

Influence of rootstock and viroids on the yield of half-blood Maltese and the gross margin generated

Influence du porte-greffe et des viroïdes sur le rendement de la maltaise demi- sanguine et sur la marge brute générée

A. NAJAR¹, S. MLAOUHI², A. JEMMALI¹

¹Laboratory of Plant Protection L, National Institute of Agriculture Research of Tunisia. University of Carthage, Tunisia

²Laboratory of Rural economics, National Institute of Agriculture Research of Tunisia. University of Carthage, Tunisia

*Corresponding author: asmanajara@yahoo.fr

Abstract - Tunisian citrus orchards are exclusively based on the use of the single rootstock, Sour orange, which is mainly threatened by Tristeza virus. Tristeza has killed more than 100 million orange trees worldwide, causing important economic consequences. The best protection method against the virus is to substitute the sensitive sour orange by rootstocks that should provide tolerant orange trees. Such measurement may allow a better production and ensure sustainable economic profit. Since, the Tunisian Maltese is considered the most important citrus fruit in Tunisia; a rootstock trial has been installed since 2005 at the Tunisian National Institute for Agronomic Research, to evaluate the production of Maltese grafted on seven healthy rootstocks and the economic impact of the two most important viroids: *Citrus exocortis viroid* or CEVd and *Hop stunt viroid* (HSVd) on the Maltese / rootstock combination for the inoculated trees. The results have showed that except for the *Poncirus trifoliata*, the *Citrus volkameriana* and *Rangpur lime* provided the highest cumulated yields compared to the Sour orange, followed by the Citrumelo swingle with 78, 74 and 63 T/ha, respectively. The *Citrangue carrizo* comes in the 4th position with 51 T/ha. The mandarin Cleopatra and the sour orange gave similar yields evaluated at 44 T / ha. Thereby, the production of the healthy Maltese grafted on the different new rootstocks has generated a gross margin (GM) more important than that obtained by sour orange. The *Citrus volkameriana* and *Rangpur lime* were reported to be the most economically lucrative rootstock. Indeed, their generated GM are the highest (more than 10 million DT/ha), particularly in 2015. The increase is more than 200% compared to the sour orange GM. Under the viroids effect, the same decrease trend of yields and GM occurring is observed for all rootstock inoculated with CEVd and HSVd. Based on the finding, the sour orange may be substituted in the Maltese case by other tristeza tolerant rootstock, including *Citrus volkameriana*, lime rangpur, *Citrangue carrizo* and Citrumelo swingle. This is possible when plants certified healthy against viroids, considered to be prohibited diseases by the certification legislation, were used.

Keywords: Viroïdes, Exocortis, Cachexia, Rootstock, Yield, Economic impact

Résumé - L'agrumiculture tunisienne basée sur l'utilisation exclusive d'un seul porte-greffe qui est le bigaradier, se trouve de plus en plus menacée par le virus de la tristeza qui a causé le dépérissement de plus de 100 millions d'orangers dans le monde. Ces dégâts auraient certainement des conséquences économiques importantes. De ce fait, un travail de contribution à la lutte à moyen et à long termes a été entamé. Il consiste à remplacer le bigaradier très sensible par des porte-greffes qui devraient donner avec les orangers des plants tolérants au virus, permettant une meilleure production et assurant un profit économique.

Pour ce faire, un essai porte-greffe a été installé depuis 2005 à la station d'El Gobba de l'Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie pour une étude visant l'évaluation de la production de la Maltaise greffée sur sept porte-greffes sains et de l'effet des 2 viroïdes les plus importants: *Citrus*



exocortis viroid (CEVd) et Hop stunt viroid (HSVd) sur la combinaison Maltaise/Porte-greffe dans le cas d'arbres inoculés.

Dans le cas de la Maltaise greffée sur porte greffes sains, les résultats ont montré qu'abstraction faite du *Poncirus trifoliata*, le *Citrus volkameriana* et la lime Rangpur confèrent les rendements cumulés les plus élevés suivi du *Citrumelo swingle* affichant respectivement 78, 74 et 63 T/ha. Le *Citrange carrizo* vient en quatrième position avec 51 T/ha. Le Mandarinier Cléopâtre et le bigaradier donnent des rendements très proches de 44 T/ha. Ainsi, le *Citrus volkameriana* et la lime Rangpur sont considérés comme étant les porte greffes les plus rentables économiquement avec les MB les plus élevées (plus de 10 Milles DT/ha) particulièrement en 2015, dépassant celle du bigaradier d'environ 200%. Sous l'effet des viroïdes la même tendance est relevée, bien qu'une certaine diminution des rendements et des MB soit observée pour tous les portes greffes inoculés par le CEVd et le HSVd.

Le bigaradier peut être donc substitué pour le cas de la maltaise par d'autres porte greffes tolérants à la tristeza à savoir: le *Citrus volkameriana*, la lime rangpur, le *Citrange carrizo* et le *Citrumelo swingle*, à condition de démarrer la multiplication à partir de plants certifiés sains

Mots clés: Viroïdes, Exocortis, Cachexie, Porte greffe, Rendement, impact économique

1. Introduction

Les agrumes occupent en Tunisie une superficie totale d'environ 24.000 ha dont la majorité (74%) est située dans la région du Cap Bon qui se caractérise par un climat doux et de fortes précipitations. Les principales variétés cultivées sont: l'orange Maltaise qui vient nettement en tête avec (30%) suivie par les oranges Navel (24%), les clémentines (16%), les citronniers (15%) et les oranges douces (7%). Le reste soit 8 % est constitué de variétés de moindre importance (Orange Valencia, Mandarines et divers) (DGPA, 2014).

