

Aggravation of the decline in profitability of the variety of orange (*Citrus sinensis* L) Maltese half blood under the effect of a multiple viroid infection

Aggravation de la baisse de rentabilité de la variété d'orange (*Citrus sinensis* L) Maltaise demi sanguine sous l'effet d'une infection viroïdale multiple

A. NAJAR¹, S. MLAOUHI², K. BEN MAHMOUD¹, A. JEMMALI¹

¹ Laboratoire de Protection des Plantes, Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Rue Hedi Karray, 1002 El Menzeh, Tunisie

² Laboratoire d'Economie rurale, Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Rue Hedi Karray, 1002 El Menzeh, Tunisie

*Corresponding author : asmanajara@yahoo.fr

Abstract – As well as virus pathogens, viroids are able to depreciate qualitative and quantitative traits of some crop productions including citrus trees. In this regard, the present study aimed to evaluate the viroid incidence on the mean cumulative yield/tree and the gross margin (GM) of the “Maltaise demi sanguine” variety inoculated with four viroids: citrus bent leaf viroid (CBLVd), hop stunt viroid (HSVd, variant CVd-IIa), citrusdwarfing viroid (CDVd) et citrus bark cracking viroid(CBCVd). This variety has been grafted on three rootstocks (Citrange carrizo, Citrumelo swingle et Citrus volkameriana) that were previously selected to substitute sour orange who is sensitive to citrus tristeza virus. The evaluation has been realized on 10 years-aged trees that were initially inoculated under glasshouse with the above mentioned viroids separately (single infection) or mixed (co-infection with the four viroids). Main results recorded here revealed a insignificant difference in cumulative yield for simple viroid infection whatever the rootstock used. Nevertheless, it should be interesting to mention that those viroids have been ranked: CVIIa (1), CBLVd (2), CBCVd (3) et CDVd (4) following a decreased incidence order. In the case of multiple infection, a greater decrease has been registered in dependence to the rootstock. Indeed, yield decreasing reached 19% in the case of Citrus volkameriana and 30% in both Citrange carrizo and Citrumelo swingle. Based on the production of 2015 year, GM has consequently been more affected by multiple infections. This reduction did not exceed 25% with Citrus volkameriana, but reached 92% with Citrumelo swingle that also more sensitivity to simple infections with CVd-IIa (41%) and CDVd (53%). These results concerning fruit yield and GM as the most important criteria, allowed to give the first place to the Citrus volkameriana rootstock either in healthy or in infected status.

Keywords : Viroïds, Rootstock, Rootstock, Cumulative yield , Gross margin.

Résumé – Au même titre que les virus, les viroïdes constituent des agents de dépréciation qualitative et quantitative de la production de plusieurs hôtes comme les agrumes. A ce propos, l'étude objet de cet article a porté sur l'effet d'infections viroidales sur le rendement en fruits de la maltaise greffée sur 3 porte greffes (Citrange carrizo, Citrumelo swingle et Citrus volkameriana). Ces porte-greffes ont été retenus lors d'une évaluation précédente pour substituer le bigaradier dont l'association avec les agrumes (sauf dans le cas citronnier) est sensible au virus de la Tristeza. La présente évaluation concernant le rendement moyen cumulé par pied ainsi que la marge brute (MB) générée, est faite sur des arbres âgés de 10 ans initialement inoculés sous serre par les viroïdes suivants : citrus bent leaf viroid (CBLVd), hop stunt viroid (HSVd, variant CVd-IIa), citrusdwarfing viroid (CDVd) et citrus bark cracking viroid(CBCVd) en infection simple ou mixte (co-infection par les 4 viroïdes). Les principaux résultats font état d'une influence non significative sur le rendement des différents viroïdes inoculés séparément quelque soit le porte greffe. Il y a toutefois lieu de préciser que ces viroïdes se classent comme suit suivant l'ordre décroissant de leur incidence : CVIIa (1), CBLVd (2), CBCVd (3) et CDVd (4). Dans le



cas de l'infection mixte, une baisse importante des rendements cumulés est enregistrée. Elle est estimée à 19% dans le cas de *Citrus volkameriana* et 30% dans les deux cas de Citrange carrizoet Citrumelo swingle. La MB calculée sur la base de la production de l'année 2015, a consécutivement été plus affectée par l'infection mixte mais avec un effet porte greffe très marqué. A cet égard, alors que la MB a baissé seulement de 35% chez le *Citrus volkameriana*, elle a chuté de 59% avec Citrange carrizo et de 92% avec Citrumelo swingle. Ce dernier porte greffe a même montré une plus grande vulnérabilité aux deux viroïdes CVd-IIa et CDVd en infection simple. Ces résultats permettent sur la base des critères étudiés à savoir la production cumulée et la MB, de classer le porte greffe *Citrus volkameriana* au premier rang aussi bien à l'état sain qu'à l'état infecté.

