

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 20 Août 1955 Skikda
Faculté des Sciences
Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques
Option : Améliorations des plantes

Mémoire de Fin d'Etudes :

En vue de l'obtention du Diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Thème :

-Etude des différents symptômes relatifs au virus de la Tristeza des agrumes et détection du virus par la technique du DTBIA (Region Skikda).

Présenté par :

BENKASSA Rachad
HADJAL Messaoud Amezian
ROUAG Houssemedine
FRIKAH Oussama

Membres de Jury:

M^{me} : Brakchi Souad	(MCB)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M : SADD ALLAH Said	(MAA)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M^{me} : LARBI Djamila	(MCA)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2023-2024



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :
Mes très chers parents, sans qui je ne serais pas ce
que je suis aujourd'hui ;
Ma très chère sœur ainsi qu'à toute ma
grande famille;
Mes collègues et copains avec qui j'ai partagé des
moments inoubliables ;
Mon trînomme ainsi qu'à leurs familles ;
Mes très chers amis chacun avec son nom;
Tous mes collègues de la promotion 2024
Tous ceux qui m'ont aidé et soutenu.

RACHAD



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :
Mes très chers parents, sans qui je ne serais pas ce
que je suis aujourd'hui ;
Ma très chère sœur ainsi qu'à toute ma
grande famille;
Mes collègues et copains avec qui j'ai partagé des
moments inoubliables ;
Mon trinôme ainsi qu'à leurs familles ;
Mes très chers amis chacun avec son nom;
Tous mes collègues de la promotion 2024
Tous ceux qui m'ont aidé et soutenu.

MESSAOUD



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :
Mes très chers parents, sans qui je ne serais pas ce
que je suis aujourd'hui ;
Ma très chère sœur ainsi qu'à toute ma
grande famille;
Mes collègues et copains avec qui j'ai partagé des
moments inoubliables ;
Mon trinôme ainsi qu'à leurs familles ;
Mes très chers amis chacun avec son nom;
Tous mes collègues de la promotion 2024
Tous ceux qui m'ont aidé et soutenu.

HOUSSSEM



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :
Mes très chers parents, sans qui je ne serais pas ce
que je suis aujourd'hui ;
Ma très chère sœur ainsi qu'à toute ma
grande famille;
Mes collègues et copains avec qui j'ai partagé des
moments inoubliables ;
Mon trinôme ainsi qu'à leurs familles ;
Mes très chers amis chacun avec son nom;
Tous mes collègues de la promotion 2024
Tous ceux qui m'ont aidé et soutenu.

OUSSAMA

RESUME

Vu le danger de la tristeza qui menace nos plantations d'agrumes, dont 90% sont greffées sur le bigaradier (*Citrus aurantium*), porte greffe très sensible au virus du CTV (*Citrustristeza virus*) en association avec tous les cultivars d'agrumes et vu la signalisation récente du vecteur potentiel *Toxoptera citricida* au niveau du pourtour méditerranéen, l'Algérie comme tout autre pays méditerranéen n'est plus à l'abri du danger de l'introduction de ce vecteur qui peut anéantir cette culture rapidement surtout en absence d'un programme de certification rigoureux. La tristeza ou le dépérissement rapide (*Quick decline*) est la maladie virale la plus destructrice des agrumes. Elle est propagée par des importations du matériel végétal noncertifié, par les travaux culturaux (greffage, le surgreffage, la multiplication végétative) et par des pucerons tels que (*Toxoptera citricida*, *Aphis gossypii*, *Aphiscitricola* etc.), selon le mode semi-persistant. Actuellement la tristeza est devenue un sujet d'actualité dans tous les pays Méditerranées producteurs d'agrumes, l'absence du vecteur principal *Toxoptera citricida* dans la région faisait croire qu'on est loin du danger, malheureusement, la situation n'est plus rassurante. L'Algérie porte un grand intérêt à ce sujet par le biais du Ministère ainsi que les institutions scientifiques concernées telles que (DPVCT, CNCC, INPV, ITAF) impliquées dans le contrôle et la gestion de cette maladie, des efforts sont déployés pour faire face à la tristeza. Cette maladie est réapparue à partir des années 2000, sous forme de foyers localisés, aussi tôt détruits et éradiqués, mais la situation est restée mal connue pour tous les agrumes en Algérie. Le type de virus de la tristeza en Algérie a été étudié, la souche locale dans la Mitidja est proche de la souche atténuée de l'Espagne T385, mais récemment en 2019 une souche virulente a été détectée dans l'Ouest du pays. L'incidence et la présence de cette maladie dans l'ensemble du pays doit être étudiée afin de chercher l'éventuelle présence de souches exotiques dans d'autres zones pouvant être introduites par *Toxoptera citricida* présent en région méditerranéenne depuis 2005. Vu la présence de dessèchement de certains arbres constatés sur plusieurs vergers prospectés dans la localité d'el-Hadaiek pour plusieurs années d'études et qui rappellent certains symptômes de la tristeza, la recherche de présence de cette maladie devient indispensable pour situer l'Est du pays vis-à-vis de la présence d'une telle maladie.

Table des matières

RESUME	6
Introduction	10
Chapitre1.	12
Les agrumes en Algérie.....	12
1.1 Localisationdesagrumes	13
1.2 Superficie, production et rendement.....	13
2.Les agrumes dans la wilaya de Skikda.....	14
Chapitre2. Etude des agrumes	18
2.1 Caractères spécifiques des Citrus.....	18
2.2 Classification botanique	18
2.2.1 Variétés des Citrus.....	19
2.2.2 Conditions agro-climatiques de croissance des agrumes	20
2.2.3 La croissance des agrumes	20
2.2.4 Les étapes de la vie d'un verger d'agrumes	20
2.2.5 Les différents porte-greffes cultivés	21
LES PRINCIPALES MALADIES TRANSMISSIBLES PAR GREFFAGE DES AGRUMES	23
3.1 Les maladies virales	24
La tristeza des agrumes (CTV) Citrus tristeza virus	24
La Psorose écaillieuse (CPsV) Citrus psorosis virus, c	24
La panachure infectieuse (CVV) Citrus variegation virus (Ilarvirus),	25
Le nanisme du Satsuma (SDV) Satsuma dwarf virus (Nepovirus)	26
Tatter leaf	27
3.2 Les maladies de type viral	27
Cristacortis	27
Impietratura	28
Concavité gommeuse	28
3.3 Les viroïdes	29
L'exocortis	29
La cachexie-xyloporose	30
3.4 Les procaryotes limités au phloème	31
Le subborn (St) Spiroplasma citri	31
Le balai de sorcière (WBDL)	33
Huanglongbing ou le Greening (HLB)	34
3.5 Les maladies cryptogamiques	35
3.6 Les principaux ravageurs des agrumes	35
Les maladies abiotiques	41
Les Causes climatiques Des Maladies	41
3.2.1.1 Les Causes édaphiques des Maladies	42

Chapitre 4. Etude de la tristeza	44
4.1 Étude de tristeza :	44
4.1.1.2 Répartition géographique	45
4.1.1.3 L'impact économique :	45
4.1.2 Biologie du virus :	45
4.1.2.2 Classification du CTV :	45
4.1.2.3 Propriété morphologique :	46
4.1.2.4 Transmission et épidémiologie.....	46
5.1 Les méthodes de détection des maladies des agrumes	53
5.1.1 Les méthodes sérologiques	53
5.1.1.1 Culture directe sur empreinte de tissu–ELISA :	53
5.1.1.2 DAS-ELISA :	54
5.1.1.3 La technique DTBIA (<i>Direct Tissu Blot ImmunoAssay</i>) :	54
5.1.2 Les méthodes moléculaires :	56
Partie	57
Expérimentale	57
Partie expérimentale	58
1. Lieu d'étude.....	58
2. Matériels et Méthodes	58
2.2 la méthode de travail	61
2.2.1. Étude symptomatologique basée sur l'observation visuelle	62
2.2.2 Échantillonnage.....	63
4.1 L'Analyse au laboratoire	64
4.2. Résultats et discussion.....	65
4.4 Membranes avec des empreintes d'échantillons à tester	66
4.5 Le développement de membranes	66

Liste des Figures

Figure 1. Symptômes de la psorose sur bois et feuille	25
Figure 2. Aspect gaufré de feuilles (CVV) Photo/source : Roistacher 2002.....	26
Figure 3. Arbres nains (SDV) Photo/source : Roistacher 2002.....	26
Figure 4. Figure 10. Fruits déformés dus au virus du (SDV) Photo/source Roistacher (1976)	27
Figure 5. Symptômes de cristicortis sur l'écorce, tronc et invaginations des trous sur bois	28
Figure 6. Impietratura sur l'albedo des fruits et symptôme de feuille de chêne sur feuilles Photo/source : Roistacher 2002	28
Figure 7. Symptômes de la concavité gommeuse	29
Figure 8. Symptômes classiques de l'exocortis sur le trifolié	29
Figure 9. Nanisme sévère sur l'oranger Valencia greffé sur trifolié.....	30
Figure 10. Symptômes de Cachexia sur le mandarinier Cléopatra	31
Figure 11. Symptômes de cachexie sur le bois	31
Figure 12. Nanisme induit par le Stubborn	32
Figure 13. Tiges chlorotiques (Stubborn)	32
Figure 14. Marbrure et mosaïque chlorotique sur feuilles d'oranger doux.....	33
Figure 15. Avortement des semences (oranger Valencia).....	33
Figure 16. <i>Symptômes de « Balais de Sorcière » sur tiges et réduction du calibre de fruits</i>	34
Figure 17. Transmission du Greening par les Psylles de Diaphorina citri sur feuilles	34
Figure 18: Cératite (ceratitiscapitata).....	36
Figure 19: Le puceron (Taxopteraaurantii)	37
Figure 20. La cochenille.....	38
Figure 21. Aleurodes (Dialeurodescitri)	38
Figure 22. Acarien (Tetranychusspp)	39
Figure 23. Teigne de l'orange	39
Figure 24. Les nématodes (Tylenchulussemipenetrans)	40
Figure 25. La répartition géographique à l'échelle internationale de la maladie de la tristezza des agrumes (Tahiri,2007).....	44
Figure 26. Répartition géographique de la Tristezza dans le monde (Benidicte et Bachés,2001).	45
Figure 27. Légende A : Particules du CTV, mesure de 10x2.000nm à G x 80000 (Bar-Joseph.1994). .	46
Figure 28. Mode de transmission de CTV, par différentes espèces de puceron et par le greffage (Anonyme,2011).	47
Figure 29. éclaircissement des nervures sur la feuille (Zemzami,2009).	48
Figure 30. Subérification de nervures sur la lime mexicaine (Zemzami 2009).....	48
Figure 31. Déformation sur des feuilles indicatrices sur la lime mexicaine.....	49
Figure 32. symptôme de jaunissement des feuilles (Roistacher, 1991)	49
Figure 33. Symptôme de bois strié sur le tronc	50
Figure 34. Légende A : Symptômes de nid d'abeille ;	50
Figure 35. réduction du calibre des fruits (Navaro,2004)	51
Figure 36. symptôme du Déclin rapide causé par le CTV (Leblanc et al, 2005).....	51
Figure 37. Les différents vergers prospectés de l'Université	58
Figure 38. Photos du verger prospecté de la pépinière d'EL Hadaiak	61
Figure 39. Différents symptômes associés à la Tristezza RoistacheCN (2002)	62
Figure 40. Les échantillons de fruits noués récoltés	64
Figure 41. Membrane de nitrocellulose spécifique au CTV (membrane modèle).	65
Figure 42 membranes avec empreintes de fruits noués (non développées)	66

Introduction

INTRODUCTION :

La culture des agrumes constitue un secteur important dans l'arboriculture fruitière en Algérie venant ainsi en première position en production après la vigne. Au cours de la campagne 2022-2023, la superficie consacrée aux agrumes a atteint 80.000 hectares dont 62% dans la région du centre. Le rendement de la production avait atteint 16 millions qx (Algérie-eco.com, 2024). La production est destinée dans sa totalité à la consommation en frais qui représente 98% de la production. La régression de la culture des agrumes a été le résultat de plusieurs contraintes parmi lesquelles le vieillissement qui touche la majorité des vergers environ 60% du verger dépasse 30 ans d'âge et l'état sanitaire médiocre, ce pendant le problème phytosanitaire était pris au sérieux. La tristeza a été reportée en Algérie il y a plus de 50 ans (Frezal, 1957). Actuellement l'incidence et la distribution de cette maladie sur les vergers agrumicoles algériens ne reste toujours pas connue.

La tristeza étant une maladie qui n'a pas présenté des problèmes pour l'agrumiculture algérienne cependant il existe une politique de gestion et une stratégie de contrôle des maladies de quarantaine évitant toute introduction ou propagation de la maladie sur les vergers agrumicoles algériens.

Les méthodes de diagnostic aux laboratoires sont les techniques sérologiques connues pour la détection de nombreux pathogènes (Elisa, DTBIA) (Bar Joseph et al., 1979 ; Garnsey et al., 1993 ; Cambra et al., 2000 ; D'onghia et al., 2000 ; Djelouah et al., 2001). L'indexage biologique constitue également une technique de diagnostic qui complète le diagnostic au laboratoire (Roistacher, 1991).