Bien qu'une amélioration de la production agrumicole nationale a été enregistrée ces dernières années, elle n'a pas dépassé les 430.000 tonnes avec une moyenne de 17 tonnes/ha (GIF, 2015). Cette faiblesse des rendements, par comparaison à ceux atteints dans les pays développés et variant de 45 à 50 tonnes/ha, est principalement due à l'effet de certains facteurs abiotiques et biotiques. En effet, nos vergers d'agrumes se sont trouvés confrontés à plusieurs maladies virales et à virus similaires qui doivent leur importance à leur distribution systémique dans la plante, ce qui exclut tout traitement d'ordre curatif. Ces agents causent des dégâts plus ou moins graves en fonction de leur degré de dissémination et de virulence. En effet les symptômes de concave gum, blind pocket et impietratura (considérés comme virus similaires) sont fréquemment rencontrés dans les vergers âgés (Najar et al, 2005). Pour le virus de la psorose écailleuse ou *Citrus psorosis virus* (CPsV), il a été largement identifié sur Clémentinier, Valencia late, Maltaise et Citronnier avec des taux de contamination atteignant les 31.8%, 23.2%, 19.4%, et 3.2% respectivement (Khlij et al, 2004). *Spiroplasma citri*, agent causal du stubborn a été détecté sur agrumes ainsi que dans les cicadelles de l'espèce *Circulifer haematoceps* et *Circulifer opacipennis*, capturées sur la chénopodiacée *Salsola cali* (Najar et al., 1998). Cinq viroïdes assez bien représentés ont été identifiés dans nos vergers à savoir: le *Citrus exocortis viroid* (CEVd), le *Citrus bent leaf viroid* (CBLVd), le *Hop stunt viroid* (HSV), le *Citrus dwarfing viroid* (CDVd ou CVd-III) et le *Citrus bark cracking viroid* (CBCVd ou CVd-IV) avec des taux de contamination respectifs de 68.4%, 32.7%, 67.8%, 81% et 2.3% (Najar et al., 2004).

Par ailleurs, l'agrumiculture tunisienne basée sur l'utilisation exclusive d'un seul porte-greffe qui est le bigaradier, se trouve menacée par le virus de la tristeza ou *Citrus tristeza 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). Par conséquent, la lutte à moyen et à long termes, consiste à remplacer le bigaradier par des porte -greffes qui devraient donner avec les orangers des plants tolérants au virus. Cette méthode de lutte a été menée avec succès dans de nombreux pays agrumicoles. Cependant, l'expérience des dernières années a montré l'apparition ou l'émergence d'une sensibilité à d'autres groupes de maladies : les viroïdes (Vernière et al., 2004).

Afin de faire face à toute intrusion du CTV en plus des menaces que les viroïdes pourraient poser aux vergers d'agrumes tunisiens, nous avons lancé un programme de recherche fondé sur l'idée de remplacer le bigaradier à cause de sa sensibilité au CTV, sans pour autant négliger les viroïdes qui peuvent poser de soucis majeurs.

Ce travail comporte en particulier un essai porte-greffe installé depuis 2005 à l'Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie qui vise à :

- Etudier l'effet des principaux viroïdes sur le rendement en fruits de la Maltaise demi sanguine et la rentabilité économique des plus importants porte-greffes connus tolérants à la tristeza ;
- Sélectionner au moins un porte-greffe qui présente l'avantage d'être moins sensible à ces pathogènes et s'adaptant aux conditions pédoclimatiques de l'agrumiculture tunisienne.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site de l'essai

L'essai a été installé en juin 2005 dans une parcelle qui se situe au sein de la station de l'INRAT d'El Gobba dans la région du Cap Bon.

2.2. Caractérisation pédoclimatique

2.2.1. Le sol

Il s'agit d'un sol léger à texture sableuse, ayant une perméabilité importante et un faible pouvoir de rétention en eau. Le pH est neutre à légèrement basique. Les taux du calcaire total et actif sont très faibles; donc il n'y a pas de risque de blocage de certains oligo-éléments notamment le fer et le manganèse. La teneur en matière organique est variable selon la profondeur du sol (Homri, 2010).

2.2.2. Le climat

C'est le climat de la zone semi-aride supérieure caractérisé par un hiver doux et humide, un printemps précoce, un été sec et un automne long et très chaud. La pluviométrie moyenne se situe autour de 400 mm. La température moyenne est de l'ordre de 18°C. Les vents dominants dans la région sont de direction Nord Ouest qui soufflent fréquemment pendant les mois de janvier, février et mars.

2.3. Conduite de l'essai

2.3.1. Préparation des plants

Le matériel végétal est constitué de plants de l'orange " Maltaise demi sanguine" (orange phare de la Tunisie) greffée sur 7 porte-greffes dont six connus tolérants à la tristeza (tableau 1) et le bigaradier considéré comme porte greffe témoin. S'agissant d'un essai de comportement vis à vis des viroïdes, une inoculation artificielle, en même temps que le greffage de la maltaise sur les différents porte greffes, a été effectuée sous serre vitrée à partir d'ecorces infectées par des souches tunisiennes.

Tableau 1. Porte greffes utilisés dans l'essai

Nom commun	Tolérance à la tristeza
Citrangle Carrizo	+
Citrumelo Swingle 4475	+
Citrus Volkameriana	+
Mandarine Cléopâtre	+
Poncirus Trifoliata	+
Lime Rangpur Red	+
Bigaradier	-

2.3.2. Dispositif expérimental

L'essai est conduit selon un dispositif en split-plot. La parcelle expérimentale a été subdivisée en six blocs. Chaque bloc renferme sept portes- greffes inoculés par le viroïde de l'exocortis (T1) ou Citrus exocortis viroid (CEVd) et celui de la cahexie xyloporose (T2) ou Hop stunt Viroid (HSVd). Le traitement T0 est représenté par les plants sains. Au total, l'essai comporte 126 pieds de la variété maltaise demi-sanguine plantés à une densité de 6 m x 3m avec une orientation Nord-Est.

2.3.3. Conduite culturale

La parcelle expérimentale est protégée des quatre côtés par des brise-vents de bonne vigueur, constitués essentiellement de cyprès et de tamarix. La parcelle est aussi entourée par des plants de bigaradier pour atténuer l'effet des brise-vents et limiter les sources de variabilité. Le système d'irrigation est le système

goutte à goutte. Les goutteurs sont autorégulant, fixés sur la rampe à un intervalle de 1 m. Un programme de fertilisation adéquat est suivi au niveau de la parcelle. Des traitements insecticides sont régulièrement appliqués contre les pucerons au printemps, la mineuse en été (Juin- Septembre) et la cératite en automne.

2.4. Paramètres mesurés

S'agissant de la résultante de tous les facteurs de production, le paramètre rendement est à lui seul pris en compte dans cette analyse en vue de choisir le ou les meilleurs porte-greffes de substitution du bigaradier. Notre première approche portera sur l'évaluation de la production cumulée de la Maltaise sous l'effet des différents porte-greffes dans le cas d'arbres sains et la deuxième approche tiendra compte de l'effet des combinaisons Maltaise/Porte-greffes dans le cas d'arbres infectés.