Mots clés : Viroïdes, Porte greffe, Rendement cumulé, marge brute

1. Introduction

Les agrumes occupent en Tunisie une superficie totale d'environ 24000 ha. L'orange Maltaise est la variété la plus cultivée et représente plus de 30% de la production nationale (DGPA, 2016). Le rendement moyen estimé à environ 17T/ha, reste malheureusement inférieur à celui des pays agrumicoles du bassin méditerranéen où il peut atteindre 40 à 50 T/ha. Les facteurs pouvant influencer la production en oranges sont multiples. Les infections pathologiques y représentent un facteur d'une grande importance. Parmi ces dernières, les virus et les viroïdes constituent des agents de dépréciation qualitative et quantitative de la production (Vernière et al., 2006). Les viroïdes sont des ARNs circulaires de petite taille capables d'infecter une large gamme de plantes hôtes. Le nombre de viroïdes répertoriés jusqu'à présent sur agrumes est de l'ordre de sept appartenant à quatre genre de la famille des Pospiviridae (Serra et al., 2008) dont les plus dommageables sont ceux de l'exocortis (*Citrus exocortis* viroid CEVd) et de la cachexie (Hop stunt viroid, HSVd (Variants CVd-IIb et CVd-IIc) (Semancik et al., 1988; Duran-Vila and Semancik, 2003)

Ces microorganismes qui utilisent l'ADN cellulaire pour leur multiplication semblent agir sur les plantes de la même manière que les virus. Leur présence dans les tissus végétaux peut être en infection simple (un seul viroïde) mais surtout mixte (deux et plus). Néanmoins, leur présence naturelle en infection multiple est plus prépondérante. A cet égard, il semble bien dans ce dernier cas que les dégâts occasionnés sont également plus importants. Partant des résultats publiés en France, Espagne (Vernière et al., 2006; Murcia et al., 2015), nous avons mené une expérience où l'infection par les viroïdes a été faite artificiellement sur des plants de maltaise greffés et cultivés en plein champ. La comparaison va porter sur des infections simples par les viroïdes (*Citrus bent leaf viroid* (CBLVd), hop stunt viroid (HSVd, variant CVd-IIa), *Citrus dwarfing viroid* (CDVd), *Citrus bark cracking viroid* (CBCVd) ainsi que l'infection consistant à la co-présence de ces mêmes viroïdes dans la même plante. Les effets négatifs de ces traitements sont évalués en se référant au rendement cumulé par arbre ainsi que la marge brute générée.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de plants de l'oranger " Maltaise demi sanguine" greffé sur 3 porte-greffes : Citrange carrizo, *Citrus volkameriana*, Citrumelo swingle 4475. Ces porte greffes ont été retenus lors d'une étude précédente (Najar et al., 2017) en remplacement du bigaradier dont la combinaison avec les citrus (sauf le citronnier) donne des plants sensibles au virus de la Tristeza (Castle, 2010).

2.2. Inoculation des viroïdes

Quatre souches tunisiennes des viroïdes (*Citrus bent leaf viroid* (CBLVd), hop stunt viroid (HSVd, variant CVd-II), *Citrus dwarfing viroid* (CDVd) et *Citrus bark cracking viroid* (CBCVd) isolées sur plantes indicatrices, sont inoculées artificiellement en même temps que le greffage des porte greffes âgés d'une année environ (mars 2003). L'inoculation a lieu sous serre vitrée en conditions rigoureusement contrôlées

Les traitements envisagés consistent à inoculer séparément chacun des 4 viroïdes (infections simples) mais aussi les quatre ensemble. Ceci donne en plus du témoin non inoculé (T0), 4 traitements simples : T1 (CBCVd), T2 (CBLVd), T3 (CDVd), T4 (CVd-IIa) et un traitement multiple (T5) (T1+T2+T3+T4).

