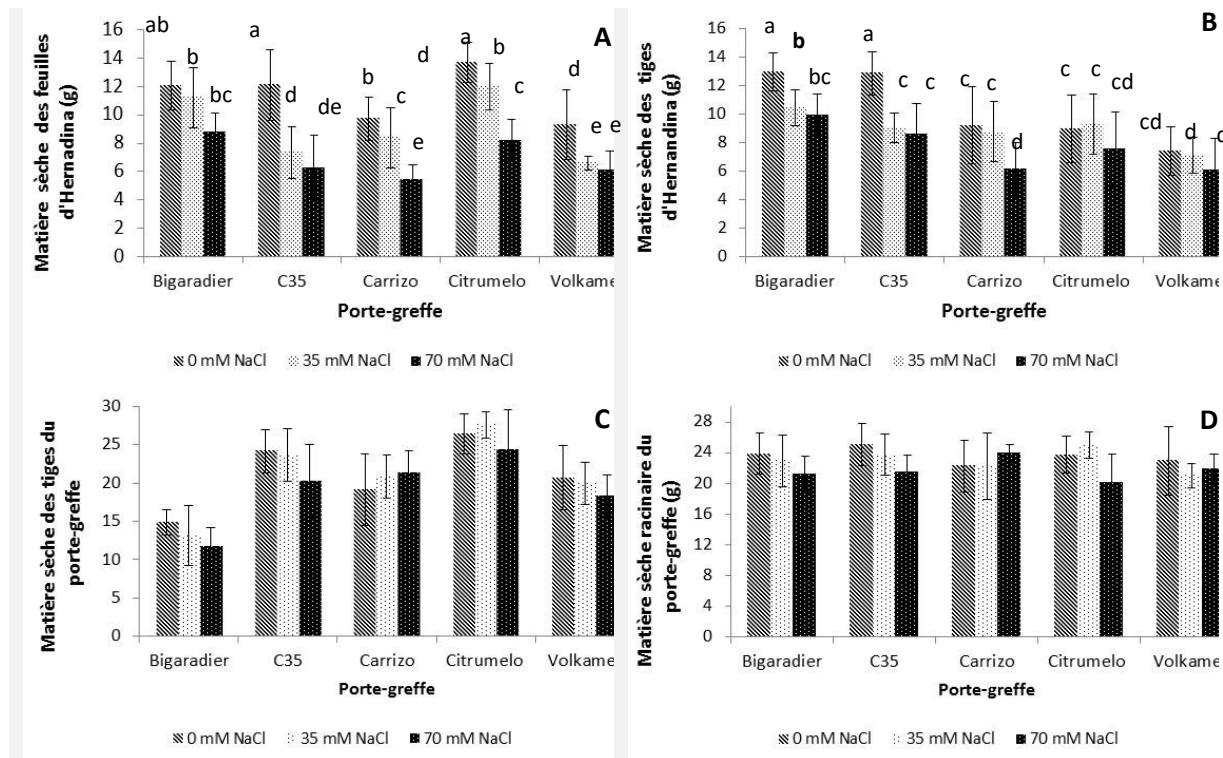
La figure 1 (A et B) représentant respectivement la longueur et le nombre d'entre-nœuds de la partie aérienne de la variété *Hernandina* greffée sur cinq porte-greffes, montre qu'indépendamment du porte-greffe, l'ajout de 35 et 70 mM NaCl à la solution d'irrigation a eu un effet significativement dépressif au seuil de 5 % sur la croissance en longueur des tiges. Cet effet est plus remarquable chez les plants greffés sur Citrange C35 et sur Citrumelo Swingle par comparaison au reste des porte-greffes. Chez le *Citrus Volkamer*, une diminution non significative des longueurs des tiges a été relevée par rapport au témoin. Par ailleurs, la surface foliaire (Fig. 1C) et le nombre de feuilles/plante (Fig. 1D) ont significativement été réduits. Ces effets s'expriment plus en augmentant la dose de NaCl à 70 mM. Sous l'effet de cette concentration, les réductions de la surface foliaire par comparaison au témoin ont atteint environ 30 % pour le *Bigaradier* et le *Citrus Volkamer* et ont dépassé les 45 % dans le cas du Citrange C35 et du Citrumelo Swingle.