2.5. Etude statistique

Les données ont été soumises à une analyse de la variance moyennant la procédure PROC ANOVA avec l'option de comparaison des moyennes LSD (GenStat Release 15.1). Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes.

2.6. Etude de l'impact économique

En l'absence de plants certifiés sains comme mesure de prévention, l'impact économique engendré par les viroïdes peut être négatif et relativement important en fonction de la sensibilité des porte-greffes utilisés.

La production obtenue de la maltaise sanguine greffée sur différents porte-greffes sains (T0) et inoculés par les deux types de viroïdes CEVd (T1) et HSVd (T2), nous a fait penser à déterminer à titre indicatif l'impact économique engendré et ce en calculant la marge brute réalisée par porte-greffe et par traitement.

2.6.1. Calcul de la marge brute

La marge brute par porte-greffe a été déterminée à partir de l'année 2008, année d'entrée de l'essai en production en utilisant le modèle économique (*General Algebraic Modeling System*) "GAMS" basé sur la programmation mathématique (Gohin et Chantreuil, 1999).

Pour le calcul de cette marge, deux paramètres ont été pris en considération à savoir :

- la Recette annuelle de la production par porte-greffe (R_{pg}) obtenue en multipliant les rendements par les moyennes annuelles des prix de vente collectées en 2016 auprès de la Société Tunisienne du Marché de Gros (SOTUMAG), pour la période allant de 2008 à 2015 (tableau 2)

Tableau 2. Moyenne annuelle du prix du kg de la maltaise en DT (SOTUMAG, 2016)

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne annuelle
2008	0,297	0,340	0,380	0,476	0,503	-	-	-	-	0,491	0,362	0,350	0,372
2009	0,354	0,336	0,394	0,579	0,720	-	-	-	-	0,387	0,325	0,401	0,405
2010	0,403	0,443	0,517	0,542	0,591	-	-	-	-	0,383	0,358	0,308	0,463
2011	0,324	0,291	0,261	0,321	0,383	-	-	-	-	0,553	0,366	0,355	0,307
2012	0,312	0,364	0,484	0,771	1,012	-	-	-	-	0,477	0,393	0,401	0,438
2013	0,480	0,568	0,682	0,893	1,046	-	-	-	-	0,477	0,468	0,416	0,631
2014	0,435	0,456	0,458	0,441	0,483	-	-	-	-	0,608	0,450	0,439	0,453
2015	0,394	0,411	0,447	0,592	0,811	-	-	-	-	0,493	0,491	0,452	0,487

- le coût annuel de production (C) déterminé à partir des pièces comptables des dépenses faites par l'INRAT au profit de l'essai en question. Le coût de production a été calculé en tenant compte des charges relatives à un hectare d'agrumes conduit dans les conditions pédoclimatiques de l'unité expérimentale d'El Gobba relevant de l'INRAT. Il est à signaler que les coûts d'achat du matériel d'irrigation goutte à goutte et des plants s'élevant respectivement à 3500 DT et 600 DT ont été amortis sur les 11 années de l'essai 2005/2015 (tableau 3)

Tableau 3. Coût de production d'un hectare de maltaise par an (INRAT, 2015)

Types de charges	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Fumier	0	0	600	600	600	800	800	800	1000	1000	1000
Pesticide	0	0	500	600	600	800	800	800	800	900	900
Main d'œuvre	0	0	400	550	600	600	600	600	700	700	700
Mécanisation	0	0	300	350	500	500	500	500	500	500	500
Taille	0	0	400	500	800	800	1000	1000	1000	1000	1000
Eau d'irrigation	420	590	1000	760	450	440	510	630	370	540	730
Plants	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5
Matériel d'irrigation	319	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
Total	739	908	3518	3678	3868	4258	4528	4648	4688	4958	5148

Le tableau 3 fait donc ressortir un coût annuel qui a été affecté à tout l'essai étant donné que tous les porte-greffes sont conduits sur la même parcelle, sous les mêmes conditions pédoclimatiques et recevant les mêmes quantités d'intrants.

La marge brute annuelle réalisée par porte-greffe et par traitement ($MB_{pg/t}$) a été calculée en diminuant le coût annuel de la recette annuelle par porte-greffe:

$$MB_{pg} = RP_{pg/t} - C.$$

$RP_{pg/t}$ = Recette de la production par porte greffe et par traitement

C= Coût de production par porte greffe et par traitement

3. Résultats

3.1. Rendement cumulé en fruits

3.1.1. Effet du porte -greffe sain (T0) sur le rendement cumulé de la maltaise

Le rendement cumulé, sur les 8 années consécutives de la maltaise demi sanguine greffée sur sept porte greffes sains, montre que le *Citrus volkameriana* et la lime Rangpur confèrent les rendements les plus significativement élevés suivis du *Citrumelo swingle* avec respectivement 78, 74 et 63 T/ha. Le *Citrange carrizo* vient en quatrième position avec 51 T/ha. Le mandarinier Cléopâtre et le bigaradier donnent des rendements très proches de 44 T/ha. Par ailleurs, la plus faible production est signalée dans le cas du *Poncirus trifoliata* puisqu'elle ne dépasse pas les 24 T/ha (figure.1).