En se basant sur les dernières données sur cette maladie en Algérie et vu la signalisation de souches virulentes dans l'Ouest du pays (2019), une prospection et étude symptomatologique basée sur des observations visuelles dans quelques vergers agrumicole appartenant à l'Université et également au niveau d'un verger d'une pépinière horticole feront l'objet de notre étude.

Chapitre1.

Les agrumes en Algérie

Chapitre1. Les agrumes en Algérie

1.1 Localisationdesagrumes

L'Est de Algérie reste une région où les agrumes n'ont pas connu un développement important, plus de la moitié du verger se trouve au centre du pays. Selon les exigences pédo-climatiques des agrumes, ils sont essentiellement localisés dans les zones potentielles comme suit :

- La plaine de la Mitidja : 43%
- Le périmètre de la Minas et Bas-Chélif : 27%
- Le périmètre de Bounamoussa (Annaba) et la plaine Saf-Saf (Skikda) : 10%
- Le périmètre de la Habra (Mascara) : 07% (Kerboua, 2010)

1.2 Superficie, production et rendement

La production d'agrumes a augmenté, durant la saison agricole en cours 2023-2024, atteignant plus de 18 millions de quintaux (soit plus de 1,8 million de tonnes, ndlr), grâce au développement de cette filière, notamment dans les wilayas du sud. Le développement de cette filière par plusieurs wilayas, en tête des quelles El Oued, El Menia et Ouargla, a permis d'augmenter la production nationale d'agrumes à plus de 18 millions de qx, contre 16 millions de quintaux lors de la saison agricole précédente. Les superficies consacrées à la production d'agrumes connaissent une expansion de 5.000 hectares par an ces dernières années.

Les agriculteurs œuvrent à augmenter la production à travers l'adoption de l'agriculture intensive (700 arbustes par hectare), mais cela nécessite de les accompagner par la signature de contrats avec des unités de transformation (production de jus, confitures et matières premières y relatives), avec l'élargissement du réseau de commercialisation et l'ouverture de nouvelles voies d'exportation, notamment vers les pays africains (Algérie-eco.com).

La production des agrumes dans le pays, toutes variétés confondues, avait atteint 16 millions qx lors de la saison 2022/2023 sur une superficie dépassant les 80.000 hectares dont 62% dans la région du Centre. D'après les chiffres avancés l'orange s'est taillée une surface de 54.227 hectares (67,77%), suivie par la clémentine avec 17.263 hectares (21,57%), le citron 5.833 hectares (7,28%) et la mandarine 2.577 hectares (3,22%) (Algérie-eco.com).

Le secteur s'employait au renforcement du partenariat dans le cadre de l'agriculture contractuelle à travers des conventions unissant les différents intervenants en termes de valorisation des produits et de leur commercialisation en Algérie et à l'international.

Des efforts consentis au niveau de cette filière dont les agriculteurs œuvrent à diversifier les variétés destinées à la commercialisation, à la transformation ou encore à l'exportation suivant des plans techniques définis

1.3 Gammevariétale

L'Algérie se distinguait par une diversité climatique qui lui permet de développer la culture des agrumes dans d'autres régions, indiquant que le patrimoine génétique de cette filière comprenait 309 espèces, dont 34 locales et 275 étrangères. L'importance de la banque de gènes qui sera prochainement mise en service cependant il faut davantage d'efforts pour la diversification biologique des agrumes en favorisant la culture d'agrumes saisonniers et tardifs et le retour à l'utilisation des variétés locales connues pour leur résistance aux changements climatiques

2. Les agrumes dans la wilaya de Skikda

La wilaya de Skikda renferme de grandes potentialités de développement dans le domaine arboricole, notamment l'agrumiculture pour laquelle des problèmes techniques et agronomiques sont rencontrés et ce malgré tous les efforts déployés par le ministère de l'agriculture. certaines contraintes qui freinent le développement de l'agrumiculture, entre autres, l'âge avancé de l'espèce, le vieillissement et la décrépitude (La majorité des arbres ont plus de 50ans), c'est le cas des vergers de la vallée de Saf-saf, le niveau de rendement moyen à faible, la faiblesse des ressources hydriques mobilisées, les contraintes techniques, l'itinéraire technique non respecté (absence de fertilisation et la couverture sanitaire, d'où la présence de beaucoup de ravageurs et maladies dans les vergers, ...). L'assainissement et le drainage, là-dessus il y a lieu de signaler l'état défectueux de la majorité des canaux de drainage et des collecteurs principaux qui sont obstrués et envahis par la présence de mauvaises herbes. La vente sur pied contribue également à la dégradation des vergers par négligence de certaines opérations d'entretien.

Selon les données récentes (DSA, 2016), les plantations d'agrumes dans la wilaya de Skikda enregistrent une superficie de 2338,45ha avec prédominance de l'oranger 1486 ha soit 63,55% et le clémentinier 488 ha, 20,87%.

Cependant, la filière agrumicole dans wilaya de Skikda a connu un renouveau. La superficie totale consacrée aux agrumes a augmenté à 3 500 hectares, soit une extension de près de 800 hectares par rapport à la campagne précédente (**Anonyme, 2022**)

- ❑ **Les contraintes techniques** : En général les plantations d'agrumes dans la wilaya de Skikda présentent un itinéraire technique inadéquate : Conduite technique non respectée.
- ⇒ **La Taille** : cette opération n'est pas effectuée ou dès fois si elle est réalisée elle n'est pas réglementée, elle est inadéquate sur l'ensemble du verger (qualité et période).
- ⇒ **Les travaux du sol** : les agrumes occupent souvent des sols lourds, les travaux avec des engins à disques, largement utilisés pendant des décennies, car leurs passages répétés, une couverture excessive de l'angle d'attaque, une vitesse trop grande ainsi que l'absence d'amendements organiques et engrais verts favorisent la formation d'une

nouvelle semelle de labour imperméable (tassement continu du sol) et seules les racines superficielles restent peu à peu fonctionnelles (pas d'aération).

- ⇒ **La fertilisation** : le verger en sol est médiocrement pourvu en éléments nutritifs ou pas d'apports en engrais tout au long de l'année. Donc l'absence de fertilisation (quantité, qualité et période) influe négativement sur le rendement.
 - ⇒ **L'aspect phytosanitaire** : l'absence de traitements phytosanitaires constitue un problème majeur pour le verger et concoure à son affaiblissement car il est exposé aux différentes maladies et ravageurs.
 - ⇒ **La vente sur pied des vergers** : l'absence de restriction réglementaire (absence de l'itinéraire technique : traitement, fertilisations, travaux du sol...) a aggravé la situation des vergers.
 - ⇒ **L'Assainissement et le drainage** : La majorité des canaux de drainage sont anciens et qui se trouvent en nette dégradation. Le réseau de drainage et les collecteurs principaux n'ont pas été entretenus depuis plusieurs années. D'ailleurs des travaux d'assainissement et de drainage doivent être engagés ou relancés sur l'ensemble des bassins agrumicole sur une surface de 30000 ha dont 1950 ha concernant la wilaya de Skikda.
- ❑ **Les contraintes hydriques** : l'une des contraintes fondamentales de l'agrumiculture nationale est constituée par la faiblesse des ressources hydriques mobilisées. Cette situation est aggravée par les pertes importantes d'eau (25 à 30%) occasionnées par l'état défectueux des réseaux de distribution et d'utilisation de techniques d'irrigation gravitaire. À cela s'ajoute le phénomène, le plus contraignant, qui est celui de la réduction du volume d'eau réservé à l'agrumiculture en particulier.

Pour la wilaya de Skikda, la majorité des agrumiculteurs utilisant des puits ou forages.

L'eau qui vient des barrages (zone de-El-Harrouch, Oum-Toub et autres) est utilisée pour les cultures maraichères et industrielles (Tomate) et pour l'industrie (pétrochimie).

En été se pose un problème c'est l'abaissement des nappes phréatique causé par fois la sécheresse (faible pluviométrie en hiver) et pompages de plus en plus importants réalisés.

Une importante perte d'eau due à l'état défectueux des réseaux de distribution et à l'utilisation des techniques gravitaires (estimée à 25-30%).

Cette culture exige, sous une pluviométrie de 600 à 700 mm et même un apport d'eau supplémentaire en période estivale de 600 à 700m³/ha.

Globalement on peut considérer que : 30% du verger dispose de quantités suffisantes d'eau pour la région de Skikda (ITAFV, 2013).

❑ **Contraintes sanitaires**

Nombreuses sont les maladies rencontrées sur nos vergers, tous les symptômes associés aux maladies virales, type viral, à viroïdes, à bactéries, à champignons etc., sont présents, les attaques parasitaires sont multiples de la cochenille, aux acariens aux aleurodes, la mouche et la mineuse, le *phythophtora* est un autre problème rencontré sur les vergers mal drainés, à cela s'ajoute les maladies non parasitaires.

La gestion et le contrôle de maladies sur les agrumes au niveau de la wilaya de Skikda, comme tout en Algérie reste très peu maîtrisé en absence de contrôle rigoureux, manque de sensibilisation des agrumiculteurs vis-à-vis du danger de dissémination, etce, en absence de couverture phytosanitaire adéquate.

L'identification des maladies et ravageurs des agrumes nécessite une bonne prise en charge de la part des institutions scientifiques tels que INPV, CNCC, ITAFV, MADRP, et la profession, ainsi que les agrumiculteurs.

❑ **Sauvegarde du patrimoine agrumicole**

La sauvegarde du patrimoine arboricole figure parmi les préoccupations du Ministère de l'Agriculture. Pour les agrumes, il existe 309 variétés et clones constituant la collection nationale située à la Ferme de Démonstration de Boufarik, il Existe également des collections régionales au niveau des Fermes de Démonstration de Beni-Tamou (Blida), Tessala et Merdja (Alger) et à Skikda. En matière de sauvegarde du patrimoine agrumicole, l'université de Skikda dispose d'une collection variétale très diversifiée et riche en voie de décrépitude et de mauvais état sanitaire et pour laquelle des actions de sauvegarde ont été effectuées avec la collaboration de l'ITAFV E.chiche de Skikda et ce dans le cadre de la sauvegarde du patrimoine arboricole presque toute la collection a été multipliée et sauvegardée au niveau de l'ITAFV de Skikda.

Chapitre 2.

Etude des agrumes

Chapitre2. Etude des agrumes

2.1 Caractères spécifiques des Citrus

Les agrumes sont de petits arbres ou arbustes dont la taille peut varier de 2 à 10 m de haut suivant les espèces. Les agrumes sont hermaphrodites. Les fleurs sont 3 à 5 sépales, 4 à 8 pétales et habituellement 20 à 40 étamines, plus ou moins soudées entre elles à la base par groupe de 3 (Praloran,1971). Leurs feuilles sont persistantes à l'exception du *Poncirus* et leur frondaison est généralement dense. Les fleurs sont généralement blanches, de 4 à 5 pétales, selon les espèces la floraison est en grappe ou en fleur isolée, l'époque de floraison dépend des espèces et du climat (BenedicteetBachés, 2011).

2.2 Classification botanique

Le genre *Citrus* regroupe la plupart des espèces d'agrumes cultivés et renferme, suivant les taxonomistes, entre seize (Swingle et Reece, 1967) et cent cinquante-six espèces (Tanaka,1961). Récemment, une nouvelle proposition de taxonomie des agrumes a été suggérée par Mabberley (1997), dans laquelle la notion de fertilité de croisements est mieux respectée que celle des deux précédentes, elle regroupe ainsi six genres des agrumes vrais, *Poncirus*, *Fortunelle*, *Citrus*, *Eremocitrus*, *Microcitrus* et *Clymenia*, sous une seule dénomination de genre : *Citrus* (Luro et al., 2013) in Jacquemond C. (2013). Les principaux genres cultivés sont :

- Le genre *Fortunella* : petits fruits qui se mangent avec la peau (Kumquat), deux variétés sont connues dans ce genre : *Fortunella japonica* (T) Kumquat rond, *Fortunella margarita* (L) Kumquat ovale.
- Le genre *Poncirus* : ils sont utilisés comme porte-greffes (fruits non comestibles) *Poncirus trifolia* (L).
- Le genre *Citrus* Linné : toutes les autres espèces d'agrumes (16 espèces dont chacune contient plusieurs variétés ou cultivars).

D'après Swingle et Reece (1967), la Position systématique des agrumes est la suivante :

- ❖ Règne : *Végétal*
- ❖ Embranchement : *Spermaphytes*
- ❖ Sous-embranchement : *Angiospermes*
- ❖ Classe : *Eudicotylédones*
- ❖ Ordre : *Rutales*
- ❖ Sous-classe : *Rosidées*
- ❖ Famille : *Rutaceae*
- ❖ Genres : *Poncirus, Fortunella, Citrus* (sexuellement compatibles entre eux).