2.3. Conduite de la culture en plein champ

Les plants greffés sont transférés au champ deux années après leur inoculation sous serre vitrée. Une vérification de la réussite de l'infection est réalisée suite à une extraction des acides nucléiques suivie d'électrophorèses successives sur gel de polyacrylamide (sPAGE) (Duran-Vila et al., 1993).

La plantation est réalisée dans la station de l'INRAT d'El Gobba, les conditions de culture sont celles déjà décrites antérieurement par Najjar et al. (2017).

2.4. Dispositif experimental

L'essai est conduit selon un dispositif en split-plot. La parcelle expérimentale a été subdivisée en six blocs. Chaque bloc renferme les 3 portes- greffes sains et inoculés par les différents viroïdes pré-cités. Le nombre d'arbres par traitement et par répétition est de 6. Le nombre de répétitions est de 3 soit un total de 324 plants.

2.5. Paramètres mesures

Sachant que le rendement en fruits par arbre est la résultante de tous les autres paramètres de croissance, nous nous sommes contentés de comparer les traitements sur la base de ce critère exprimé en kg/arbre.

2.6. 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.

2.7. Impact économique : Marge brute générée

La différence de rentabilité due au type d'infection (simple ou multiple) est évaluée en référence à la marge brute (MB) générée. Le calcul de la MB réalisé par porte-greffe, a été déterminé à partir de l'année 2008, année d'entrée en production jusqu'à l'année 2015 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 (Rpg) 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) (tableau 1). Le coût annuel de production (C) est 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. 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 2).

Tableau 1. Moyenne annuelle du prix du kg de la maltaise en DT

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

Source : SOTUMAG, 2016

Tableau 2. Coût de production d'un hectare de maltaise par an

Types de charges	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	201
Fumier	0	0	600	600	600	800	800	800	1000	1000	100
Pesticide	0	0	500	600	600	800	800	800	800	900	90
Main d'œuvre	0	0	400	550	600	600	600	600	700	700	70
Mécanisation	0	0	300	350	500	500	500	500	500	500	50
Taille	0	0	400	500	800	800	1000	1000	1000	1000	100
Eau d'irrigation	420	590	1000	760	450	440	510	630	370	540	73
Plants	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.
Matériel d'irrigation	319	318	318	318	318	318	318	318	318	318	31
Total	739	908	3518	3678	3868	4258	4528	4648	4688	4958	514

Source: Pièces comptables de l'INRAT 2005-2015

La marge brute annuelle réalisée par porte-greffe et par traitement (MBpg/t) a été calculée sur la base de la formule suivante :

$$MBpg = RPpg/t - C$$

RPpg/t = Recette de la production par porte greffe et par traitement

C = Coût de production par porte greffe et par traitement

3. Résultats et Discussion

3.1. Rendement cumulé en fruits

D'après les résultats affichés dans la figure1 (A, B, C), il ressort indépendamment du porte greffe, qu'en cas d'infection simple, les viroïdes testés n'affectent pas de manière significative le rendement cumulé. Néanmoins, on relève qu'en termes d'incidence spécifique, les 4 viroïdes se classent pratiquement de la même manière chez les 3 porte greffes. Par ailleurs, le classement en incidence décroissante donne: CVd-IIa (1), CBLVd(2), CBCVd (3) et CDVd (4).

Dans le cas de l'infection multiple, une baisse significative de 30% des rendements cumulés est enregistrée par rapport au témoin pour le cas des deux porte greffes *Citrange carrizo* et *Citrumelo swingle*. Cependant, une baisse moins marquée (19%), est estimée chez la maltaise greffée sur *Citrus volkameriana*.