##### 3.1.2. Biomasse sèche des feuilles, tiges et racines

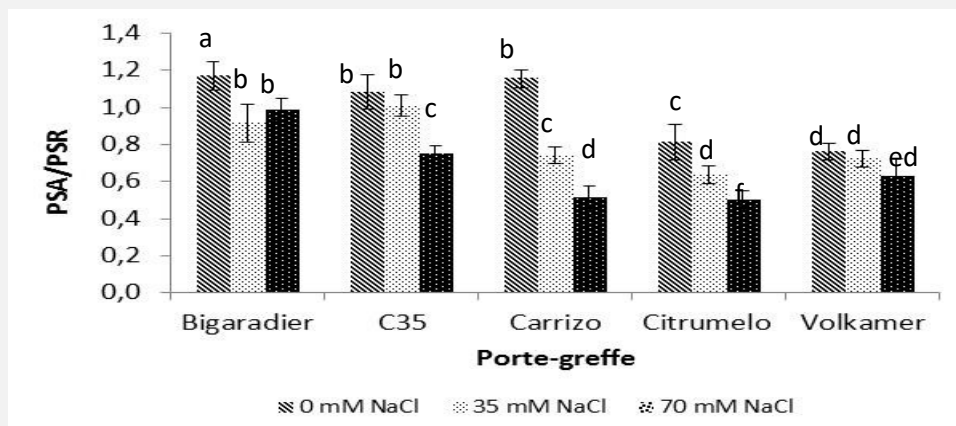
Les matières sèches des feuilles (Fig. 2A) et des tiges d'*Hernandina* (Fig. 2B) ont été significativement réduites par le stress salin. L'analyse de la variance a décelé des différences significatives au seuil de 5% de l'interaction (porte-greffe x salinité). En revanche, les variations des matières sèches des tiges du porte-greffe (Fig. 2C) et des racines (Fig. 2D) en fonction de l'interaction des deux facteurs étudiés n'ont pas été significatives ( $p=0,78$  pour les 0,51 pour les racines). Indépendamment du porte-greffe utilisé, la salinité réduit la croissance de la biomasse aérienne du greffon en diminuant les poids secs de ses feuilles et tiges ; tandis que celle des racines du porte-greffe reste inchangée. Le rapport du poids sec aérien d'*Hernandina* sur le poids sec racinaire du porte-greffe (Fig.3, PSA/PSR), qui renseigne sur la variation de la proportion de la production de la partie aérienne par rapport à la partie racinaire, est sujet à une diminution significative aux deux concentrations étudiées. Néanmoins ce sont les porte-greffes : Citrange C35, Citrange Carrizo et Citrumelo Swingle qui ont enregistré les plus grandes réductions (environ 40 %) à 70 mM NaCl. Des variations faibles de l'ordre de 12 % ont été notées chez le *Bigaradier* et le *Citrus Volkamer*.



**Figure 1.** Longueur moyenne des tiges (A, cm), surface foliaire (B, cm<sup>2</sup>), nombre d'entre-nœuds (C) et nombre de feuilles (D) des plants de la Clémentine Hernandina greffés sur cinq porte-greffes (Bigaradier, Citrange C35 (C35), Citrange Carrizo, Carrizo), Citrumelo Swingle (Citrumelo) et Citrus Volkamer (Volkamer) après 16 semaines de stress à 35 et 70 mM NaCl. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %



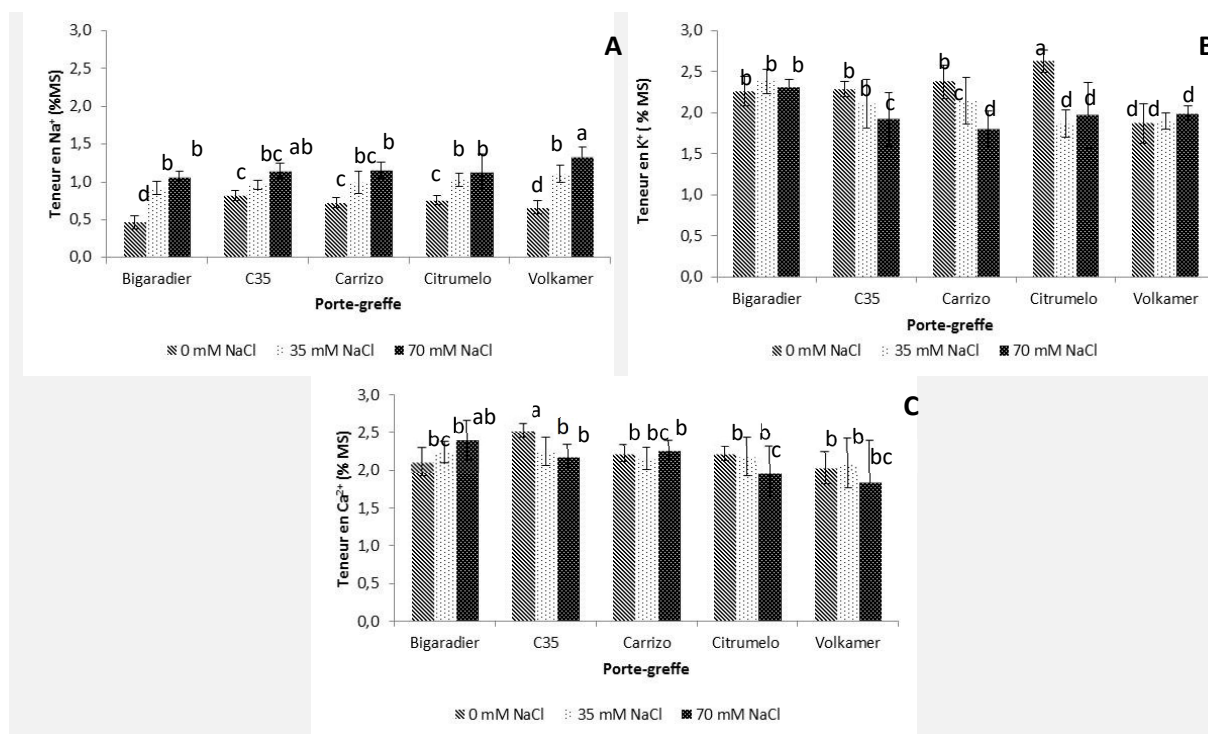
**Figure 2.** Matières sèches des feuilles (A), tiges d'Hernandina (B), tiges du porte greffe (C) et racines (D) des plants de la Clémentine Hernandina greffés sur Bigaradier (A), Citrange C35 (C35, B), Citrange Carrizo (Carrizo, C), Citrumelo Swingle (Citrumelo, D) et Citrus Volkamer (Volkamer, E) après 16 semaines de stress à 35 et 70 mM NaCl. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %



**Figure 3.** Rapport Poids sec aérien/poids sec racinaire (PSA/PSR) des plants de la Clémentine Hernandina greffés sur cinq porte-greffes (Bigaradier, Citange C35 (C35), Citrange Carrizo (Carrizo), Citrumelo Swingle (Citrumelo) et Citrus Volkamer (Volkamer)) après 16 semaines de stress à 35 et 70 mM NaCl. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