2.2.1 Variétés des Citrus

Parmi les principales espèces et variétés cultivées en région méditerranéenne (Loussert, 1987) :

- **Les orangiers** : l'orangier doux (*Citrus Sinensis*), est l'espèce du genre Citrus la plus importante, tant par le nombre de variétés qu'elle renferme, que par l'importance des productions. Les fruits sont très différents ce qui permet de les classer en quatre groupes :
 - Les oranges blondes Navel
 - Les oranges blondes
 - Les oranges sanguines
 - Les oranges sans acidité
- **Le mandarinier (*Citrus nobilis*)** : constitue un groupe d'espèces que l'on peut différencier comme suit :
 - Les mandariniers Satsuma (*Citrus unshiu*)
 - Les mandariniers Communs (*Citrus deliciosa*)
 - Les clémentiniers (*Citrus clémentina*)
 - Et les autres mandariniers (*Citrus reticulata*) et les hybrides.
- **Les citronniers** : les principales variétés cultivées sont : Eureka, Lisbonne, Verna et Femminello ovale
- **Les pomelos** : les principales variétés cultivées en méditerranée sont : Marsh seedless, Duncan, Ruby et Shambar
- **Le Cédrotier** : deux principales variétés cultivées sont : le cédrat de Corse à pulpe douce et le cédrat Diamante à pulpe acide.

2.2.2 Conditions agro-climatiques de croissance des agrumes

Les agrumes prospèrent bien dans un sol de consistance moyenne, ayant une perméabilité suffisante, car l'excès d'eau provoque la gommose, le pourridié et l'asphyxie radiculaire. La précocité est améliorée dans les sols légers. Avec un sol argileux, les racines ont du mal à se développer et les fruits ont une peau plus épaisse. Il faut éviter de planter les agrumes dans une terre où la nappe phréatique est à faible profondeur (2 à 3 mètres), surtout si le verger est situé dans une cuvette (DeRavel d'Esclapen, 1984)

2.2.3 La croissance des agrumes

Les températures moyennes favorables à la culture des agrumes sont de l'ordre de 10 à 12°C pour l'hiver et 22 à 24°C en été, quant au printemps, les températures inférieures à plus de 12°C peuvent entraver la formation du fruit suite à une mauvaise pollinisation et fécondation due à la faible activité des insectes (Loussert, 1987).

Selon Blondel (1959), l'humidité excessive de l'air ambiant et le vent sont deux facteurs non négligeables qui peuvent parfois en dommer non seulement la production mais également l'arbre. Les zones exposées aux gelées et mal ventilées, comme les bas-fonds, doivent absolument être évitées. L'hygrométrie est un facteur important à prendre en considération car l'excès d'hygrométrie favorise le développement des maladies fongiques et bactériennes, ce qui implique une surveillance redoublée et des soins constants pour protéger les arbres et leurs fruits (Jacquemon et al. 2013).

2.2.4 Les étapes de la vie d'un verger d'agrumes

La vie d'un verger d'agrumes débute à la plantation des scions issus de pépinière. Schématiquement, elle comprend cinq phases correspondant à des périodes plus ou moins longues et d'intérêt très différent pour l'arboriculteur. D'après Loussert (1987), les étapes de la vie d'un verger passent par plusieurs périodes :

Période d'élevage en pépinière : Cette période dure de 12 à 36 mois et se déroule en pépinière. Cette phase est improductive ; néanmoins, les arbres nécessitent des soins attentifs (fumure, irrigation, taille de formation, traitements phytosanitaires, etc...).

- ❑ Phase d'entrée en production : La mise à fruit devient progressivement plus importante selon les espèces et variétés, mais aussi en rapport avec les techniques mises en œuvre par l'agrumiculteur.
- ❑ Phase de pleine production : Lorsque le niveau des rendements permet de compenser les frais annuels, le verger est dit "en production". La durée de cette phase ne dépasse guère une vingtaine d'années.
- ❑ Phase de vieillissement et de décrépitude : Les productions des arbres, dont ils sont en place depuis 30 à 40 ans, vont progressivement diminuer. La pratique de certaines techniques culturales (sous-solage, taille de rajeunissement, fumure, etc.) dans une certaine mesure, peut redonner un "coup de fouet" à la végétation.

2.2.5 Les différents porte-greffes cultivés

Les agrumes présentent une très grande diversité de porte-greffe, mais le choix du porte-greffetient compte du pouvoir d'adaptation de ce dernier aux conditions édaphiques, ainsi que sarésistance aux différentes maladies. Selon Aubert et Vullin (1997), les porte-greffes des agrumes conventionnels sont les suivants :

1. Citrusaurantium (Bigaradier) ou orangier amer :il s'agit du porte-greffe le plus anciennement utilisé en raison des a résistance à la gommose à Phytophthora, mais sensibleaux nématodes notamment ceux du type Tylenchulus semi pénétrant malheureusement il présente des associations très sensibles du virus del a tristeza.
2. Poncirus trifoliata(trifolié) : Ceporte-greffe forme des associations tolérantes à la tristeza.
3. Citrangetroyer : Le citrange troyer forme des associations tolérantes à la tristeza Ce porte-greffe est assez résistant à la gommose à Phytophthora.
4. Citrange carrizo : Le citrangeparrizo est semblable au citrange troyer. Il donne des associations tolérantes à la tristeza.
5. Mandarine Cléopâtre : ou Citrus réticulata blanco : Ce porte-greffe est utilisé pour satolérance à la cachexie-xyloporoseet à l'exocortis. Il donne également desassociationstolérantesàlatristeza.
6. Citrus volkameriana : Ce porte-greffe résiste correctement à la gommose à Phytophthora Il donne des associations tolérantes à la tristeza à l'exocortis, à la cachéxie-xyloporeuse, mais sensibleau blight.
7. Citrus macrophylla : Ce porte-greffepeut être recommandé depréférence pour les citronniers et les limetiers à gros fruits, dans les régions indemnes detristeza. Il est sensible à la tristeza et la cachexie-xyloporose, tolérant à la gommose à Phytophthora.
8. Poncirus Flying-dragon : C'est un porte-greffe appartenant à l'espèce Poncirus trifoliata. Il est résistant à la tristeza et à la gommose à Phytophthora. Il est sensible à l'exocortis mais tolérant aux nématodes.
9. Les Citrumelos : issus du croisement Citrus paradisiX Poncirus trifoliata : Une longue série d'observation a conduit à préférer les citrumelos comme porte-greffe des pomelos, notamment la sélection Swingle, ou 447, tolérante à la tristeza. Ce porte greffe montre une certaine sensibilité au sel, il peut convenir pour l'orangier et le mandarinier.

**Chapitre 3.
Les maladies et
ravageurs des
agrumes**

LES PRINCIPALES MALADIES TRANSMISSIBLES PAR GREFFAGE DES AGRUMES

Selon Roistacher (1998) les maladies transmises par greffage sur agrumes (tab.....), connues depuis plus de 40 ans, sont complexes et diversifiées et sont regroupées comme suit :

- **Maladies virales :** Tristeza (*CTV*), Psorosis (*CPsV*), Citrus Satsuma dwarf (*SDV*), Citrus Vein enation (*CVEV*), Citrus Leprosis (*CLPV*), Variegation (*CVV*), Citrus Leaf blotch (*CLBV*),
- **Maladies à agents non identifiés dites de type viral :** sont représentées par le complexe OLP (*Ock leaf pattern*), incluant le cristacortis, l'impieptratura, la convavité gommeuse et le Citrus Chlorotic dwarf (*CCD*)
- **Maladies à Viroides et de type viroïde :** Cachexia, Exocortis, Kassala disease, Gummy bark.
- **Maladies à bactéries endogènes (agents prokaryotes limités au phloème) :** la maladie du balai de sorcière (*Witche's broom lime disease*), le Stubborn et la chlorose variéguée.
- **Maladies à étiologie inconnue :** Citrus Sudden Death (*CSD*), Blight.

Tableau 3. Principales maladies transmises par greffage des agrumes (Roistacher, 1998)

Groupe	Maladies	Mode de transmission			Pathogène
		Greffage	Vecteur	Trans.mécanique	
Procaryote					
	Greening	+	+	-	<i>Candi. liberobacter sp.</i>
	Stubborn	+	+	-	<i>Spiroplasma citri</i>
	Withces' broom	+	+	-	<i>Cand. Phytoplasma aurantifolia</i>
	Chlorose variéguée				<i>Xylella fastidiosa</i>
Virus					
	Tristeza	+	+	-	Virus (<i>CTV</i>)
	Vein enation	+	+	-	Virus (<i>CVEV</i>)
	Psorose	-	+	+*	Virus (<i>CPsV</i>)
	Ring spot	+	N	+	Virus (<i>CPsV</i>)
	Panachure infectieuse	+	-	+	Virus (<i>CVV</i>)
	Satsuma Dwarf		N	+	Virus (<i>SDV</i>)
	Tatter leaf	+	-	+	Virus (<i>CTLV</i>)
		+			

Probable virus				
Concavité gommeuse	+	-	-	Virus Probable
Impietratura	+	-	-	Virus Probable
Cristacortis	+	-	-	Virus ou viroïde Probable
Viroides Exocortis	+	-	+	Viroïde (<i>CEVd</i>)
Cachexie	+	-	+	Viroïde (<i>HSVd</i>)
Gommy bark	+	-	-	Viroïde similaire
Miscellaneous Blight	+	n	-	Inconnu
Declino	+	n	-	Inconnu
Fruta bolita	N	n	-	Inconnu
Abnormal bud-union	+	-	-	Inconnu

+ : Positif ; - : Négatif ; n : inconnue* : certaines souches de la psorose ont été transmises mécaniquement

À travers notre recherche bibliographique nous allons illustrer les plus importantes maladies connues sur les agrumes.

3.1 Les maladies virales

La tristeza des agrumes (CTV) *Citrus tristeza virus* Le *CTV*, apparemment originaire d'Asie, a été disséminé dans tous les grands bassins agrumicoles mondiaux par des échanges internationaux de matériel végétal contaminé. La transmission mécanique par taille est plus rare étant donné la grande dimension du virus. (Leblanc et al., 1998). Le *Citrus tristeza virus (CTV)* représente le pathogène le plus économiquement important pour les agrumes (Lee et Bar-Joseph, 2000).

La Psorose écaïlleuse (CPsV) *Citrus psorosis virus*, cette maladie originaire d'Orient est maintenant rapportée dans tous les pays agrumicoles (D'Onghia et Lacirignola, 1997). Elle se traduit par un écaïllement spectaculaire de l'écorce du tronc et des branches (Fig.7), des orangiers, des mandariniers, des clémentiniers, des tangelos et des pomelos. Il existe deux formes de la psorose, une forme sévère (psorose B) et une forme moins sévère (psorose A). Récemment, à la suite des études faites par Derrick et al., 1993 (USA), Milne et al., 1996 (Italie), que le virus est purifié et sa nature précise est reconnue. Le terme « *Ophiovirus* » a été retenu par le Comité International de Taxonomie des Virus (ICTV). La psorose A et la psorose B seraient dues à des souches différentes de virus.



1/ Photo/source: Moreno in Roistacher 2002



2/ Photo/source: Roistacher 2002



3/Photo/source: Roistacher 2002



4/ Photo/source : Klotz in Roistacher 2002

1 et 2 / Craquellement de l'écorce (Psorose) ; 3/*Imprégnation de gomme sur le bois* ;

4/ Taches annulaires (ringspot) sur feuille du pamplemoussier

Figure 1. Symptômes de la psorose sur bois et feuille

La panachure infectieuse (CVV) Citrus variegation virus (Ilarvirus), la maladie a été signalée particulièrement dans le bassin Méditerranéen, affectant sérieusement le citronnier, le mandarinier. Cette maladie se trouve provoquée par deux souches différentes d'un même virus appartenant au genre Ilarvirus (Bové, 1995). Selon les souches virales deux formes sont connues :

- La frisolée ou Crinckly leaf : connue pour produire un gaufrage et une déformation du limbe des feuilles.
- La panachure infectieuse : cause des déformations considérables du feuillage au niveau la nervure centrale.



**Figure 2. Aspect gaufré de feuilles (CVV)
Photo/source : Roistacher 2002**

Le nanisme du Satsuma (SDV) Satsuma dwarf virus (Nepovirus)

Cette maladie est à distribution mondiale. Elle a été observée au début au Japon, puis dans d'autres zones, spécialement en Chine, et en Turquie. Selon Roistacher (2002), la maladie est connue depuis le début du 20^{ième} siècle. Le nanisme de Satsuma est sérologiquement apparenté au virus de la mosaïque du concombre (CMV). Les symptômes au champ sont des rabougrissements et nanisme des arbres, des feuilles en forme de cuillère, avec des fruits déformés (Fig.3 et 4).



Figure 3. Arbres nains (SDV) Photo/source : Roistacher 2002



**Figure 4. Figure 10. Fruits déformés dus au virus du (SDV)
Photo/source Roistacher (1976)**

Tatter leaf (*CTLV*), Citrus tatter leaf virus (*Capillovirus*)

La maladie du tatter leaf (*CTLV*) des agrumes, induite par citrus tatter leaf virus, a été premièrement décrite par Wallace and Drake (1962) comme maladie transmissible causant des marbrures et tattering des marges des feuilles sur le semis de l'indicateur *Citrus excelsa*, d'où le nom « tatter leaf ». Calavan et al. (1963) ont été les premiers à montrer la destruction potentielle de cette maladie sur le porte-greffe citrange si on inocule par greffage des tissus infectés par le *CTLV* sur le mandarinier satsuma greffé sur Troyer citrange.

3.2 Les maladies de type viral

Ces maladies dont l'agent pathogène n'a pas encore été identifié constituent un groupe de maladies dont la détection repose seulement sur l'indexage biologique en utilisant des semis de l'oranger doux ou *Dweet tangor* (Roistacher, 1991).