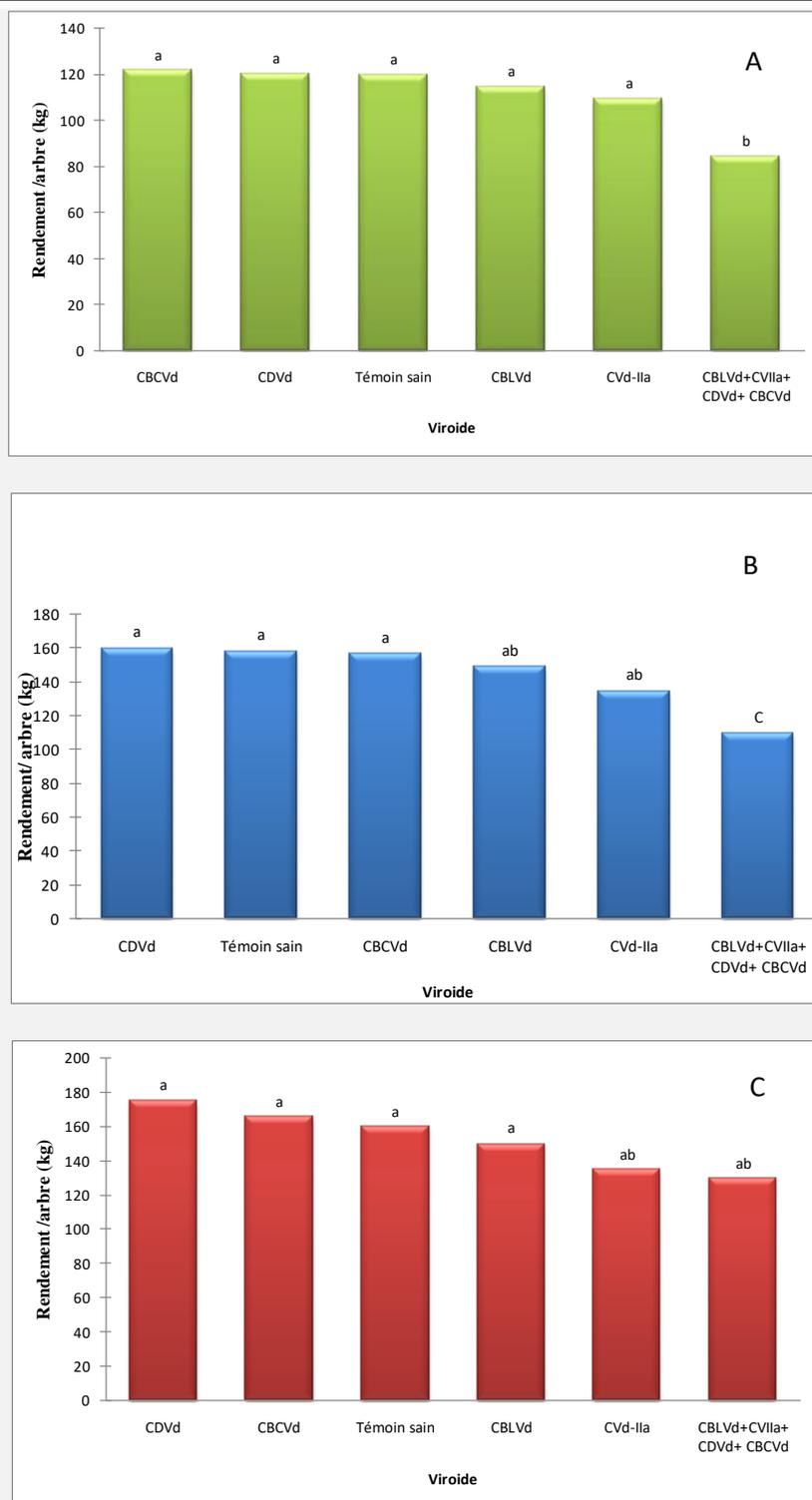


Figure1. Effet l'infection simple ou multiple par les viroïdes sur le rendement cumulé de la Maltaise demi sanguine greffée sur 3 porte greffes : Citrange carrizo(A), Citrumelo swingle (B) et Citrus volkameriana (C)

3.2. Impact économique engendré par le porte-greffe

Les relevés de production, des recettes ainsi que des charges engagées, ont permis de calculer la MB annuelle et ce depuis l'année 2008 jusqu'à 2015. Les valeurs obtenues pour cette marge brute étaient toujours négatives jusqu'à l'année 2012 tout simplement parce qu'il s'agit d'une jeune plantation dont la production n'est devenue rentable qu'à partir de 2013.

Entre 2013 et 2015, cette production a connu une importante chute en 2014 suite à une taille sévère faite par inadvertance. Corollairement, la MB a été négativement affecté.

Pour les années où la MB était positive (2013, 2015), l'existence d'une différence entre les traitements (infections simple ou multiple) est clairement matérialisée par la figure 2 (A, B, C).