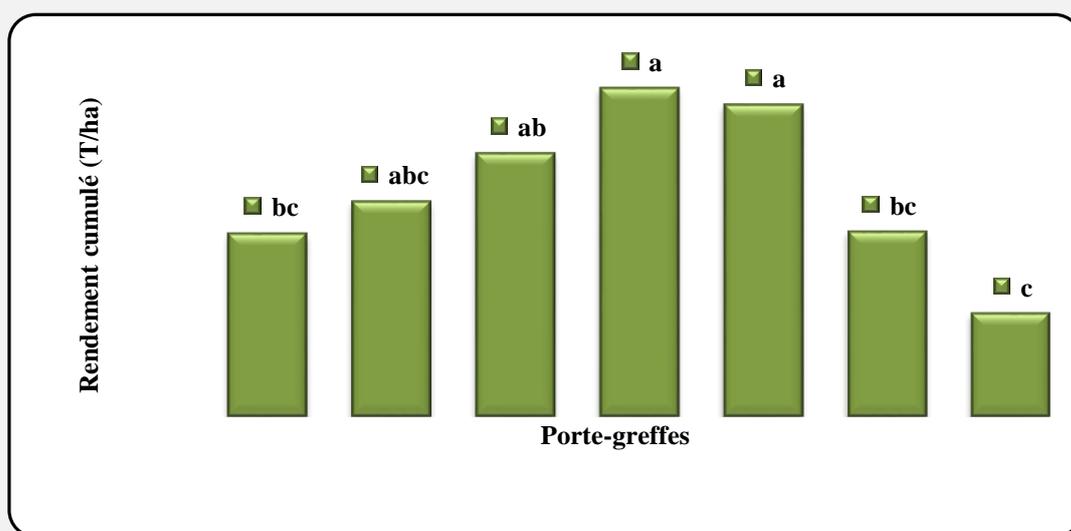


Figure 1. Rendement cumulée (T/ha) de la maltaise demi-sanguine greffée sur sept porte-greffes sains (T0): **Bg**: Bigaradier; **CC**: Citrange carrizo; **Citru**: Citrumelo swingle; **CV**: Citrus volkameriana; **LR**: Lime rangpur red; **MCL**: Mandarinier cléopâtre; **PT**: Poncirus trifoliata

3.1.2. Effet des porte greffes contaminés par l'exocortis ou CEVd (T1) sur le rendement cumulé de la maltaise

Sous l'effet du viroïde de l'exocortis ou CEVd, la diminution la plus faible de la production de la maltaise, ne dépassant pas les 10%, a été enregistrée dans le cas du bigaradier et du *Citrus volkameriana*. Cette diminution comparée à celle du témoin non inoculé a atteint les 18% pour la lime Rangpur, le *Citrange carrizo*, le mandarinier Cléopâtre et 26% dans le cas du Citrumelo. La maltaise sur *Poncirus trifoliata* a été la plus affectée en enregistrant une baisse significative du rendement allant jusqu'à 62% (figure.2).

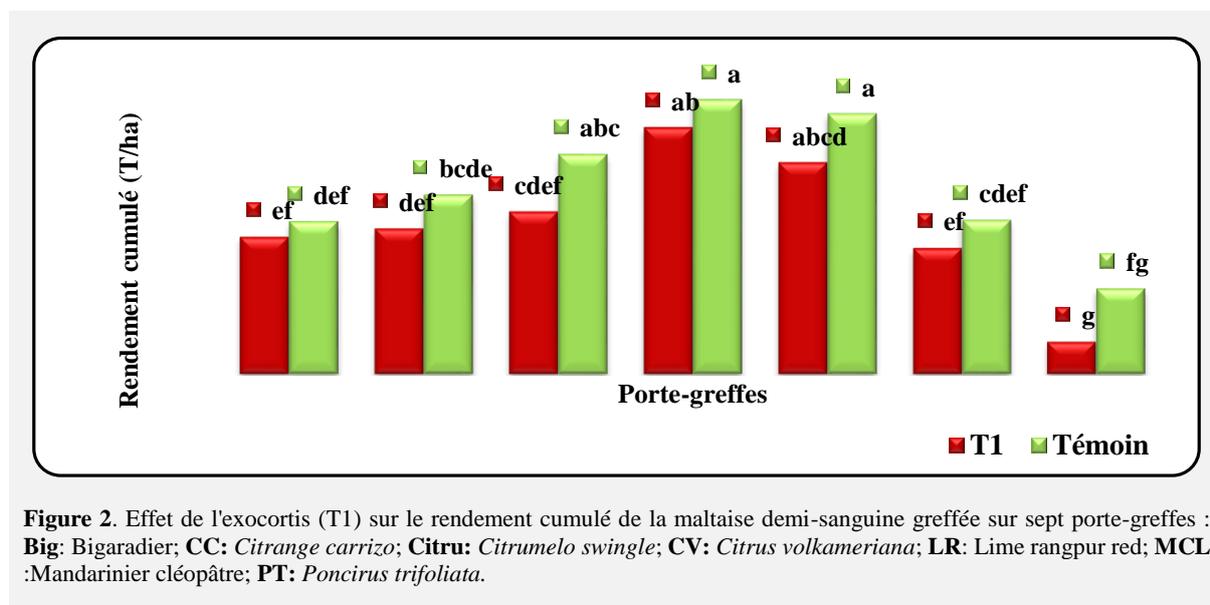


Figure 2. Effet de l'exocortis (T1) sur le rendement cumulé de la maltaise demi-sanguine greffée sur sept porte-greffes : **Big:** Bigaradier; **CC:** *Citrange carrizo*; **Citru:** *Citrumelo swingle*; **CV:** *Citrus volkameriana*; **LR:** Lime rangpur red; **MCL** :Mandarinier cléopâtre; **PT:** *Poncirus trifoliata*.

3.1.3. Effet des porte greffes contaminés par la cachexie (HSVd) (T2) sur le rendement cumulé de la maltaise

La maltaise greffée sur *Citrange carrizo* n'a pas été affectée par la cachexie enregistrant un rendement cumulé comparable à celui du témoin (figure 3). Par contre, la diminution de la production était importante dans le cas du *Citrumelo swingle* et du *Poncirus trifoliata* puisqu'elle a atteint respectivement 36% et 26% prouvant ainsi sa sensibilité à ce viroïde. Le bigaradier, le *Citrus volkameriana* et la lime Rangpur peuvent être considérés comme porte greffes tolérants puisqu'ils ont accusé une baisse de production ne dépassant pas les 12%.