Cristacortis

Le cristacortis (Fig.) comme l'impetratura et la concavité gommeuse sont retrouvées en région Méditerranéennes (Algérie, Corse, Italie, Maroc et l'Espagne (Roistacher, 2002 & 1991). La propagation par greffage est le seul mode de transmission reconnu jusqu'ici. Le cristacortis est souvent trouvé sur le bigaradier et rarement sur l'oranger doux et le mandarinier (Roistacher, 1991).



Figure 5. Symptômes de cristacortis sur l'écorce, tronc et invaginations des trous sur bois
Photo/source : Vogel in Roistacher 2002

Impietratura

Cette maladie est distribuée à travers le monde et est surtout localisée au niveau des régions Méditerranéennes (Europe et Afrique du Nord). Elle est caractérisée par la dureté des fruits, leur petite taille et la présence de gomme dans leur albedo (Fig.6) (Bové et Duran-Vila, 2013). Jusqu'à présent le greffage est le seul moyen connu de propagation de l'impietratura (Praloran, 1971).

Concavité gommeuse

La maladie est distribuée à travers le monde mais avec plus de concentration au niveau de la région méditerranéenne. La maladie est caractérisée par de profondes dépressions concaves plus ou moins larges sur tronc et branches (Fig.7). La transmission par greffe sur des plantes de mandarinier ou semis de l'oranger doux, est la seule méthode de détection, (Roistacher, 2002).



Figure 6. Impietratura sur l'albedo des fruits et symptôme de feuille de chêne sur feuilles
Photo/source : Roistacher 2002



**Figure 7. Symptômes de la concavité gommeuse
Imprégnation de gomme sur les branches (Corse)
Photo/source : Roistacher, 2002.**

3.3 Les viroides

L'exocortis

La maladie est probablement présente dans plusieurs pays agrumicoles. Les principales variétés commerciales d'agrumes sont tolérantes à l'agent d'exocortis, certains porte-greffes en revanche sont sensibles et manifestent des symptômes, c'est le cas du *Poncirus trifoliata*, les Citrumelos, la lime Ranpur, la lime douce etc (Roistacher,2002). La technique d'indexation biologique a toujours été utilisée pour la détection de l'exocortis sur le Cedratier Etrog (Bové et Duran-Vila, 2013). Le viroïde peut être transmis mécaniquement par des outils de taille d'arbre en arbre. Les symptômes classiques de l'exocortis sont présentés par un sévère craquèlement d'écorce sur le trifolié ou le Rangpur lime accompagnés par divers degrés de nanisme induit sur de l'arbre (Fig.9).

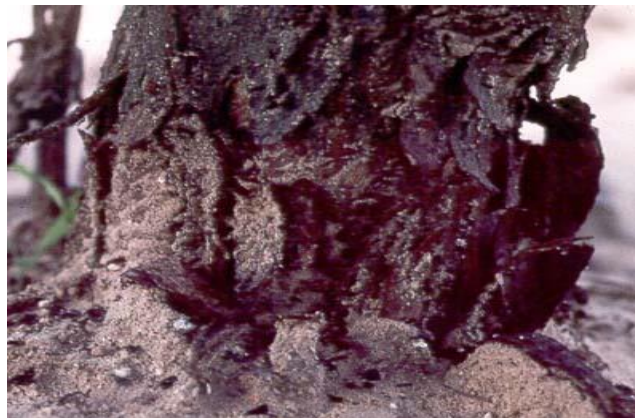


Figure 8. Symptômes classiques de l'exocortis sur le trifolié

Photo/source: Roistacher, 2002



Figure 9. Nanisme sévère sur l'orangier Valencia greffé sur trifolié

Photo/source : Roistacher, 2002

La cachexie-xyloporose

La maladie de la cachexie a été prouvée par (Semancik et al.1988), qu'elle est causée par un viroïde. La cachexie est bien distribuée sur les agrumes dans le monde entier car elle est asymptomatique sur orangier doux ou pamplemoussier greffé sur le bigaradier, le citrange ou le trifolié. Les symptômes de cette maladie concernent des chloroses et nanisme des plants, le mandarinier très sensible à la cachexie, des symptômes de présence de trous sur le bois avec des protubérances sur l'écorce et de la gomme (Fig.10 et 11). La Cachexie est premièrement attribuée aux mandariniers et ses hybrides (Roistacher, 2002).



Figure 10. Symptômes de Cachexia sur le mandarinier Cléopatra

Photo/source: Roistacher,2002



Figure 11. Symptômes de cachexie sur le bois

Photo/source : Roistacher, 2002

3.4 Les procaryotes limités au phloème

Le subborn (*St Spiroplasma citri*)

La maladie est causée par *Spiroplasma citri*, le nom "acorn disease" a été également donné à cette maladie à cause des fruits déformés en forme de gland (Brown, 1992). (Igwegbe et Calavan (1970) et Le Fleshe et Bové (1970) ont découvert des organismes mycoplasmatiques dans les cellules du phloème de

plants d'orangers doux infectés. Saglio et al. (1973) a nommé le nouvel organisme *Spiroplasma citri*.

La cicadelle de la betterave *Neoliturus* (Circulifer) *tenellus* et *Scaphytopius nitridus* ont été découverts comme les premiers vecteurs du Stubborn en Californie Ing Ming Lee et al., (1973). La cicadelle *N. haematoceps* est peu être le vecteur primaire dans tous les pays du proche orient (Bové, 1995 ; Fos et al. 1986 ; Kersting et al., 1993). La maladie du stubborn peut être retrouvée dans la plupart des pays agrumicoles des régions arides et semi arides.



Figure 12. Nanisme induit par le Stubborn

Photo/source : Roistacher 2002



Figure 13. Tiges chlorotiques (Stubborn)

Photo/source Lee in Roistacher 2002



Figure 14. Marbrure et mosaïque chlorotique sur feuilles d'oranger doux

Photo/source : Roistacher,2002



Figure 15. Avortement des semences (oranger Valencia)

Photo/source : Roistacher, 2002

Le balai de sorcière (WBDL) *Witches' broom disease of lime*

La maladie du *Witches' broom disease of lime* (WBDL) : la maladie est rapportée d'abord par Bové en 1986 au Sultanat d'Oman. La maladie est causée par un phytoplasme (*Phytoplasma aurantifolia*). Le phytoplasme a pu être transmis par Garnier et al. 1991 à la pervenche (*Catharanthus roseus*) par l'intermédiaire de la cuscute. Ce sont les pervenches qui ont fourni du matériel végétal à partir duquel le phytoplasme, non disponible en culture, a pu être caractérisé (Bové et Duran-Vila, 2013).

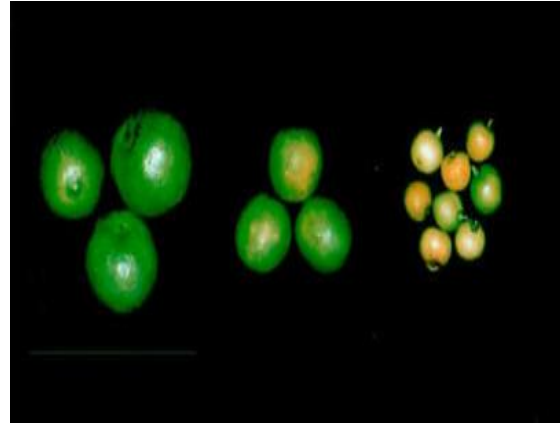


Figure 16. Symptômes de « Balais de Sorcière » sur tiges et réduction du calibre de fruits

Photo/source : Al-Zadjali in Roistacher 2002

Huanglongbing ou le Greening (HLB) maladie des pousses jeunes

Le Huanglongbing (HLB) est une maladie très redoutable et destructrice des agrumes et est due à une bactérie *Candidatus liberobacter* qui infecte presque tous les hybrides, cultivars et espèces d'agrumes selon le mode persistant par deux psylles : *Trioza erytreae* qui vit en Afrique et est associé à la forme africaine, et *Diaphorina citri* (Fig.17), qui est plus adaptée aux climats humides et chauds vit en Asie (Roistacher, 2002).



Figure 17. Transmission du Greening par les Psylles de *Diaphorina citri* sur feuilles

Photo/source: Roistacher and Teerapan Tantiwa in Roistacher 2002

3.5 Les maladies cryptogamiques

Plusieurs espèces de *Phytophthora* sont pathogènes pour les agrumes. Les plus fréquentes sont : *P. parasitica*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* et *P. citricola*.

Les *Phytophthora* : Les *Phytophthora spp* sont des Oomycètes du sol qui peuvent s'attaquer aux différents organes de la plante : les racines, les branches, le tronc mais également les fruits. Différents symptômes peuvent être observés à savoir, des plages d'écorce morte, des exsudations de gomme, une coloration brune du bois.

La gommose parasitaire (Dégâts sur tronc, racines et branches) Cette maladie est favorisée par les sols asphyxiants, par une humidité excessive, par un excès de plaies de tailles non mastiquées, les symptômes peuvent être des plages d'écorce morte, des exsudations de gomme, une coloration brune du bois

La pourriture brune Dégâts sur fruits (pourriture brune une plage brune sur fruit, qui ramollit et entraîne la chute précoce et la pourriture définitive des agrumes. Les méthodes de lutte sont préventives ou curatives.

D'autres maladies sont citées telles que le Scab, la mélanose, le Greasy spot, la fumagine et le pourridié sont des maladies cryptogamiques que l'on rencontre assez fréquemment sur agrumes mais elles sont beaucoup moins redoutables que les maladies à virus ou les *Phytophthora* (Cirad,2016).[agrume-ft-itineraire-culture-maladies-ravageurs-polynesieFrancaise_sdr-cirad-agap-inra_2016](#)

3.6 Les principaux ravageurs des agrumes

Les mouches des fruits : les mouches des fruits sont des insectes nuisibles dont les larves appelées asticots infestent et se nourrissent de la chair des fruits. Elles causent des dégâts considérables entraînant un grave préjudice économique aux agriculteurs.

D'une manière générale, la meilleure stratégie pour contrôler les populations de mouches des fruits repose sur l'observation des infestations au champ. Si le seuil d'infestation (piégeage) est important, il est nécessaire de réaliser des traitements soit localisés soit généralisés.

Cératite(*ceratitiscapitata*)

(Mouche méditerranéenne des fruits) Est considérée comme étant l'insecte le plus redoutable sur les agrumes, l'adulte est une mouche de 4 à 5 mm de long, de corps jaune, marqué de tache, durant sa vie, la femelle peut produire 300 à 1000 œufs. Les fruits attaqués présentent en général une zone de décoloration. Souvent, l'attaque se traduit par le mûrissement précoce puis la chute des fruits.

- Organes attaqués : fruits
- Cycle annuel : 1 ou 2 générations
- Dégâts sur l'arbre : Dépréciation des fruits
- Lutte : Chimique : pesticide à base de diméthoate, trichlofen



Figure 18: Cératite(*ceratitiscapitata*)

Le Phytopte (*Phyllocoptruta oleivora* Ashmead) : ces minuscules acariens sont caractérisés par une forme conique et 2 paires de pattes. De coloration jaunâtre ils forment une mince pellicule farineuse à la surface du fruit. Les dégâts sont effectués très tôt dès la nouaison des fruits et se caractérisent ensuite par un brunissement du fruit pour les oranges et les mandarines et un aspect plus argenté pour les limes et pamplemousses

Les pucerons : De nombreuses espèces de pucerons peuvent s'attaquer aux agrumes. Le plus dangereux est le *Toxoptera citricida* Kirkaldy (puceron brun des Citrus) car il est le vecteur le plus efficace de la maladie de la Tristeza.

Les autres pucerons les plus courants sont : *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe (puceron noir des citrus) et *Aphis gossipii* Glover (Puceron du melon). Les attaques se situent surtout sur les jeunes feuilles, au moment des poussées végétatives. Les adultes sucent la sève et entraînent des déformations avec cloques et enroulements caractéristiques des feuilles et jeunes pousses.

Le puceron (*Toxoptera aurantii*) :

Ils apparaissent le plus souvent sur la face inférieure des feuilles et sur les jeunes pousses des

agrumes. Sous leur action, les jeunes pousses s'enroulent, puis la partie la plus tendre des feuilles prend une forme incurvée. On observe également une sécrétion d'exsudat ou miellat sur le quel se développe la fumagine.

- Organes attaqués : Feuilles, fleurs et pousse
- Cycle annuel : Plusieurs générations
- Dégâts sur l'arbre : Enroulement des jeunes pousses, jeunes rameaux prend une forme incurvée
- Lutte : Biologique : les coccinelles
- Chimique : pesticide à base de Piriamicarbre



Figure 19: Le puceron (*Taxoptera aurantii*)

Les mineuses (*Phyllocnistis*) : s'attaque principalement aux agrumes, notamm

Les cochenilles et Aleurodes

De très nombreuses cochenilles ou aleurodes peuvent attaquer les agrumes.

Les cochenilles sont de petits organismes collés sur les feuilles ou les fruits et protégés par un bouclier qui rend les traitements difficiles. Les aleurodes ou mouches blanches ressemblent à de petites mouches d'un blanc lumineux qui vivent sur les feuilles en colonies importantes formant des feutrages blancs très caractéristiques. Les attaques de ces ravageurs sont souvent accompagnées par un développement de fumagine noire.