### 3.2. Effet du stress salin et du porte-greffe sur la nutrition cationique

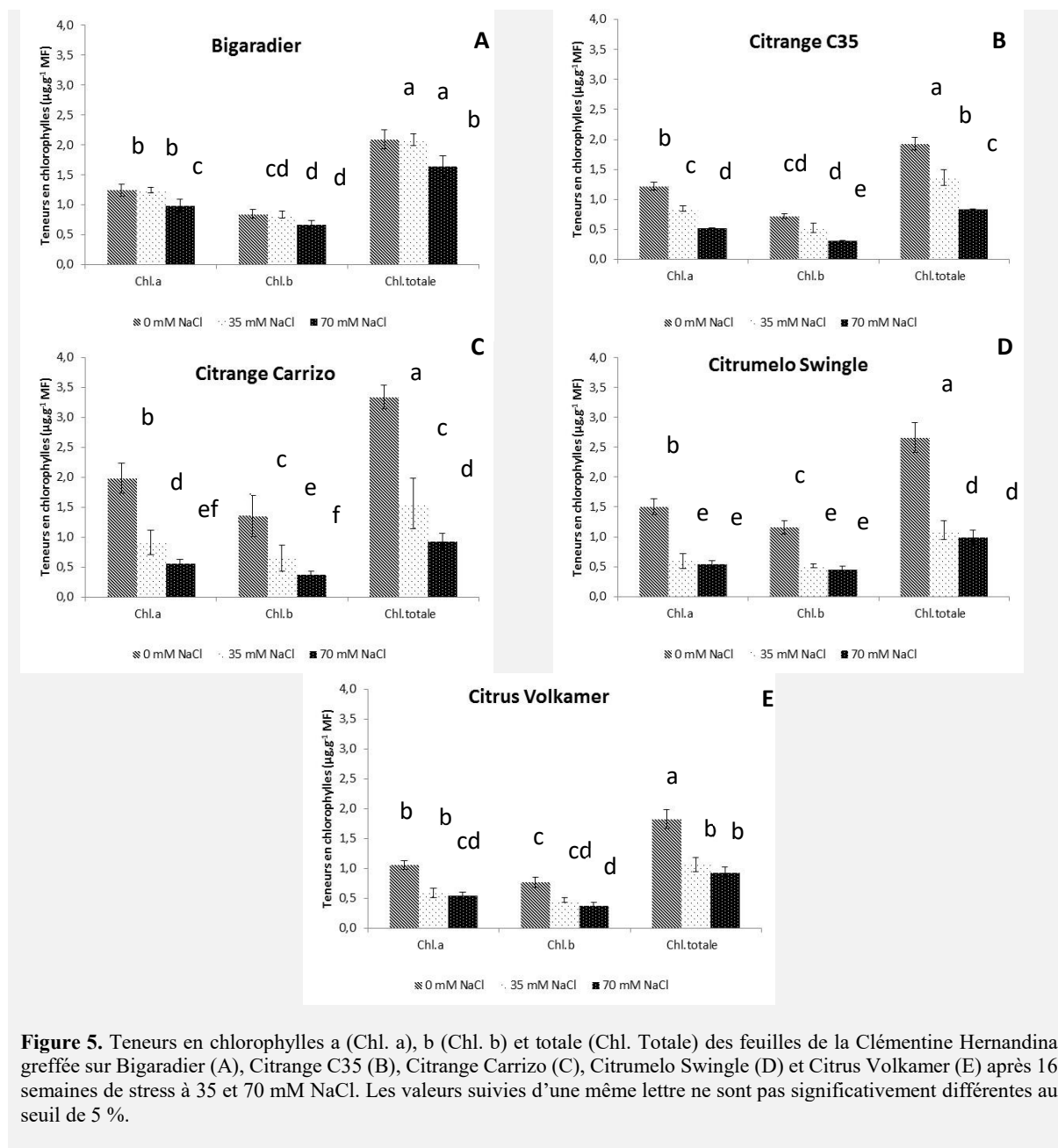
L'observation de la figure 4A, montre qu'après 16 semaines d'application du sel, les teneurs foliaires en ions  $\text{Na}^+$  ont significativement augmenté au seuil de 5 % et ceci indépendamment du porte-greffe étudié. Cette variation est d'autant plus significative que la concentration en NaCl est élevée. Elle est légèrement plus élevée avec l'utilisation du Bigaradier et du Citrus Volkamer comparativement aux autres porte-greffes. Parallèlement à cette intrusion en ion toxique, une perturbation en nutrition potassique a été notée à partir de 35 mM NaCl chez Carrizo et à 70 mM chez C35 et Citrumelo (Fig. 4B), tandis que les variations avec le Citrus Volkamer n'ont pas été significatives. Par ailleurs, les teneurs calciques foliaires ont été moins affectées (Fig. 4C). Les diminutions significatives n'ont été notées qu'à partir de 70 mM NaCl et n'ont concerné que C35 et Citrange Carrizo.