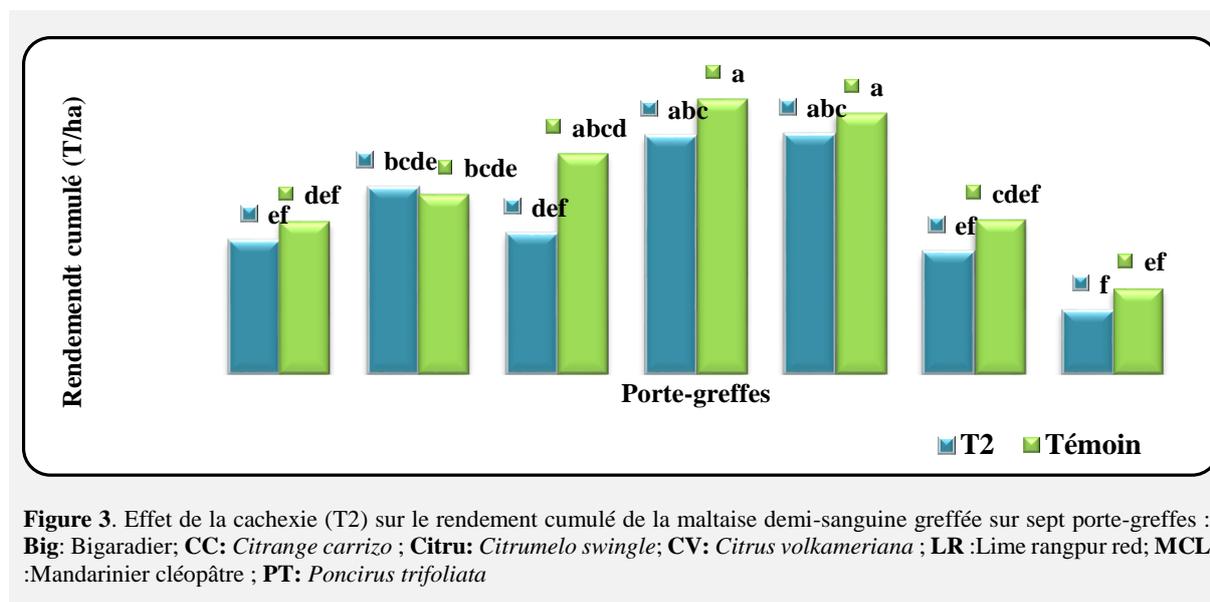


Figure 3. Effet de la cachexie (T2) sur le rendement cumulé de la maltaise demi-sanguine greffée sur sept porte-greffes : **Big:** Bigaradier; **CC:** *Citrange carrizo*; **Citru:** *Citrumelo swingle*; **CV:** *Citrus volkameriana*; **LR:** Lime rangpur red; **MCL** :Mandarinier cléopâtre; **PT:** *Poncirus trifoliata*

3.2. Impact économique engendré par le porte-greffe

Le rendement et la marge brute engendrée sont des paramètres décisifs dans le choix des porte-greffes de substitution du bigaradier. Notre approche a porté en premier lieu sur l'effet de porte-greffes uniquement dans le cas d'arbres sains et la deuxième approche a tenu compte de l'effet des combinaisons porte-greffes/viroïdes sur la marge brute réalisée par la production de la maltaise.

3.2.1. Effet du porte-greffe sain (T0) sur la marge brute (MB) de la maltaise

Les marges brutes (MB) réalisées suite à la vente de la production des arbres sains de la maltaise demi sanguine greffée sur sept porte-greffes à partir de la campagne 2008 jusqu'à celle de 2015 sont illustrées dans la figure 4.

Les résultats montrent qu'abstraction faite du Mandarinier Cléopâtre et du *Poncirus trifoliata*, les 5 autres porte-greffes, Lime rangpur, *Citrumelo swingle*, *Citrus volkameriana*, *Bigaradier* et *Citrango carrizo* commencent à couvrir les charges à partir de l'année 2013 (6^{ème} année de production). Cependant, il est important de noter que la production de l'année 2014 de tout l'essai a été fortement affectée d'une part à cause de l'alternance de production connue de la maltaise et d'autre part suite à la taille sévère des arbres réalisée en avril 2013 qui aurait favorisée la production de bois au détriment de la production en fruits.

En ce qui concerne l'année 2013, les meilleures MB sont notées pour les porte greffes LR, suivi du Citru, du CV et enfin du CC avec respectivement 6.1 ; 5.4 ; 4.8 et 2.8 milles dinars tunisiens par hectare (MDT/ha). Le bigaradier a affiché la MB positive la plus faible ne dépassant pas les 0.8 MDT/ha (figure 4).

En 2015, les mêmes tendances sont relevées avec des MB qui atteignent plus de 10 MDT/ha pour le cas de la maltaise greffée sur CV et LR. Le MCL révèle une MB positive dépassant celle du CC et du Big. Ce dernier affiche toujours la plus faible MB. Par ailleurs. Le porte greffe PT n'arrive pas encore à couvrir les charges au bout de huit années de production.

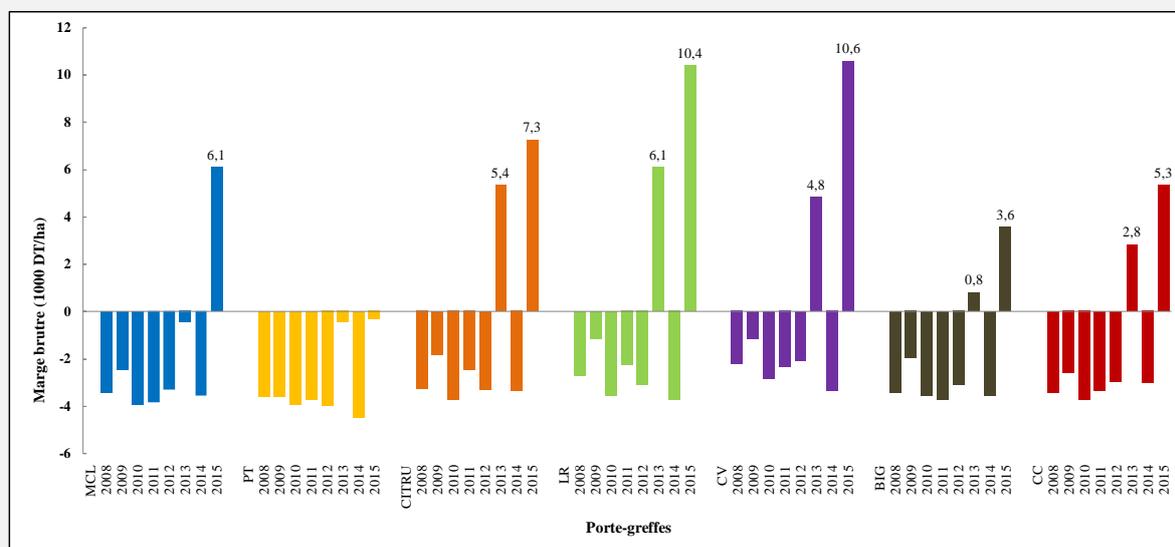


Figure 4. Effet des porte greffes sains (T0) sur la marge brute de la maltaise greffée sur sept porte-greffes: **Big:** Bigaradier; **CC:** *Citrango carrizo* ; **Citru:** *Citrumelo swingle*; **CV:** *Citrus volkameriana* ; **LR :**Lime rangpur red; **MCL :**Mandarinier cléopâtre ; **PT:** *Poncirus trifoliata*