La lutte contre ces deux ravageurs est effectuée à base d'huiles blanches aux quelles on pourra ajouter un insecticide.

- 1. Cochenille (*Saisstia oleae*)** La cochenille est très polyphage. On la retrouve sur un grand nombre de plantes sauvages et cultivées ; particulièrement sur agrumes. La cochenille secrète sur les fruits, le feuillage et les rameaux un abondant miellat qui provoque une apparition massive de fumagine aggravant encore les dommages. Les fruits abritant des cochenilles et portant les traces de fumagine perdent sensiblement leur valeur commerciale.

- Organes attaqués : les feuilles
- Cycle annuel : plusieurs générations
- Dégâts sur l'arbre : Affaiblissement de l'arbre, pouvant avec certaine espèce provoquer la mort et la chute totale des fruits
- Lutte : lutte biologique-Metaphycus-Novius cardinalis chimique



Figure 20. La cochenille

2. Aleurodes (Dialeurodescitri) :

Provoque l'exsudation de miellat sur les feuilles qui se couvrent de fumagine créant un écran en travaillant l'élaboration de la chlorophylle (la photosynthèse).

- Organes attaqués : Feuilles et fleurs
- Cycle annuel : 2 à 5 ans
- Dégâts sur l'arbre : Affaiblissement des jeunes arbres, sécrétion du méallat qui favorise l'installation des fumagines
- Lutte : biologique : Calesnoaki-chimique : huile blanche pétrole



Figure 21. Aleurodes (Dialeurodescitri)

3. Acarien (*Tetranychusspp*)

Ils causent la déformation, décoloration, nécroses et chutes des bourgeons, des fruits et desfeuilles.

- Organes attaqués : Feuilles, fruits et bourgeons
- Cycle annuel : Plusieurs générations
- Dégâts sur l'arbre : Déformation des rameaux, gaufrages des feuilles puis desfruits
- Lutte : Acaricide



Figure 22.Acarien (*Tetranychusspp*)

4. **Teignedel'orange** : Il se nourrit de substances sucrées et est actif au crépuscule. Les larves creusent des trous d'environ 1 mm de diamètre dans les fruits, entraînant des dégâts tels que la chute prématurée des fruits et des points d'entrée pour d'autres maladies et ravageurs.

- Organes attaqués : Fleurs et jeunes fruits
- Cycle annuel : Une seule génération
- Dégâts sur l'arbre : Dévore l'intérieur des boutons floraux, dévore l'intérieur desjeunesfruits
- Lutte : Un produit à base de *Bacillus thuringiensis*



Figure 23.Teigne de l'orange

Les coléoptères : Dans ce groupe très important se trouvent de très nombreuses espèces qui peuvent occasionner des dégâts sur les feuilles (jeunes le plus souvent) des agrumes (Scarabées chinois, cétoines...). Ils sont souvent difficiles à voir le jour car ils se nourrissent préférentiellement la nuit. Si les attaques ne sont pas trop importantes on évitera de traiter pour conserver les équilibres biologiques (Cirad, 2016).

Les nématodes (Tylenchulus semipenetrans) :

Ce sont des vers microscopiques qui vivent dans le sol et qui attaquent les racines. Ils causent de graves dommages qui se traduisent par un jaunissement des feuilles. La lutte exige l'emploi de porte greffe résistant et des traitements sous forme de fumigants.

- Organes attaqués : Racine et tronc
- Dégâts sur l'arbre : Baisse de la vigueur de l'arbre, jaunissement des feuilles
- Lutte : Emploi de P/Grésistants
- Chimique : fumigant du sol

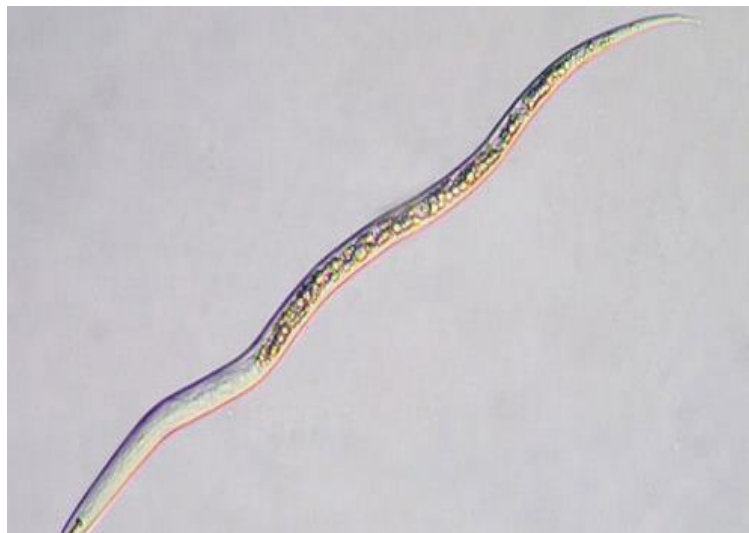


Figure 24. Les nématodes (Tylenchulus semipenetrans)

Les maladies abiotiques

Les Causes climatiques Des Maladies

- La température

Les agrumes sont considérés comme des arbres de climat chaud (I.T.A.F, 1995), donc ce sont des espèces subtropicales qui se développent dans des zones où le gel est absent. Selon Loussert (1987), les températures moyennes favorables à la culture des

Citrus sont de l'ordre de : 10 à 12°C pour les moyennes hivernales 22 à 24°C pour les moyennes estivales Au delà de 40°C, peut occasionner des brûlures sur les feuilles et les fruits.

- La pluviométrie

Les agrumes comptent parmi les arbres fruitiers les plus exigeants quant à la quantité de pluies annuelles Les agrumes ont besoin d'environ 7000 m³ d'eau par an. Une trop grande quantité de pluie pendant la floraison et la fructification a un effet néfaste sur la production.

- L'humidité

L'humidité de l'air est un facteur non négligeable, qui peut dans certaines circonstances endommager la production.

Selon Rebour (1966), un excès d'humidité provoque l'attaque des champignons, dans le cas inverse ou l'humidité est faible, peut être amplifiée par les vents chauds desséchants provoquant des brûlures sur les feuilles et sur les fruits.

- Le vent

Par son action mécanique peut provoquer indirectement des blessures sur les fruits (par frottement Ou par transport des grains de sable). Ces effets sont responsables de certaines altérations de l'écorce des fruits les rendant impropre à l'exportation, les vents souvent violents qui accompagnent les pluies orageuses automne peuvent provoquer des chutes de fruits importantes.

Les mandariniers, les clémentiniers et l'oranger Hamlin se montrent particulièrement sensibles au vent, les pertes de production peuvent être très élevées (Loussert, 1987).

- Les gelées

Les agrumes craignent les gelées printanières et gelées tardives d'hiver coïncidant avec les stades critiques (floraison, maturité des fruits de certaines variétés de clémentiniers et mandariniers) A des températures inférieures à -1 et -2°C, des dégâts se manifestent sur les fruits tandis qu'à des températures inférieures à -3 et -4°C des dégâts sur les parties aériennes apparaissent et en dessous de -8°C l'arbre dépérit.

3.2.1.1 Les Causes édaphiques des Maladies

- Le sol

D'après Loussert(1987), le sol joue le rôle de fournisseur et de réserve des principaux éléments (eaux et sels minéraux) qu'il renferme et que l'agrumiculteur apporte sous forme d'eau et d'engrais, donc le sol est un support de l'arbre, Loussert (1987), souligne que la granulométrie d'un sol favorable aux agrumes doit se rapprocher des normes suivantes :

Tableau 1 : Caractères du bon sol Agrumicole

Elément de latextures	D'aprèsRebour(Algeri e)	D'aprèsHerrero(Espagne)
Argile	5 à10 %	15 à20 %
Limon	20 %	15 à20 %
Sablefin	20 %	20 à30 %
Sablegrossier	50 %	30 à50 %

- Le PH

Les agrumes préfèrent les sols à PH neutre ou légèrement acide.

Malheureusement, dans les régions méditerranéennes, les PH sont souvent supérieurs à 7,5 ce phénomène se traduit par des antagonismes entre les oligo éléments qui se manifestent par des carences surtout en Fer, Magnésium et en Cuivre (Loussert,1987).

- Le calcaire actif

Des teneurs en calcaire actif supérieures à 8-10% peuvent induire des carences alimentaires (ce calcaire du sol bloque l'assimilation de certains éléments)

Porte-greffe poncirus trifoliata, et à moindre effet, ses hybrides les citranges, sont sensibles à tout excès de calcaire actif. Par contre les porte greffe Bigaradier Mandarinier, Cleopatre semble présenter une meilleure tolérance à ce calcaire (Sayah,2000).

Chapitre 4. Etude de la tristeza

Chapitre 4. Etude de la tristeza

4.1 Étude de tristeza :

Généralités et Historique :

La Tristeza est appelée communément "quick déclin", est cela est dû à la mort rapide des arbres attaqués (Bové et Garnier, 1983). Entre 1930 et 1940, cette épidémie a touché les arbres greffés sur bigaradier en Amérique du sud (Bové et Vogel, 1964) et en Amérique du Nord par l'importation de portes greffes des agrumes en Floride en 1950 et en Californie en 1939 (McClellan, 1975 ; Fang,1998).

Le Citrus Tristeza Virus (CTV) est une espèce virale du genre Closterovirus qui provoque la maladie la plus économiquement dommageable pour son homonyme, le genre Citrus. La maladie a entraîné la mort de millions d'arbres d'agrumes dans le monde entier et a rendu des millions d'autres inutiles pour la production (Lee, Richard F. (2015). "Chapter Five- Control of Virus Diseases of Citrus". Advances in Virus Research. 92 : 143–173.) les agriculteurs au Brésil et dans d'autres pays d'Amérique du Sud lui ont donné le nom de "tristeza", signifiant "tristesse" en portugais et en espagnol, en référence à la dévastation provoquée par la maladie dans les années 1930. Le virus est transmis de manière très efficace par le puceron brun des agrumes.

Selon l'OEPP, près de 87 pays producteurs d'agrumes sont déclarés contaminés par le CTV (Anonyme, 2002). Fig 25.

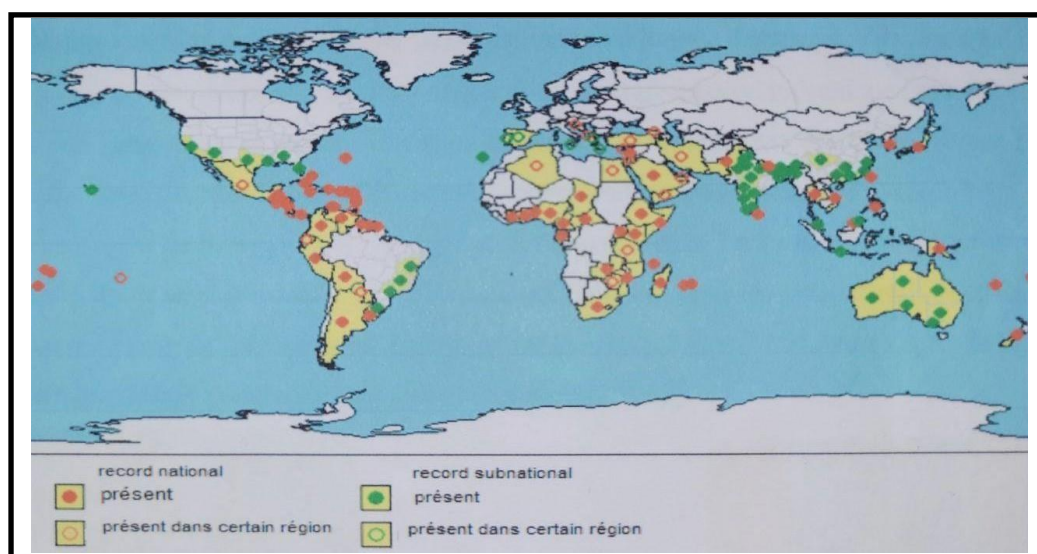


Figure 25. La répartition géographique à l'échelle internationale de la maladie de la tristeza des agrumes (Tahiri, 2007).

4.1.1.2 Répartition géographique

Selon Bové et Vogel en 1981, le virus de la Tristeza est largement répandu dans les régions tropicales où l'on cultive des agrumes. Il a été détecté dans plusieurs pays membres de l'OEPP, notamment l'Espagne, la France, l'Algérie, l'Égypte, l'Italie, la Tunisie et le Maroc. En Asie, il a été signalé en Arabie saoudite, en Chine, en Inde, en Iran, au Japon, en Indonésie, à Taïwan, en Corée du Sud, en Géorgie, au Sri Lanka, au Yémen, en Turquie et en Thaïlande. En Amérique, il est présent en Amérique du Nord, en Amérique centrale et dans les Caraïbes. En Océanie, on le trouve en Australie et en Nouvelle-Zélande (Anonyme, 1978) (Fig.26).



Figure 26. Répartition géographique de la Tristeza dans le monde (Benidicte et Bachés, 2001).

4.1.1.3 L'impact économique :

Le CTV est le plus redoutable pathogène pour les agrumes, et il a causé la destruction de millions d'arbres greffés sur Bigaradier à travers le monde (Leblanc et al., 2005). Dans les années 30 et 40, en Amérique du Sud, le CTV a anéanti 30 millions d'arbres, tandis que dans les années 80, il a laissé plus de 20 millions d'arbres morts et improductifs en Amérique centrale (Fang, 1998).