**Figure 4.** Teneurs foliaires en pourcent (%) de matière sèche en sodium (A,  $\text{Na}^+$ ), potassium (B,  $\text{K}^+$ ) et calcium (C,  $\text{Ca}^{2+}$ ) des plants de la Clémentine Hernandina greffés sur cinq porte-greffes (Bigaradier, Citange C35 (C35), Citrange Carrizo (Carrizo), Citrumelo Swingle (Citrumelo) et Citrus Volkamer (Volkamer)) après 16 semaines de stress à 35 et 70 mM NaCl. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

### 3.3. Effet du stress salin sur la synthèse des pigments chlorophylliens

L'application de NaCl pendant 16 semaines a entraîné des baisses par rapport au témoin, au niveau des teneurs en chlorophylles a, b et totale des feuilles (Fig. 5). A 70 mM NaCl, ces variations ont été significatives pour tous les porte-greffes étudiés. Les teneurs élevées en sel ont négativement affecté simultanément les chlorophylles a et b amenant à des réductions au niveau des chlorophylles totales. Les plus faibles variations ont été enregistrées avec le Bigaradier (21 %) suivi du Citrus Volkamer (42 %). Tandis que chez le C35, le Citrange Carrizo et le Citrumelo Swingle les décroissances ont été plus marquées atteignant respectivement 57, 72 et 63%.



**Figure 5.** Teneurs en chlorophylles a (Chl. a), b (Chl. b) et totale (Chl. Totale) des feuilles de la Clémentine Hernandina greffée sur Bigaradier (A), Citrange C35 (B), Citrange Carrizo (C), Citrumelo Swingle (D) et Citrus Volkamer (E) après 16 semaines de stress à 35 et 70 mM NaCl. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Les effets délétères de la salinité se manifestent au niveau des plants du cultivar Hernandina greffés sur cinq différents porte-greffes tout en étant plus perceptibles au niveau des feuilles, lieu de l'assimilation photosynthétique. Après 16 semaines d'ajout de 70 mM NaCl à la solution nutritive, une chute foliaire et des symptômes de chloroses et de brûlure ont été notés notamment observés sur les bordures des feuilles. Ces derniers sont expliqués par l'accumulation d'ions toxiques, notamment  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  au niveau des feuilles (Boman et Stover 2008). Dans notre cas, les chloroses induites par la salinité sont le résultat des perturbations nutritionnelles et à forte concentration (70 mM NaCl), nous avons remarqué des