3.2.2. Effet du viroïde de l'exocortis (T1) sur la marge brute (MB) de la maltaise

Le viroïde de l'exocortis ou CEVd a influencé négativement les rendements de la maltaise et par conséquent on assiste à une diminution de la MB réalisée par tous les porte-greffes (figure.5). En effet, les valeurs des MB réalisées sont comprises entre 0.1 et 3.8 MDT/ha pour l'année 2013 et entre 2.6 et 8.6 MDT/ha en 2015. D'une manière générale, la diminution est plus prononcée en 2015 qu'en 2013. Cependant, on assiste à une légère amélioration de la MB relative à l'année 2013 de 0.3 milles DT/ha pour le MCL.

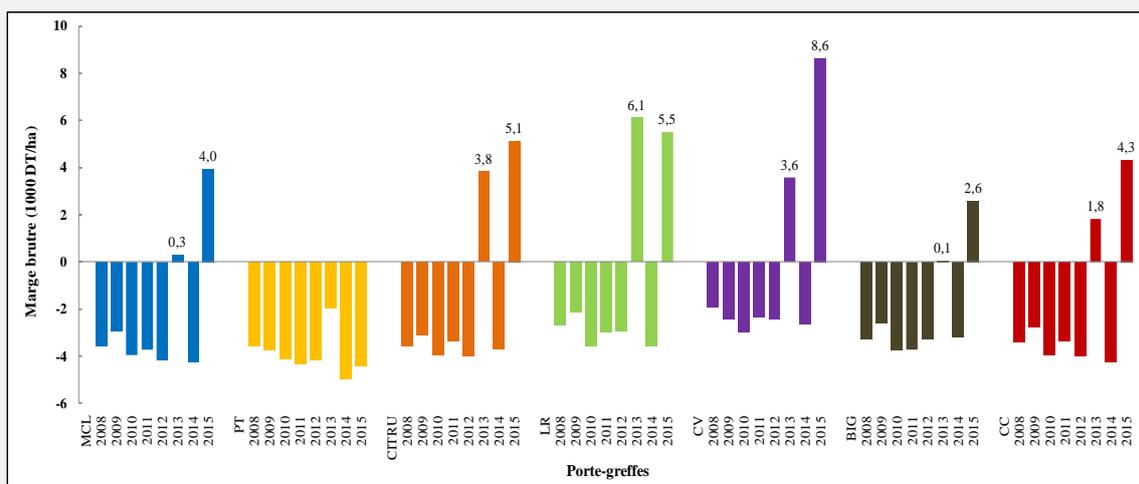


Figure 5. Effet du viroïde de l'exocortis (T1) sur la marge brute de la maltaise greffée sur sept porte greffes: **Big:** Bigaradier; **CC:** Citrange carrizo ; **Citru:** Citrumelo swingle; **CV:** Citrus volkameriana ; **LR :**Lime rangpur red; **MCL :**Mandariner cléopâtre ; **PT:** Poncirus trifoliata

L'analyse de la figure 5 montre que la meilleure marge brute a été obtenue par le porte greffe CV atteignant les 8,6 MDT/ha. Le LR a été le plus affecté par le CEVd puisque la valeur de la MB a pratiquement diminué de moitié pour les arbres contaminés (de 10.4 à 5.5 MDT/ha). Malgré cela, il vient en 2^{ème} position avec le Citru montrant des valeurs de la MB quasi-similaires (5MDT/ha). La 3^{ème} position est attribuée aux deux porte-greffes MCL et CC d'une MB de 4 MDT/ha. Alors que le bigaradier affiche encore une fois la plus faible MB ne dépassant pas les 2,6 MDT/ha. La production du PT ne couvre toujours pas les charges.

3.2.3. Effet du viroïde cachexie (T2) sur la marge brute (MB) de la maltaise

En considérant particulièrement la campagne 2015, on peut relever que le viroïde de la cachexie (HSVd) a influencé négativement les rendements de la maltaise et par conséquent les marges brutes afférentes aux quatre porte-greffes suivants : LR, Citru, Big et MCL. Ces MB ont accusé une baisse respective de 2,6 ; 4,3 ; 1,8 et 2,3 MDT/ha, contrairement aux porte greffes CV et CC qui ont affiché des valeurs très proches du témoin non inoculé (figure 6).

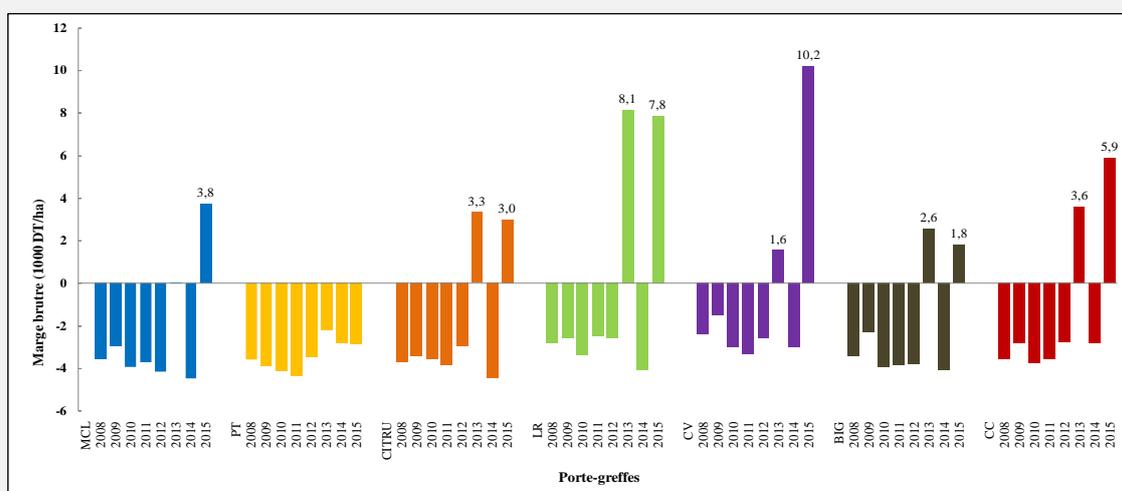


Figure 6. Effet du viroïde de la cachexie (T2) sur la marge brute de la maltaise greffée sur sept porte greffes: **Big:** Bigaradier; **CC:** Citrange carrizo ; **Citru:** Citrumelo swingle; **CV:** Citrus volkameriana ; **LR :**Lime rangpur red; **MCL :**Mandariner cléopâtre ; **PT:** Poncirus trifoliata