4.1.2 Biologie du virus :

4.1.2.2 Classification du CTV :

Le virus de la Tristeza appartient à l'ordre des Nivales, à la famille des Closteroviridae et au genre Closterovirus (Van Regenmortel et al., 2001). Selon Bar-Josef et al. (1989), la Tristeza est la seule maladie de cette famille qui infecte les agrumes. Ce virus est responsable de la maladie la plus économiquement importante à l'échelle mondiale, comme en témoignent les études de Pappu et al. (1995), Broadbent et al. (1996), Ayllon et al. (1999), Albiach-Marti et al. (2000), Aminet-Falk (2009) et Yokomi et al. (2010).

4.1.2.3 Propriétés morphologiques :

Au microscope électronique, le virus de la Tristeza se présente sous la forme de particules filamenteuses, non enveloppées, qui sont généralement flexibles.

Ces particules ont une longueur d'environ 2000nm et une largeur de 10 à 12nm.

Plusieurs études, dont celles de Bar-joseph et al. (1970), Iracheta-Cardinas et al. (2002), Lee et Bar-joseph (2000), Folimonov et al. (2007) et Folimonov et al. (2008), ont confirmé ces caractéristiques (Fig.27).

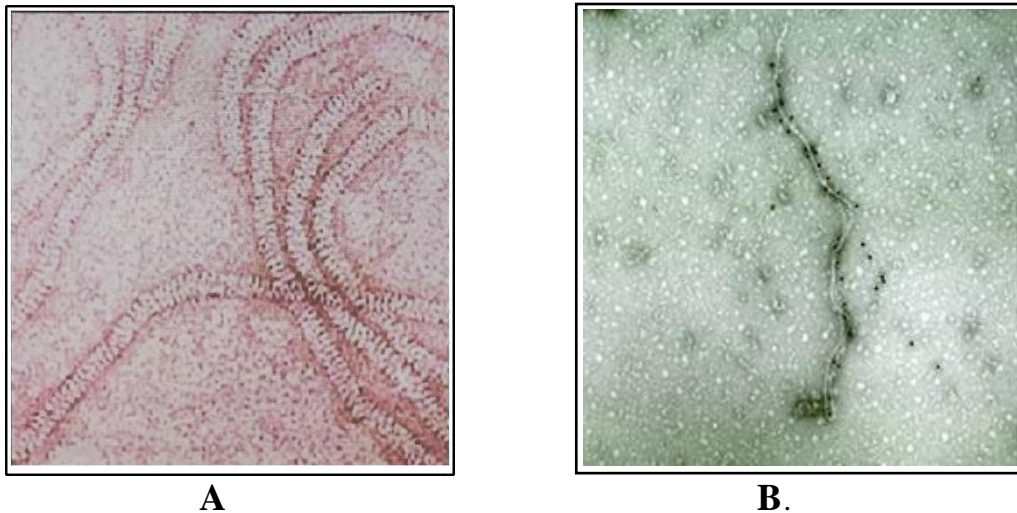


Figure 27. Légende A : Particules du CTV, mesure de 10x2.000nm à G x 80000 (Bar-Joseph.1994).

Légende B : Photo par microscope électronique du CTV (Niblett et al,2000)

4.1.2.4 Transmission et épidémiologie

La dissémination à longue distance du virus de la Tristeza se produit généralement par greffe de bourgeons ou de scions contaminés. La transmission mécanique par taillle est plus rare en raison de la grande dimension du virus. Les vecteurs naturels de la Tristeza sont des pucerons. L'espèce la plus efficace est *Toxoptera citricida* Kirkaldy, le puceron brun des agrumes, suivi de loin par *Aphis gossypii* et *Aphis spiraecola*.

La transmission du virus se fait selon un mode semi-persistant : le CTV ne se multiplie pas dans les glandes salivaires du puceron ; le pouvoir infectieux est donc perdu après chaque mue, et 24 heures après la piqûre d'un arbre malade (Le blanc et al., 1998 ; Ouedraogo, 2002).



Figure 28. Mode de transmission de CTV, par différentes espèces de puceron et par le greffage (Anonyme, 2011).

4.1.2.5 Symptômes :

- Symptômes macroscopiques :

Les dommages causés par le CTV sont étroitement liés à l'incompatibilité de greffage et à l'utilisation du bigaradier comme porte-greffe (Brown et al., 1988).

Cette maladie se caractérise également par des symptômes typiques, tels que l'éclaircissement et la subérification des nervures, suivis de jaunissements et de déformations en forme de cuillère des feuilles (Bar-Josef et al., 1989 ; Guerri et al., 1990 ; Ghorbelet et al., 2001 ; Bar-Josef et al., 2010) (Fig. 29).



A



B

Figure 29.éclaireissement des nervures sur la feuille (Zemzami,2009).

Légende A : Feuille malade ; Légende B : Feuille saine



A



B

Figure 30.Subérification de nervures sur la lime mexicaine (Zemzami 2009)

Légende A : Feuille malade ; Légende B : Feuille saine



A



B

Figure 31. Déformation sur des feuilles indicatrices sur la lime mexicaine (Roistacher, 1991).

Légende A : Feuilles malade ; Légende B : Feuilles saine



A



B

Figure 32. symptôme de jaunissement des feuilles (Roistacher, 1991)

Légende A : Feuilles malades (jaunissement) ; Légende B : Feuilles saine.

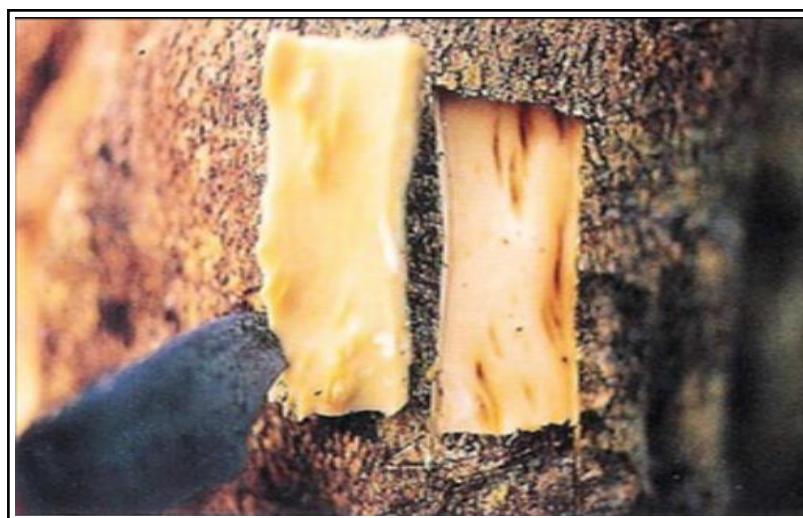
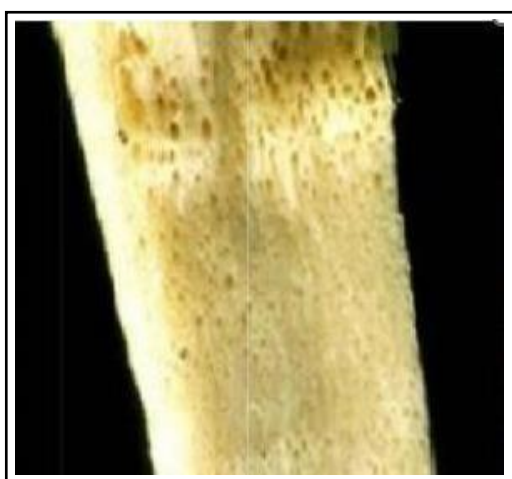


Figure 33 .Symptôme de bois strié sur le tronc
(La culture des agrume, www.itafv.dz).

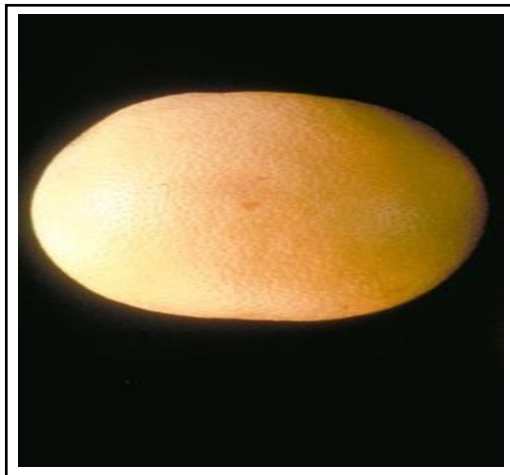


A



B

Figure 34. Légende A : Symptômes de nid d'abeille ;
Légende B : symptôme de cannelure de bois



A



B

Figure 35. réduction du calibre des fruits (Navaro,2004)

Légende A : Fruits sain ; Légende B : Fruit malade.



A



B

Figure 36. symptôme du Déclin rapide causé par le CTV (Leblanc et al, 2005).

Légende A : arbre malade ; Légende B : arbre sain

- Symptômes microscopiques :

Le CTV est un virus qui se propage dans le phloème de la plante hôte, où il forme de grands agrégats dans le cytoplasme, lieu de sa réplication (Brlansky, 1988). On peut également l'observer dans le réticulum endoplasmique ou au niveau des mitochondries (D'onghia, 1998). Les températures optimales pour l'infection par le virus sont comprises entre 20 et 25 °C.

Chapitre 5. Les méthodes de détection des maladies des agrumes

5.1 Les méthodes de détection des maladies des agrumes

Les méthodes de diagnostic aux laboratoires sont les techniques sérologiques connues pour la détection de nombreux pathogènes (Elisa, DTBIA). La technique (Elisa) selon (Bar Joseph et al., 1979) représente une méthode très utilisée pour la détection du virus du CTV et la technique DTBIA (Direct tissue blot immunoassay) très facile et rapide à manipuler plus sensible et moins coûteuse que la technique Elisa selon (Garnsey et al., 1993 ; Djelouah et al., 2001). L'indexage biologique constitue également une technique de diagnostic qui complète le diagnostic au laboratoire (Roistacher, 1991).

5.1.1 Les méthodes sérologiques

Il est hautement recommandé d'effectuer un essai ELISA faisant appel à des anticorps monoclonaux ou polyclonaux pour détecter et identifier CTV dans un grand nombre d'échantillons. La production d'anticorps monoclonaux spécifiques à CTV (Vela et al., 1986 ; Permar et al., 1990), dont Nikolaeva et al. (1996) ont dressé le bilan, a résolu le problème de spécificité diagnostique des anticorps polyclonaux (Cambra et al., 2011) et ainsi accru la sensibilité diagnostique des analyses sérologiques.

5.1.1.1 Culture directe sur empreinte de tissus–ELISA :

Effectuer la culture directe sur empreinte de tissus combinée à un essai ELISA, également appelée immuno-empreinte ELISA ou DTBIA (direct tissue blot immunoassay), conformément à Garnsey et al. (1993) et Cambra et al. (2000b) en suivant la méthode décrite ci-dessous. Un kit complet (validé par des évaluations de la performance et par diverses études publiées) reposant sur les anticorps monoclonaux spécifiques à CTV 3DF1 + 3CA5 (Vela et al., 1986), qui comprend des membranes portant déjà les empreintes des témoins positif et négatif ainsi que l'ensemble des réactifs et tampons et le substrat, est disponible auprès de Plant PrintDiagnòstics. Placer les membranes et leurs empreintes de tissus (taille recommandée : environ 7 × 13 cm) dans un récipient approprié (bac, conteneur hermétique ou sachet en plastique), les recouvrir avec une solution d'albumine sérique bovine à 1 % (BSA) dans de l'eau distillée et incubé pendant 1 h à température ambiante ou jusqu'au lendemain (environ 16 h) à 4 °C. Une légère agitation favorise cette étape. Éliminer la solution de BSA en conservant les membranes dans le même récipient. Préparer une solution de conjugué contenant les anticorps monoclonaux spécifiques à CTV 3DF1 + 3CA5 associés à la phosphatase alcaline (en concentrations égales, soit environ 0,1 µg/ml de chaque anticorps monoclonal dans du PBS). Recouvrir les membranes avec la solution de conjugué, puis incubé pendant 3 h à température ambiante en agitant légèrement. Éliminer la solution de conjugué. Rincer les membranes et le récipient avec le tampon de lavage (PBS à pH 7,2-7,4 contenant 0,05 % de Tween 20), et laver en agitant manuellement ou mécaniquement durant 5 min. Éliminer le tampon de lavage et répéter deux fois le processus de lavage. Verser le substrat de la phosphatase alcaline (les comprimés Fast BCIP/NBT (5-bromo-4-chloro-3-indolyl-phosphate/nitrobleu de tétrazolium) de Sigma1 donnent, d'après le fabricant, des concentrations finales de 0,33 mg/ml pour NBT et 0,175 mg/ml pour BCIP) sur les membranes, puis incubé jusqu'à l'apparition d'une coloration pourpre-violet dans les témoins positifs (soit environ 10-15 min). Arrêter la réaction en lavant les membranes avec de l'eau du robinet. Étaler les membranes sur du papier absorbant et laisser sécher. Examiner les empreintes à faible grossissement (facteur 10-20).

La présence d'un précipité pourpre-violet dans la zone vasculaire du matériel végétal indique la présence de CTV.