Ces résultats montrent une nette amélioration de la MB en 2015 comparativement à 2013. Dés lors, on peut se contenter de faire la comparaison entre les traitements pour l'année 2015.

Dans le cas du porte greffe *Citrangé carrizo* (figure 2 A), la MB a été surtout affectée par l'infection multiple qui l'a réduite de 59% par rapport au témoin sain. Dans le cas du *Citrumelo swingle* (figure 2 B), la réduction en MB est élevée dans les deux cas d'infection simple par le CVd-IIa (41%) et le CDVd (53%). Cette baisse est très remarquable en cas d'infection multiple puisqu'elle dépasse les 90% reflétant une production quasi-nulle de l'année d'évaluation 2015.

Dans le cas du *Citrus volkameriana* (Figure 2 C), la réduction de la MB est causée par l'infection simple CVd-IIa (27%), mais surtout par l'infection multiple qui était de l'ordre de 35%.

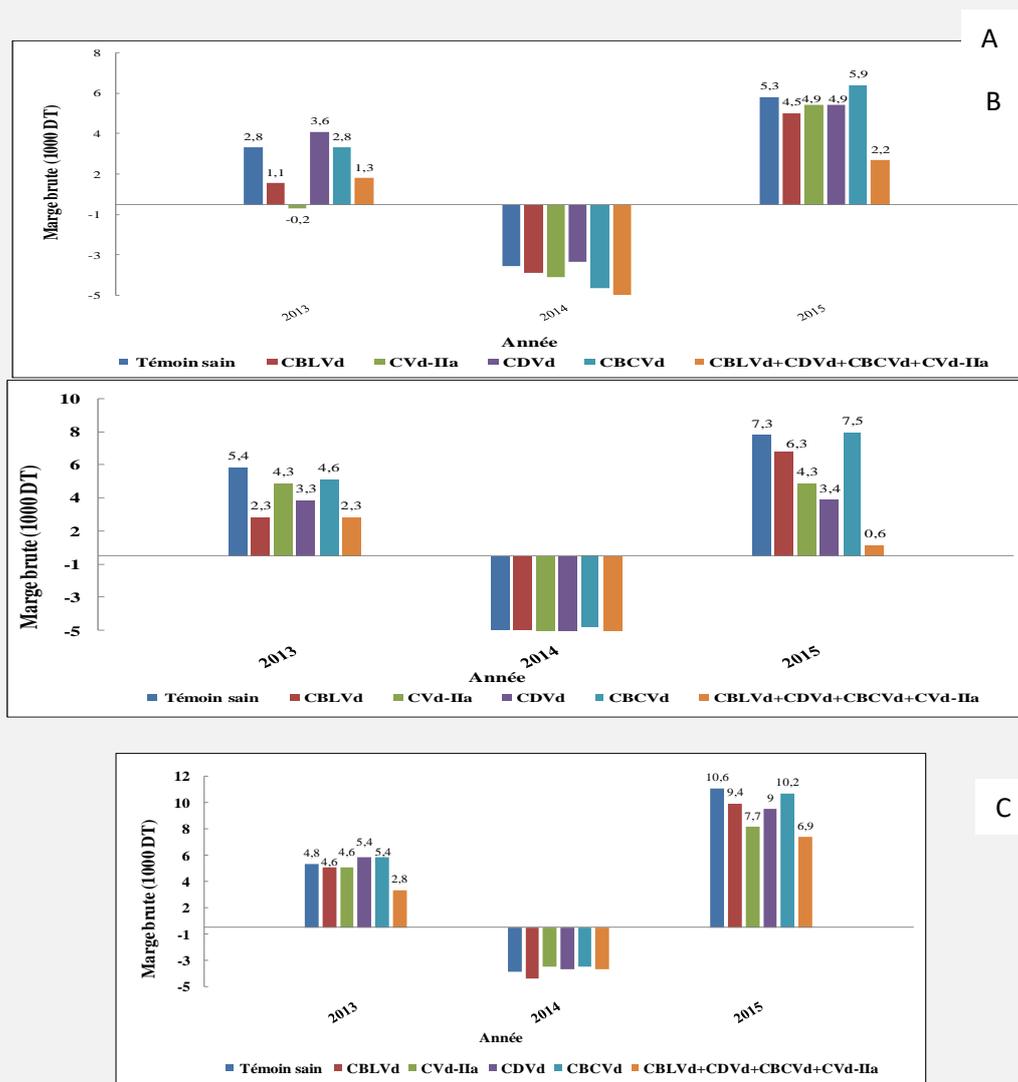


Figure 2. Effet de l'infection simple ou multiple par les viroïdes sur la marge brute générée par la production de la Maltaise demi sanguine greffée sur 3 porte greffes : *Citrangé carrizo* (A), *Citrumelo swingle* (B) et *Citrus volkameriana* (C)