4. Discussion

Le *Citrus Tristeza Virus* ou CTV est l'agent pathogène responsable de la maladie la plus dévastatrice des agrumes à l'échelle mondiale. Ce virus est largement répandu dans les zones productrices d'agrumes. Il doit son importance d'une part à l'utilisation exclusif du Bigaradier qui constitue avec les orangers une combinaison très sensible et d'autre part à sa transmission rapide par différents types de pucerons vecteurs. En Tunisie, ce fléau pourrait constituer une menace pour le secteur agrumicole si jamais des mesures préventives ne sont pas prises en considération. La lutte à moyen et long termes consiste à remplacer le bigaradier par un autre porte-greffe qui devrait donner avec l'oranger des arbres tolérants au virus. Plusieurs porte greffes testés dans le monde ont révélé une certaine tolérance au CTV (Van Vuuren, 2002), mais l'expérience durant ces dernières années a montré une sensibilité à d'autres groupes de pathogène : les viroïdes qui peuvent causer des dégâts plus ou moins sévères en fonction de leur degré de dissémination et de leur virulence (Malfitano *et al.*, 2005). Les résultats obtenus dans le cas de porte greffes sains ou contaminés par les deux principaux viroïdes de l'exocortis (CEVd) et de la cachexie (HSVd) sont fort encourageants. Dans le cas de plants sains, nos résultats sont similaires à d'autres études menées dans diverses régions agrumicoles. En effet, en Californie, des essais de rendements conduits pour le Citronnier « Eureka » ont révélé que les arbres greffés sur *Citrus volkameriana* ont donné une production significativement plus importante par comparaison au Bigaradier (Levy *et al.*, 1989). Nos résultats corroborent également avec ceux de Fallahi *et al.* (1980) qui ont trouvé que le pamplemoussier « Redblush » greffé sur *Citrus volkameriana* était plus productif comparé à d'autres types de porte greffes. Zekri et Al-jaleel (2004) ont également rapporté que dans la région de Najran (Arabie Saoudite), la variété « Washington Navel » comparée au bigaradier donnait les meilleurs rendements lorsqu'elle est greffée sur *Citrus volkameriana*. D'autres essais conduits en Iran dans la province de Safiabed ont révélé que le pamplemoussier "Marsh" greffé sur Citrus révélait des rendements supérieurs de 37%, 13% et 7% par rapport au bigaradier lorsqu'il est greffé respectivement sur *Citrus volkameriana*, mandarine Cléopâtre et *Citrumelo swingle* (Ramin et Alirezanezhad, 2005).

D'autres travaux réalisés au Brésil par Stuchi *et al.* (2007) ont fait ressortir un impact négatif du CEVd soit en infection simple ou mixte avec d'autres viroïdes sur le rendement du pamplemoussier "Marsh seedless" greffé sur *Poncirus trifoliata*

En ce qui concerne, l'effet des viroïdes sur le comportement des porte greffes, nous avons démontré que le *Poncirus trifoliata* contaminé par l'exocortis ou CEVd a affiché une baisse de rendement de la maltaise de 62% prouvant sa forte sensibilité. Ce résultat obtenu dans cette étude rappelle ceux de Roistacher *et al.* (1993) qui ont rapporté que le rendement de la Clémentine âgée de huit ans greffée sur ce même porte greffe et inoculé par le CEVd a diminué de plus de (50%) par rapport au témoin. Vernière *et al.* (2006) rapporte une diminution du rendement de plus de 70% sous l'effet du CEVd pour le clémentinier âgé de dix ans et greffé sur *Poncirus trifoliata* alors qu'aucune différence significative n'a été signalée pour les plants inoculés par la cachexie ou HSVd.

Pour l'étude de l'impact économique, vu le problème d'alternance de production qui peut se poser pour la maltaise, nous avons pris en considération pour faciliter l'analyse, uniquement les valeurs de la MB de l'année 2015 par porte-greffe et par traitement viroïde. Le calcul de la baisse des MB a été effectué par rapport à celles des porte-greffes sains.

L'analyse du tableau 4 fait ressortir que le PT a toujours une MB négative et les pertes sont de 100% durant la période de l'essai. Par ailleurs, les MB de tous le porte-greffes qui étaient comprises entre 3.6 et 10.4 MDT/ha (figure 4) ont accusé, par comparaison au témoins non inoculés, des baisses allant de 1 à 4.9 MDT/ha. La diminution de la MB la plus faible est enregistrée pour le CC et CV (18%) justifiant ainsi une sensibilité moindre de ces deux porte greffes au CEVd. Le Big et le Citru viennent en troisième position avec respectivement 27% et 29%.

Par ailleurs, selon une étude faite sur l'analyse du Risque Phytosanitaire du *Citrus exocortis viroid* dans l'île de la Réunion, l'impact économique dû à l'*exocortis* peut être relativement important en fonction de l'utilisation de porte-greffes sensibles et de la température. Les dégâts économiques causés par ce viroïde peuvent donc aller de 27 à 40 % et ce en fonction des porte-greffes et de leur sensibilité (CIRAD, 2003).

Pour le viroïde de la cachexie (HSVd), les MB ont accusé par rapport aux témoins sains des baisses allant de 0.4 à 4.3 milles DT par hectare. Le bigaradier occupe la cinquième position affichant une baisse de 49%. Il est devancé par le CC et le CV qui viennent en tête de liste avec -11% et 4%. Ces derniers

sont suivis par le LR et le MCL affichant des baisses respectives de la MB de 38% et 49% (tableau 4). Le PT et Citru sont considérés comme étant les porte greffes les plus sensibles à la cachexie (T2).