5.1.1.2 DAS-ELISA :

Selon Garnsey et Cambra (1991), Il existe des kits complets contenant les anticorps monoclonaux spécifiques à CTV 3DF1 + 3CA5 déjà validés (Plant PrintDiagnòstics SL1) ou différents anticorps polyclonaux (Agdia1, Agritest1, Bioreba1, Loewe1, Sediag1).

Placer chaque échantillon dans deux puits d'une plaque microtitre, et prévoir au moins deux puits par témoin (positif et négatif). Diluer les anticorps polyclonaux ou monoclonaux (3DF1 + 3CA5) comme il convient (généralement 1-2 µg/ml d'immunoglobulines totales) dans un tampon carbonate à pH 9,6 (Na₂CO₃, 1,59 g ; NaHCO₃, 2,93 g ; eau distillée, 1 litre), et verser 200 µl de dilution dans chaque puits. Incuber la plaque pendant 4 h à 37 °C ou jusqu'au lendemain (environ 16 h) à 4 °C. Laver les puits trois fois avec le tampon de lavage (PBS à pH 7,2-7,4 contenant 0,05 % de Tween 20). Ajouter 200 µl d'extrait végétal (voir section 3.4.3) dans chaque puits. Incuber pendant 16 h à 4 °C, puis laver les plaques trois fois en suivant la même méthode que pour l'essai de culture directe sur empreinte de tissus – ELISA. Diluer comme il convient (environ 0,1 µg/ml dans du PBS contenant 0,5 % de BSA) les mélanges d'anticorps polyclonaux ou monoclonaux (3DF1 + 3CA5) spécifiques conjugués à la phosphatase alcaline, puis ajouter 200 µl de dilution dans chaque puits. Incuber pendant 3 h à 37 °C. Laver à nouveau les plaques en suivant la même méthode que pour l'essai de culture directe sur empreinte de tissus - ELISA (section 3.5.1 Préparer une solution de 1 mg/ml de phosphatase alcaline (p-nitrophénylphosphate) dans le tampon substrat (97 ml de diéthanolamine dans 800 ml d'eau distillée, pH ajusté à 9,8 avec du HCl concentré, volume total amené à 1 litre avec de l'eau distillée) ; ajouter 200 µl de cette solution dans chaque puits. Incuber les plaques à température ambiante en mesurant la densité optique (DO) des puits à 405 nm à intervalle régulier pendant 120 min, ou en suivant les instructions du fabricant de l'anticorps polyclonal utilisé.

Le test ELISA est jugé négatif si la DO moyenne de chaque puits de l'échantillon en duplicata est < 0,1 ou bien < 2 × la DO moyenne obtenue avec les témoins négatifs composés d'extraits de plantes saines. Le test ELISA est jugé positif si la DO moyenne de chaque puits de l'échantillon en duplicata est ≥ 2 × la DO moyenne obtenue avec les témoins négatifs composés d'extraits de plantes saines. Si l'essai repose sur des anticorps polyclonaux, il est essentiel d'opter pour des témoins négatifs aussi similaires que possible à la matrice analysée sur la même plaque.

5.1.1.3 La technique DTBIA (*Direct Tissue Blot ImmunoAssay*) :

La technique dite d'immuno-empreinte ou *Direct Tissue Blot ImmunoAssay* (DTBIA) permet en appliquant directement sur la membrane des sections fraîches de tissus infectés, de visualiser la répartition in situ dans les tissus de nombreux virus (Potyvirus, Cucumovirus, Luteovirus, Closterovirus...) avec une très bonne sensibilité (**Makkouk et al., 1993 In Astier et al., 2001**).

D'après **Garsney et al, (1993 In Vernière, 2002)** le déroulement de la technique DTBIA est comme suit :

- Prélèvement de quatre échantillons aux différents points cardinaux pour répartition homogène du pathogène dans la plante ou adapter l'échantillonnage
- Choisir des organes riches en tissus hébergeant le pathogène. Ex : le virus de la Tristeza dans le phloème ; donc on prend de jeunes pousses ou pédoncules de fruits.
- Imprimer sur la membrane de nitrocellulose des coupes nettes de tissus.
- Blocage des protéines ; bain de lait écrémé 1%, plus une agitation douce pendant 1heure.
- Fixation du conjugué anticorps-phosphatase alcaline, plus une agitation douce pendant 2heures.
- Lavages des membranes.
- Addition du substrat.
- Lecture des résultats.

Direct Tissue Blot ImmunoAssay(DTBIA), une technique sensible et simple qui exige une très petite manipulation de l'échantillon, a été appliquée pour la détection rapide du CTV (**Garsney et al, 1993; Djelouah et al., 2001 In Djelouah et D'Onghia,)** et CPsV (**Djelouah et al., 2001 In Djelouah et D'Onghia , D'Onghia et al., 2001**) a prouvée d'être plus sensible et meilleur marché que l'ELIS A (**Garsney et al., 1993 In D'Onghia et al, 2001**).

Différentes types de tissus ont été utilisés pour les essais de diagnose de ces pathogènes: racines et pétioles des feuilles pour le CTV; feuilles mûres pour le CPsV (**Djelouah et al., 2000**); explants de la fleur pour la détection des deux virus (**D'Onghia et al., 2001**); Parmi ces explants, la meilleure concentration du virus et l'homogène distribution du CPsV et CTV a été observée dans les fleurs (**Djelouah et al, 2001 In Djelovah er D'Onghia, ; D'Onghia et al., 2001**); dans ces dernières expériences, des aches d'un seul ovaire, montrent que les ovaires sont les meilleurs organes (**Djelouah et D'Onghia,)**.

La haute sensibilité, le temps court de l'essai et les coûts limités sont les principaux avantages du DTBIA, qui représente aussi un système très commode et sécurisé, pour expédier les membranes tachées d'une place a une autre (**Djelouah et D'Onghia, ; D'Onghia et al., 2001**).

La courte période de la floraison de la plupart des espèces de *Citrus* ne doit pas représenter une limite pour l'usage de la DTBIA (**Djelouah et D'Onghia, D 'Onghia et al. 2001**) parce que les dernières enquêtes (**Mrani et al., 2001 In Djelouah et D'Onghia,**) confirment que DTBIA, qui utilise des ovaires, est la procédure la plus satisfaisante pour la sensible détection de CPsV et CTV.

L'échantillonnage est simple et facile, un peut de fleur par arbre est suffisant pour un essai fiable; les ovaires peuvent être traités frais ou après un stockage qui dure jusqu'une année à (-20°C) (**Djelouah er D'Onghia,**) Bien que, les membranes tachetées puissent être traitées immédiatement ou être entreposées et traitées après une année, l'utilisation du même type de tampons sans perte de sensibilité (**Djelouah et D'Onghia,**)

5.1.2 Les méthodes moléculaires :

L'élucidation de la séquence nucléotidique complète de l'ARN génomique de CTV a permis de mettre au point diverses procédures diagnostiques fondées sur la détection spécifique de l'ARN viral, notamment des méthodes d'hybridation moléculaire faisant appel à des sondes à acide nucléique complémentaire (ADNc ou ARNc) ainsi que plusieurs essais de type RT-PCR (Moreno et al., 2008). Les méthodes RT-PCR ont considérablement amélioré la sensibilité de la détection, permettant de quantifier les copies d'ARN viral dans les tissus infectés des agrumes ou chez les espèces de pucerons virulifères de CTV (Bertolini et al., 2008). Une technique à haut débit comme la RT-PCR en temps réel permet d'éviter les traitements post-amplification (par exemple électrophorèse sur gel), ce qui la rend plus rapide et moins vulnérable aux contaminations croisées que la PCR classique.

Partie
Expérimentale

Partie expérimentale

1. Lieu d'étude

Notre travail est la continuité des travaux déjà entamés précédemment dans le même contexte au niveau des vergers agrumicoles de l'Université de Skikda et également un verger d'agrumes appartenant à une pépinière horticole privée située à proximité de l'Université.

Choisies pour étude ont déjà présenté un symptôme spécifique de dessèchement apparu il y a quelques années.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Le matériel végétal

Les vergers prospectés pour étude symptomatologique ont concerné la collection variétale et les autres vergers de l'Université qui sont considérés comme étant des vieilles plantations greffées sur le bigaradié. D'abord une étude symptomatologique basée sur des observations visuelles a été effectuée, et ce, en se basant sur certains symptômes qui rappellent les maladies virales tel que le cas de la tristeza qui est caractérisée par plusieurs symptômes non spécifiques,



Figure 37. Les différents vergers prospectés de l'Université

car plusieurs autres anomalies et attaques d'autres pathogènes peuvent engendrer certains symptômes très similaires. Seule l'analyse au laboratoire peut affirmer ou infirmer la présence

de telle ou de telle maladie. Nous tenons à préciser que ces vergers sont un champ très diversifié de présence d'un complexe de symptômes qui peuvent être étudiés pour permettre aux étudiants de se familiariser avec les différents symptômes attribués à différentes causes biotiques et abiotiques.

Le verger agrumicole appartenant à la pépinière horticole est constitué de plusieurs variétés telles que le clémentinier et l'oranger et le citronnier.

Le tableau suivant représente les caractéristiques des vergers trois vergers de l'Université

Numéro Du vergé	Espèce/variété	Porte-greffe	Superficie (ha)	Age (an)	Soins cultureux
01	Clémentinier	Bigaradier CitrangeTroyer Mandarinier Cléopâtre <i>Citrus trifoliata</i>	1,65	71	Fertilisation. Irrigation. Travaux superficiels maleffectués
02	Oranger (Var; Paterno) Oranger (Var; Valencia) Oranger (Var ; Sanguine) Oranger (Var ; Hamlin) Oranger (Var ; Double Fine) Mandarinier (Var ; Satsuma) Citron (Var ; 4 saisons) Clémentinier	Bigaradier	04	71	Fertilisation. Irrigation. Travaux superficiels maleffectués. Taille aléatoire etinsuffisante
03	Clémentinier Mandarinier	Bigaradier	2,85	71	Travaux superficiels (cover-cropage).

Le tableau suivant représente les caractéristiques du verger de la pépinière

Espèce/variété	Porte-greffe	Superficie (ha)	Age (an)	Soins cultureux
Clémentinier sans pépins Clémentinier Montréal Clémentinier super nules Clémentinier orogrande Clémentinier nova Oranger Thomson peau fine Oranger Thomson Washington Citronnier	Bigaradier	8,1	71	Fertilisation. Irrigation. Travaux superficiels maleffectués



Figure 38. Photos du verger prospecté de la pépinière d'EL Hadaiak

2.2 la méthode de travail

Les prospections effectuées dans les vergers et qui ont concerné une étude symptomatologique basée sur des observations visuelles dans le but de décrire les principales anomalies rencontrées sur le feuillage des branches charpentières et l'aspect général de l'arbre, nous ont permis de constater un complexe de symptômes pouvant être associé à plusieurs maladies et attaques de ravageurs.

Pour l'échantillonnage nous avons suivi le protocole de (Gottwald and Hughes, 2000).

2.2.1. Étude **symptomatologique basée sur l'observation visuelle**

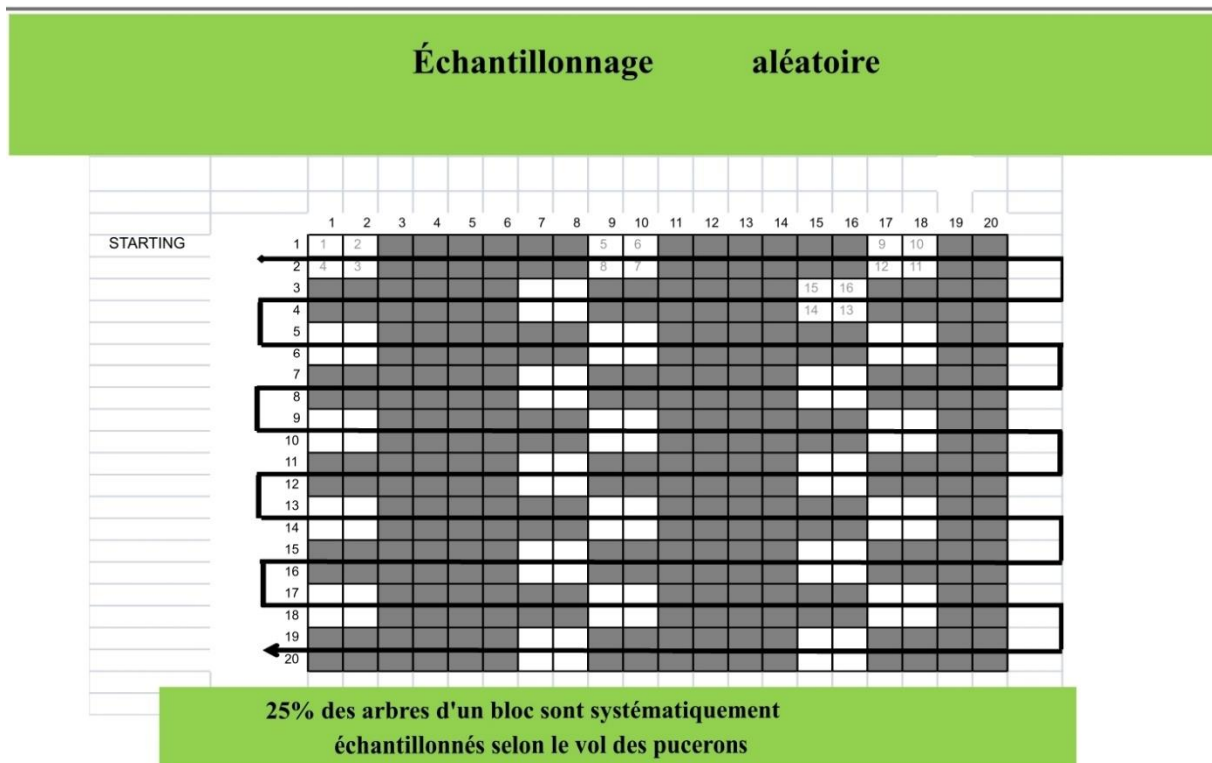
Les inspections visuelles ont porté sur les symptômes pouvant être associés au virus de la tristeza, tels que ceux décrits par, Roistacher (1991) lors de son étude sur la tristeza dans plusieurs pays producteurs d'agrumes dans le monde. Les symptômes de la tristeza sont multiples (Figure 39) et peuvent apparaître comme dépérissement partiel ou total de l'arbre et par fois de plusieurs arbres sur le même rang ou même sur le même verger, des rabougrissements des arbres infectés ou nanisme, des décolorations du feuillage et émergence de pousses dressées sur l'extrémités des arbres, des feuilles en forme de cuillère, du bois strié, la réduction de la taille des fruits, des déformations du bois connues sous les symptômes du bois strié etc. (Roistacher, 1991). Parmi les symptômes décrits par les différents auteurs, nos investigations étaient basées orientées vers la recherche et l'identification des principales anomalies affichées sur les arbres et qui pouvaient être associées au virus de la tristeza