La présente étude a montré que lorsqu'ils sont présents dans la plante sous forme d'infection simple, les 4 viroïdes étudiés (CBLVd, CDVd, CBCVd, Hsvd (CVd-IIa) n'engendrent pas de baisse significative sur le rendement moyen cumulé de la maltaise pour les 3 porte greffes utilisés. Ces résultats corroborent avec les travaux récents de Murcia *et al.* (2015) relatif à un essai d'évaluation de la Washington Navel greffée sur *Citrangé carrizo*.

Ce comportement ne reflète pas forcément tous les cas d'infection simple puisque la même équipe (Najar *et al.*, 2017) a montré que les deux autres viroïdes à savoir : le *citrus exocortis viroid* (CEVd) et le *hop stunt viroid* (variant CVd-IIb) pourraient réduire significativement le rendement de cette variété, principalement avec les deux porte greffes *Citrango carrizo* et *Citrumelo swingle*. Le troisième porte greffe *Citrus volkameriana* présente quant à lui une certaine tolérance à ces pathogènes puisque son rendement sous conditions d'infection est proche de celui de son propre témoin sain.

Des travaux similaires menés dans d'autres pays agrumicoles ont rapporté les mêmes tendances, en particulier dans le cas du clémentinier greffé sur *Poncirus trifoliata* où le rendement a accusé une baisse de 49% et 34% respectivement sous l'effet du CEVd et HSVd (CVd-IIc) (Vernière *et al.*, 2004).

Dans le cas de l'infection mixte, la baisse enregistrée en rendement prouve que la co-présence des viroïdes au sein de la même plante pourraient engendrer un effet dépressif plus important qu'en infection simple traduisant ainsi un effet additif ou synergique des viroïdes tel que signalé par (Vernière *et al.*, 2006).

Egalement, les travaux réalisés par Bani Hashemian *et al.* (2009) dans la région de valence en Espagne ont montré que le clémentinier greffé sur *Citrango carrizo* et co-infecté par quatre viroïdes (CEVd+ CBLVd+ HSVd (CVd-IIa) + CDVd) dont trois utilisés dans notre essai, n'a produit que 57% du rendement des arbres sains. Cette même combinaison de viroïdes s'est avérée très dommageable pour le clémentinier greffé sur *Poncirus trifoliata* dans la région de Corse en France (Vernière *et al.*, 2006). Avec ce dernier porte greffe, une étude réalisée au Brésil a révélé que la production fruitière en pomelos a été réduite de 33% en infection double (CDVd+ HSVd) et de 44% en triple infection (CEVd+ CDVd+ HSVd) comparativement aux plants non inoculés (Stuchi *et al.*, 2007)

Ces résultats de divers pays que notre étude vient de confirmer, s'accordent tous sur le degré de gravité plus élevé de l'infection multiple dont la présence à l'état naturel est plus fréquente que l'infection simple comme il a été confirmé par plusieurs auteurs (Najar and Duran-Vila, 2004; Mafitano *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2013). Néanmoins, les quelques cas d'infections multiples (double ou triple maximum) où l'effet ne dépassait pas celui de l'infection simple avait été interprété comme un phénomène d'antagonisme entre les agents infectieux co-présents (Vernière *et al.*, 2006).

Concernant la MB calculée année par année, il y'a lieu de rappeler qu'elle n'est devenue positive qu'à partir de 2013 marquant le début d'une réelle rentabilité de la plantation. En tenant compte de l'année 2015, il ressort que les infections simples en viroïdes peuvent baisser la MB surtout dans le cas de la Maltaise greffée sur *Citrumelo swingle* et infectée par le CVd-IIa et le CVDd. En revanche, la sévérité de l'infection multiple est plus évidente dans la mesure où elle peut réduire totalement la production comme dans le cas du *Citrumelo swingle*. Dans cette situation de co-infection, le *Citrus volkameriana* s'avère le porte greffe le moins sensible puisque la perte en MB n'a pas dépassé les 35%. Sur cette base, nous pouvons considérer que ce porte greffe est le meilleur pour la substitution du bigaradier surtout qu'il est aussi le plus productif à l'état sain.