Tableau 4. Baisses des marges brutes générées par la production de la maltaise greffée sur 7 porte greffes inoculés par les viroïdes de l'exocortis et de la cachexie (en MDT et en %)

Porte greffe	MBT0-MBT1 (MDT)	MBT0-MBT1 (%)	Porte greffe	MBT0-MBT2 (MDT)	MBT0-MBT2 (%)
CC	1,0	18	CC	-0,6	-11
CV	1,9	18	CV	0,4	4
Big	1,0	27	LR	2,5	24
Citru	2,1	29	MCL	2,3	38
MCL	2,1	37	Big	1,8	49
LR	4,9	47	Citru	4,3	59
PT	0	100	PT	0	100

CC: *Citrangae carrizo* ; **CV:** *Citrus volkameriana* ; **Big:** Bigaradier ; **Citru:** *Citrumelo swingle* ; **LR:** Lime rangpur red ; **MCL** :Mandarinier cléopâtre ; **PT:** *Poncirus trifoliata*

MBT0 : marge brute du porte-greffe témoin

MBT1 : marge brute du porte-greffe contaminé par le viroïde de l'exocortis

MBT2 : marge brute du porte-greffe contaminé par le viroïde de la cachexie

Il est important de noter que les évaluations économiques précises manquent pour la plupart des combinaisons organisme nuisible/culture/zone. Le jugement d'expert est donc nécessaire pour déterminer l'échelle probable de l'impact et les effets à court et long termes doivent être envisagés.

5. Conclusion

Au terme de ce travail qui a porté sur l'évaluation du rendement de la maltaise demi sanguine, greffée sur des porte greffes sains et inoculés par deux viroïdes (l'exocortis et la cachexie) et l'étude des effets sur la marge brute y afférente, les résultats obtenus ont révélé que le bigaradier, majoritairement utilisé dans nos vergers agrumicoles, et connu pour sa sensibilité au virus de la tristezza peut être substitué par deux types de porte greffes qui sont le CC et le CV. Ce dernier peut être considéré comme étant le plus rentable économiquement étant donné que sain ou contaminé, il a réalisé des MB plus importantes que celle générée par le CC. Le Citru, peut être également un porte greffe intéressant à condition que sa multiplication en pépinière soit réalisée à partir de plants certifiés sains vis à vis des virus et viroïdes prohibés par la législation. Le LR sera déclassé vu sa sensibilité au syndrome de la mort subite ou "Sudden death" qui sévit actuellement au Brésil.

6. Références

- Dawson WO, Bar-Joseph M, Garnsey S.M, Moreno P (2015).** *Citrus Tristeza Virus: Making an Ally from an Enemy.* Phytopathology. 53:137-155
- DGPA, (2014).** Rapport de la Direction Générale de la Production Agricole DGPA, 2015
- Fallahi E, Moon Jr.J.W, Rodney R (1989).** Yield and quality of 'redblush ' grapefruit on twelve rootstocks. J. Am. Soc. Horti. Sci. 114(2) :187-190
- GIF (2015).** Production agrumes 2014/2015, Estimation finale de la production agrumicole compagne. www.gifruits.com.
- Gohin A, Chantreuil F (1999)** La programmation mathématique positive dans les modèles d'exploitation agricole. Cahiers d'Economie et Sociologie rurales. 52: 59-79.
- Homri N (2010)** Comportement agronomique de la maltaise demi-sanguine en relation avec les porte-greffes et leur tolérance aux viroïdes. Mémoire de mastère, Institut National Agronomique de Tunisie, INAT, Univ Tunis, 97 p.
- Levy Y, Shaked A, Ashkenazi S (1980)** Tree development, yield and leaf nutrient levels of old clone lemon trees on eight rootstocks. Exper. Agricul. 16 (01): 49-55.
- Malfitano M , Barone M, Duran Vila N, Alioto D (2005)** Indexing viroids in citrus orchards of campagnia, southern Italy. J. Plant pathol. 87(2): 115-121.
- Najar A, Bouachem S, Danet J.L, Saillard C., Garnier M, Bové J.M. (1998)** Présence en Tunisie de *Spiroplasma citri*, l'agent causal du stubborn des agrumes et de son vecteur, la cicadelle *Circulifer haematocaps*. Contamination de *C.haematocaps* et de *C.opacipennis* par *S.citri*. Fruits, 53(6):391-396.
- Najar A, Duran-Vila (2004)** Viroid prevalence in Tunisia Citrus. Plant. Dis. 88:1286.

- Najar A, Duran-Vila N, Khlij A, Bové J.M (2005)** Virus and virus like-diseases of citrus in Tunisia. Short communication. In Proceeding of the 16th International organization of citrus virologist.484-486.
- Ramin A, Alirezanezhad A (2005)** Effects of rootstocks on fruit yield and quality of Ruby red and Marsh grapefruit. *Fruits*. 60 :311-317.
- Roistacher C.N, Bash J.A, Semancik J.S (1993)** Distinct disease symptoms in *Poncirus trifoliata* induced by three citrus viroids from three specific groups. *Proc. 12th Conf.Int. Organ.Citrus Virol (IOCV)*, Riverside, CA,USA. Pp.173-179.
- Stuchi E.S, Da Silva S.R , Donadio L.C , Sempionato O.R, Reif, E.T (2007)**. Field performance of "Marshseedless" grapefruit on trifoliata Orange inoculated with viroids in Brazil. *Sci.Agric*. 64(6): 582-588.
- Van Vuuren S.P (2002)** Effects of citrus tristeza virus isolates on two tolerant commercial scions on different rootstocks in South Africa. *Proc.15th Conf. of IOCV , IOCV Riverside*: 31-38.
- Vernière C /CIRAD. (2003)**. Analyse du Risque Phytosanitaire (ARP). 26p.
- Vernière C, Perrier X, Dubois C, Dubois A, Botella L, Chabrier C, Bové J.M, Duran-Vila N (2004)** Citrus viroids: Symptom expression and effect on vegetative growth and yield of clementine trees grafted on trifoliata orange. *Plant Dis*. 88:1189-1197.
- Vernière C, Perrier X, Dubois C, Dubois A, Botella L, Duran-Villa N (2006)** Interaction between citrus viroids affect symptom expression and field performance of Clementine trees grafted on trifoliata orange. *Amr.Phyto.Soc*.96(4): 356-368.
- Zekri M, Aljaleel A (2004)**. Evaluation of rootstocks for Valencia and Navel orange trees in Saudi Arabia. *Fruits*.59: 91–100.