symptômes de toxicités. Les réactions ont été plus sévères chez les plants greffés sur le Citrange C35, le Citrumelo Swingle et le Citrange Carrizo comparés à ceux du Citrus Volkamer et du Bigaradier. Ces résultats rappellent la chlorose prononcée des plants des hybrides de *Poncirus trifoliata* et de *Citrus sinensis* signalés par Rochdi et al. (2005) après traitement pendant 60 jours par 70 mM NaCl. Dans le même contexte Hcini (2017) ayant comparé l'évolution de l'apparition des symptômes chez le Bigaradier, le Citrus Volkamer et le mandarinier Cléopâtre cultivés en franc de pied, après 14 semaines d'apport de 60 mM NaCl a révélé que la toxicité a été plus accentuée chez le Citrus Volkamer que chez le Bigaradier et le mandarinier Cléopâtre cultivés en franc de pied. Par ailleurs, en se référant à nos résultats expérimentaux, nous pouvons avancer que la croissance des plants d'Hernandina greffés a été significativement affectée à partir de 35 mM NaCl, à des degrés différents en fonction de l'organe (feuilles, tiges et racines) et du porte-greffe utilisé. La variabilité de la réponse de la plante au sel en général (Munns et Tester, 2008) et des porte-greffes d'agrumes en particulier a été largement rapportée (Syvertsen et Bandaranayake 2011; Rochdi et al. 2005, Zekri 1991). Dans ce contexte, Saleh et al. (2008) ont montré qu'il y a des réponses différentielles vis-à-vis du sel sein entre les génotypes diploïdes du *Poncirus trifoliata*, du Citrange Carrizo et du mandarinier Cléopâtre et de leurs respectifs tétraploïdes qui se sont avérées moins tolérantes au sel. A 70 mM de NaCl, la croissance en longueur de la tige, le nombre des feuilles et la surface foliaire ont significativement diminué par rapport au témoin. Il en est de même pour les masses de matières sèches des différents organes, particulièrement ceux de la partie aérienne. Le rapport de la partie aérienne sur la partie racinaire (PSA/PSR) a permis de mettre en évidence d'une part la variabilité de l'effet de NaCl sur les parties aérienne et racinaire et d'autre part la variabilité de la réponse au sel de la combinaison porte-greffe x greffon. La diminution de ce rapport chez les plantes stressées par comparaison au témoin a été plus importante chez le Citrange C35, le Citrange Carrizo et le Citrumelo Swingle par comparaison au Bigaradier et à Citrus Volkamer. Ainsi les concentrations élevées de NaCl ont modifié la répartition des assimilats entre les organes aériens et les racines chez les agrumes. Nos résultats sont en accord avec ceux de Rochdi et al. (2005) qui ont mis en évidence les effets différentiels du sel sur les différentes parties de la plante et sur les porte-greffes utilisés. Des résultats similaires ont été antérieurement rapportés par Fisarakis et al. (2001) sur les plants de vigne qui ont proposé le paramètre PSA/PSR comme critère de sélection pour la tolérance à NaCl. La perturbation cationique notée lors de notre essai est probablement attribuée à une augmentation significative au niveau des teneurs foliaires en ion sodium qui agissent en réduisant la sélectivité du potassium. Par ailleurs, les génotypes tolérants ont accumulé plus d'ions sodium dans leurs parties foliaires que les sensibles. Ces résultats rappellent ceux de Zid et Grignon (1991) qui ont attribué la tolérance au sel des jeunes plants d'agrumes à leur capacité à accumuler les ions  $\text{Na}^+$  dans leurs organes foliaires. Dans ce contexte, Ben Yahmed (2013), a corrélé la tolérance au sel des porte-greffes d'agrumes à une meilleure capacité à réduire l'intrusion des ions chlorures vers les feuilles. Dans le cas de notre essai, les réductions observées au niveau des teneurs en pigments chlorophylliens, à la suite d'un ajout de 70 mM NaCl au substrat, nous permettent de supposer l'occurrence de perturbations du fonctionnement du processus photosynthétique sous contrainte saline. Cette perturbation a été plus accentuée chez les plants d'Hernandina greffés sur Citrange C35, Citrange Carrizo et Citrumelo Swingle par comparaison à ceux sur Citrus Volkamer et Bigaradier. Dans ce contexte, Levy et Syvertsen (2004) rapportent des réductions de la synthèse en pigments chlorophylliens, au niveau des échanges gazeux et de la photosynthèse nette suite à une exposition des plants d'agrumes aux fortes salinités du milieu extérieur. De même, l'étude de Nefzi (2008) qui a porté sur la réponse photosynthétique de 27 porte-greffes d'agrumes incluant les genres (*Poncirus trifoliata* et *Citrus*) a montré en se basant sur des mesures SPAD et des paramètres de fluorescence chlorophyllienne, une corrélation positive entre la stabilité du photosystème II et de la tolérance au sel comme c'est le cas du Citrus Volkamer comparé aux Citrange Carrizo et au Citrange C35.

#### 4. Conclusion

Au terme de ce travail, nous pouvons conclure que le sel induit des symptômes de toxicité qui se manifestent par des chloroses foliaires et des nécroses au niveau des bordures des feuilles, particulièrement dans le cas du Citrange C35, Citrange Carrizo et à moindre degré du Citrumelo Swingle. Par ailleurs, la contrainte saline générée par l'apport pendant 16 semaines de 35 à 70 mM NaCl, a perturbé la croissance, la nutrition cationique et la synthèse en pigments chlorophylliens des plants d'Hernandina greffés sur les cinq porte-greffes étudiés. Néanmoins ce sont les hybrides de *Poncirus trifoliata* qui ont été les plus affectés. Ces résultats nous amènent à répartir les cinq porte-

greffés en deux groupes : (1) groupe des porte-greffes tolérants au sel formés par le Citrus Volkamer et le Bigaradier et (2) groupe des porte-greffes sensibles au sel formés par le Citrange C35, le Citrange Carrizo et le Citrumelo Swingle. Ces résultats préliminaires seront complétés par des paramètres se rapportant aux échanges gazeux, à la fluorescence chlorophyllienne et aux dosages des ions chlorures. La corrélation de l'ensemble des paramètres permettra de classer avec plus de précision la tolérance acquise par Hernandina en fonction du porte-greffe utilisé et de proposer le mécanisme physiologique de tolérance au sel des plants greffés de la clémentine Hernandina.