4. Conclusion

Le présent travail avait pour objectif principal l'évaluation de la productivité de la maltaise greffée sur 3 porte greffes retenus lors d'une étude précédente en présence d'une infection viroïdale simple ou multiple. En se basant sur le critère de rendement, les résultats obtenus montrent que le *Citrus volkameriana* se place au premier rang à l'état sain comme à l'état infecté. Néanmoins, pour que nos choix soient rationnels, il y a lieu de considérer d'autres paramètres d'évaluation, notamment la qualité du fruit qui peut facilement influencer l'écoulement sur le marché. Les deux autres porte greffes *Citrango carrizo* et *Citrumelo swingle*, connus tolérants à la *Tristeza* et dont les rendements se sont avérés supérieurs à celui du bigaradier en condition de non infection (Najar *et al.*, 2017), pourraient être profitablement utilisés en guise de diversification tenant compte des facteurs pédoclimatiques et certains stress abiotiques, à condition de les multiplier en pépinière à partir de plants certifiés sains.

5. Références

- Bani-Hashemian S.M, Serra P, Barbosa C.J, Juárez ., Aleza P, Corvera J.M, Lluch A, Pina J.A, Duran-Vila N (2009)** Effect of a field-source mixture of citrus viroids on the performance of 'Nules' Clementine and 'Navelina' sweet orange trees grafted on Carrizo Citrange. *Plant. Dis.* (93): 699-707.
- Castle WS, (2010)** A Career Perspective on Citrus Rootstocks, Their Development, and commercialization. *Hort. Sci.* 45(1): 11-15.
- DGPA, (2016)** Rapport de la Direction Générale de la Production Agricole .
- Duran-Vila N, Pina J.A, Navarro L (1993)** Improved indexing of citrus viroids. In: Moreno, P., da Graca, J.V., Timmer, L.W. (eds). Proceedings of the 12th Conference of The International Organization of Citrus Virologist (IOCV), Riverside, CA, USA: 202-211.
- Duran-Vila N, Semancik J.S (2003)** Citrus viroids. In: Hadidi A., Flores R., Randles J.W., Semancik J.S. (eds). Viroids pp. 178-194. CIRO Publishing, Dickson, Australia.
- Gohin A, Chantreuil F (1999)** La programmation mathématique positive dans les modèles d'exploitation agricole. *Cahiers. Eco. Sociol. Rur.* 52: 59-79.
- 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.
- Murcia N, Bani Hashemian S.M, Serra P (2015)** Citrus viroids: Symptom expression and performance of Washington Navel sweet orange trees grafted on Carrizo citrange. *Plant. Dis.* (5): 125-136.
- Najar A, Duran-Vila N (2004)** Viroid prevalence in Tunisian orchards. *Plant. Dis.* (88): 1286.
- 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.
- Semancik J.S, Roistacher C.N, Rivera-Bustamante R, Duran-Vila N (1988)** Citrus cachexia viroid, a new disease of citrus: Relationship to viroids of the exocortis disease complex. *J.Gen.Virol.*69: 3059-3068.
- Serra P, Barbosa C.J, Daros J.A, Flores R, Duran Vila N (2008)** Citrus viroid V: molecular characterization and synergistic interactions with other members of the genus Apscaviroid. *Virol.* (370): 102-112.
- Stuchi E.S, Da Silva S.R , Donadio L.C , Sempionato O.R, Reif, E.T (2007).** Field performance of "Marshseedless" grapefruit on trifoliolate Orange inoculated with viroids in Brazil. *Sci.Agric.* 64(6): 582-588.
- 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 trifoliolate orange. *Plant Dis.* 88:1189-1197.
- Verniere 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 trifoliolate orange. *Amr.Phyto.Soc.*96(4): 356-368.
- Wang J, Boubourakas I, Voloudakis A. E, Agorastou T, Magripis G, Rucker T.L, Kyriakopoulou P. E, Vidalakis G (2013)** Identification and characterization of known and novel viroid variants in the Greek national citrus germplasm collection: threats to the industry. *Eur.J.Plant.Pathol* (137): 17-27.