## 5. Références

- Arzani A (2008)** Improving salinity tolerance in crop plants: a biotechnological view. *Invitro Cell.Dev. Biol.Plant* 44: 373-383.
- Arbona V, Flors V, Jacas J, García-Agustín P, Gómez-Cadenas A (2003)** Enzymatic and Non-Enzymatic Antioxidant responses of Carrizo Citrange, a Salt-Sensitive Citrus Rootstock, to Different Levels of Salinity. *Plant Cell Physiol* 44 (4): 388-394.
- Arnon DI (1949)** Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. *Plant physiology* 24 : 1-15.
- Ben Yahmed J (2013)** Etude des propriétés de tolérance au déficit hydrique et au stress salin de genotypes appartenant au genre *Poncirus* et au groupe des mandariniers. Thèse de Doctorat. Centre International d'études supérieures en sciences agronomiques Montpellier. 200 p.
- Boman BJ, Zekri M, Stover EW (2005)** Managing Salinity in Citrus. *HortTechnology* 15 (1): 108-113.
- Dawson W O, Bar-Joseph M, Garnsey S M, Moreno P (2015)** Citrus Tristeza Virus: Making an Ally from an Enemy. *Annual Review of Phytopathology* 53:1,137-155.
- Fisarakis I, Chartzoulakis J, Stavrakas D (2001)** Response of Sultana vines (*Vitisvinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agri Water Manage* 51 : 13-27.
- Hcini (2017)** Effets du stress salin sur les jeunes plants d'agrumes de *Citrus aurantium*, *Citrus reticulata* et *Citrus Volkamer*. Mastère Professionnel, Institut Supérieur de Biotechnologie de Beja, 55 p.
- Garcia-sánchez F, Syversten JP (2006)** Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and Carrizo citrange rootstock seedlings is affected by CO<sub>2</sub> enrichment during growth. *J Am Soc.HortiSci* 131:24-31.
- Levy Y, Syvertsen JP (2004)** Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. *Amer. Soc. Hort. Sci* 30:37-82.
- Munns R, Tester M (2008)** Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol* (59): 651-81.
- Najar A, Malouhi S, Jemmali A (2017)** Influence du porte-greffe et des viroïdes sur le rendement de la maltaise demi-sanguine et sur la marge brute générée. *J. New.Sci* (40): 2153-2163.
- Nefzi K (2008)** Etude de l'effet de la salinité sur le comportement photosynthétique des porte-greffes d'agrumes. Projet de Fin d'Etudes. Institut National Agronomique de Tunisie, 73 p.
- Pinta M (1980)** Minéralisation des milieux végétaux. In : Spectrométrie d'absorption atomique, Application à l'analyse chimique. Tome II.2<sup>edn</sup>. Masson, Paris, pp 384-421.
- Rochdi A, Lemsellek J, Bousarhal A, Rachidai A (2005)** Évaluation 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*). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* 9 (1): 65-73.
- Saleh B, Allario T, Dambier D, Ollitrault P, Morillon R (2008)** Tetraploid citrus rootstocks are more tolerant to salt stress than Diploid. *C.R. Biologies* 331: 703-710.
- Syvertsen JP, Bandaranayake W (2011)** Salinity Tolerance of Cleopatra Mandarin seedlings and Two of Its Trifoliata Hybrids, US-897 and X639. *Proc. Flo. State Hort.Soc.* 124: 47-51.
- Torreillas A, Leon A, Del Amor F, Martinez-Monpean, MC (1984)** Determinación rápida de clorofila en discos foliares de limonero. *Fruits* 39: 617-22.
- Zekri M (1991)** Effects of NaCl on growth and physiology of sour orange and Cleopatra mandarin seedlings. *ScientiaHorticulturae* 47 : 305-315.
- Zid E, Grignon C (1991)** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes au stress. Cas des stress salins et hydriques. In : L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUELF-UREF, John Libbey, Paris, pp 91-108.