Figure 39. Différents symptômes associés à la Tristeza RoistacheCN (2002)

2.2.2 Échantillonnage

Les échantillons récoltés ont porté une cinquantaine d'arbres ou des explants de fruits noués ont été prélevés. Sachant que le virus de la tristeza est un virus limité au phloème et réparti d'une manière hétérogène, les fruits noués sont récoltés sur les quatre points cardinaux de l'arbre. L'échantillonnage a été effectué selon le protocole d'échantillonnage (Figure29).



À travers des observations visuelles, des symptômes pouvant être associés au virus de la tristeza faisaient l'objectif de nos investigations. Des prélèvements d'échantillons ont été réalisés sur les fleurs ouvertes et/ou fermées ainsi que des tiges de l'année. Les échantillons ont été placés dans des sacs plastiques numérotés (position de l'arbre sur le rang, espèce/variété).

Il est à noter que les fleurs fermées peuvent être bien conservées à long terme à (-20 ° C), permettant ainsi leur utilisation pour l'analyse pendant différentes périodes de l'année.

En revanche, le matériel végétal fleurs ouvertes et tiges destiné à être analysé juste après le prélèvement est temporairement conservé à 4°C au réfrigérateur (Djelouahet D'Onghia, 2001).



Figure 40. Les échantillons de fruits noués récoltés

4.1 L'Analyse au laboratoire

La méthode de détection DTBIA (*directtissu blot immunoassay*)

- **Préparation des échantillons** : Des tissus frais coupés, tels que des fleurs fermées ou ouvertes, destiges, des pétioles ou des pédoncules de fruits, sont soigneusement pressés sur des membranes de nitrocellulose spécifique à la détection du virus de la tristezza (CTV).
- **Blocage** : Les membranes sont incubées dans de l'albumine de sérum bovin diluée pour bloquer les sites non spécifiques.
- **Incubation avec les anticorps** : Les membranes sont ensuite incubées avec des anticorps monoclonaux ou polyclonaux non marqués ou biotinylés.
- **Détection** : Les anticorps biotinylés liés à l'antigène sont détectés par exposition à un conjugué streptavidine-phosphatase alcaline (APC), et les anticorps non marqués liés à l'antigène sont détectés par un IgG de chèvre anti-souris ou anti-lapin-APC.
- **Révélation** : Le substrat NBT-BCIP est utilisé pour la révélation. Les zones localisées des empreintes tissulaires des plantes infectées par le CTV se colorent intensément et sont facilement reconnaissables sous un grossissement de 10X.
- **Analyse** : Aucune coloration comparable n'est observée dans les empreintes de tissus sains. La différenciation des souches peut être réalisée en faisant des impressions en double sur différentes feuilles de test et en traitant l'une avec l'anticorps monoclonal sélectif de souche CTV-MCA13 et l'autre avec des anticorps polyclonaux, ou un mélange d'anticorps monoclonaux qui réagissent à tous les isolats.

La méthode DTBIA est rapide, nécessite peu de préparation d'échantillons et les empreintes tissulaires peuvent être stockées à température ambiante au moins 30 jours avant l'analyse. Les membranes imprimées peuvent être envoyées en toute sécurité vers un autre emplacement pour les tests. Cette méthode a été adaptée à des fins de diagnostic commercial et est considérée comme sensible et fiable pour la détection du CTV sous conditions de terrain.

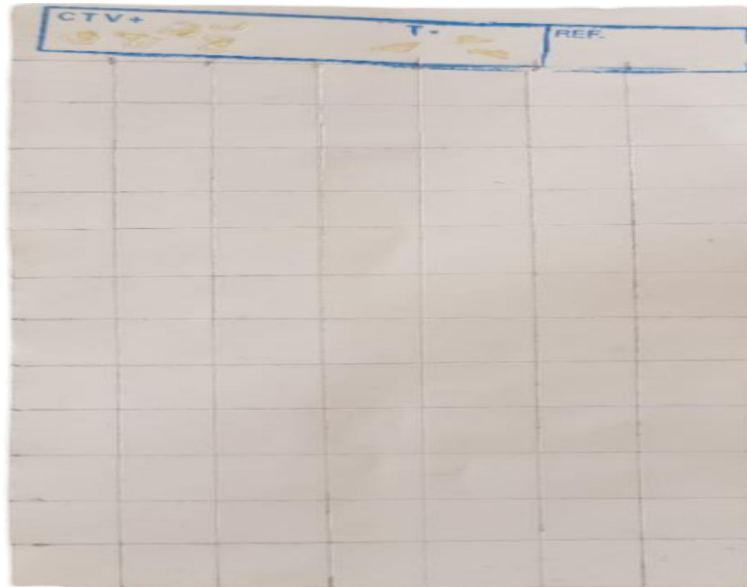


Figure 41. Membrane de nitrocellulose spécifique au CTV (membrane modèle).

4.2. Résultats et discussion

4.1 Constat général sur les vergers prospectés

Durant les sorties qui ont été effectuées depuis le mois d'Avril sur l'ensemble des vergers agrumes concernés par la prospection dans le but d'une étude symptomatologique basée sur les observations visuelles et en se référant aux descriptions d'anomalies relatives à des causes biotiques et abiotiques. Un constat sur l'état sanitaire des vergers de l'Université témoigne d'un état sanitaire très caractéristique de vieilles plantations, beaucoup de symptômes sont observés sur le feuillage, les branches charpentières et les troncs des arbres, ces symptômes ne peuvent être qu'une association de plusieurs attaques de pathogènes différents et également des symptômes relatifs au dépérissement du au vieillissement. Les vergers de l'Université marqués par une absence quasi-totale des travaux du sol avec la présence d'une panoplie de mauvaises herbes. Les vergers de l'Université constituent un bon terrain pour étudier beaucoup d'anomalies qui rappellent plusieurs attaques de pathogènes.

Parmi les symptômes observés des balais de sorcières, des tiges décolorées, des dessèchements partiels, des craquèlements de l'écorce du tronc et des branches etc.

En effet, malgré cette situation sur le constat sanitaire affiché par la majorité des arbres, notre objectif visait certains symptômes très caractéristiques de la tristeza, à savoir un dessèchement qui a touché certains arbres et qui ont fini par dépérir non pas par le vieillissement car le vieillissement concerne tous les vergers et le dépérissement que nous avons observé a touché certains arbres présentant une bonne frondaison.

Selon l'itinéraire technique adopté et tous les travaux d'entretiens menés par les propriétaires, il s'avère que l'ensemble des travaux ne sont pas réalisés dans leur totalité, et ce, par manque de moyens matériels et financiers ou autres considérations. Cependant, une remarque peut être directement faite en ce qui concerne l'état général du verger appartenant à la pépinière qui représente des arbres bien entretenus en bon état sanitaire sauf pour un seul cas desséché.

4.4 Membranes avec des empreintes d'échantillons à tester

Après collecte des échantillons de fruits noués de plants échantillonnés, des sections de fruits ont été réalisés à l'aide d'un bistouri et des empreintes de sections de fruits noués ont été pressées sur les membranes de nitrocellulose spécifiques à la détection du CTV avec des témoins positif et négatif.

Les membranes ainsi préparées sont laissées séchées à température ambiante pour être développées. Il est à préciser que les membranes peuvent être conservées pour une longue durée (quelques mois) pour leur développement c'est-à-dire les autres étapes de la technique DTBIA

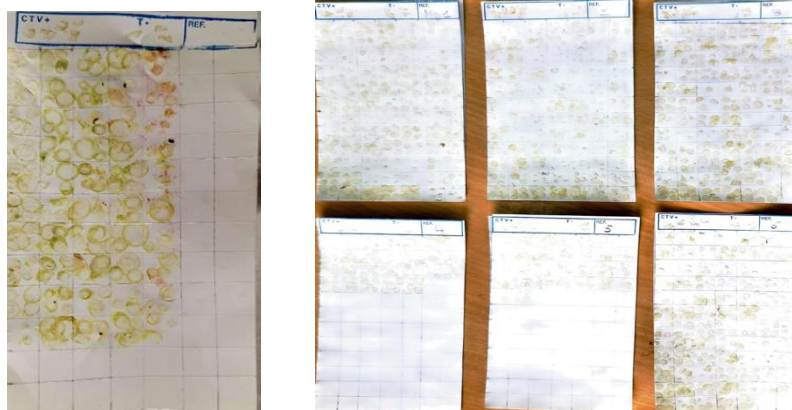


Figure 42 membranes avec empreintes de fruits noués (non développées)

4.5 Le développement de membranes

Le développement des membranes sera effectué avec la réception du Kit CTV pour le développement des membranes. Ce dernier sera réceptionné ultérieurement.

Le développement des membranes permettra de confirmer ou d'infirmer la présence du CTV. Sachant que certains arbres peuvent porter le virus et rester asymptomatique.

La coloration violette des aires de sections des explants indiquera que l'échantillon est positif, si par contre l'échantillon ne se colore pas reste vert, cela signifie absence de virus.

Cette analyse n'est qu'une recherche sur la présence de la maladie étant donné les vergers de l'Université sont un cocktail de symptômes qui méritent d'être étudiés, non pas pour les plantations qui sont en phase de décrépitude mais pour l'opportunité que nous procure ce laboratoire avec diverses anomalies affichées par les arbres.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La tristeza est une maladie de quarantaine chez les agrumes n'ayant constitué aucun danger pour l'agrumiculture algérienne, cependant une vigilance vis-à-vis de cette maladie doit être maintenue afin de mieux gérer la situation en cas de détection de foyers d'infection comme ce fut le cas de la Mitidja en 2002 (ITAFV, 2002). La souche virale du virus de la tristeza existante en Algérie est un isolat modéré proche de la souche d'Espagne (T30) (Larbi, 2015). Vu la signalisation récente d'une souche exotique dans l'Ouest du pays (....., 2019) déclarée par l'OEPP. Notre pays se trouve confronté à une situation dont il faut prendre en charge car toutes les conditions sont présentes pour disséminer ce virus. Une gamme de pucerons est présente sur les agrumes en Algérie qui servent à véhiculer ce virus, l'absence de sensibilisation des pépiniéristes et des agrumiculteurs sur la propagation de la maladie via le matériel végétal infecté, représentent des facteurs parmi d'autres favorisant sa propagation.

Ce nouveau signalement d'une souche appartenant au génotype VT est un sujet d'inquiétude pour les agrumiculteurs algériens et nécessite la mise en œuvre rapides de mesures par les services phytosanitaires afin d'élargir la surveillance aux autres zones de productions d'agrumes et d'éliminer les arbres trouvés infectés.

Dans cette perspective, notre étude a été la continuité des études réalisées dans les années précédentes dans la région d'El-Hadaiek, voulant souligner l'importance de recherche de ce virus sur les agrumes dans l'EST du pays.

Les prospections qui ont été faites sur plusieurs vergers agrumicoles dans la localité d'El-Hadaiek dans les années précédentes et l'année en cours suite à l'observation d'un symptôme de dessèchement sur plusieurs arbres et dans différents endroits sachant que ces arbres présentaient un bon aspect externe, selon les données bibliographiques sur cette maladie, ce symptôme peut être associé au symptôme du CTV. Ce symptôme a été observé sur bon nombre de plants toutes variétés et espèces confondues, et ce dessèchement a gagné sur plusieurs années d'autres arbres observés sur plusieurs vergers, les arbres commencent par un dessèchement partiel, ensuite le symptôme gagne petit à petit l'ensemble de l'arbre jusqu'au dépérissement complet de l'arbre.

Notre étude d'abord symptomatologique basée sur des observations visuelles et l'échantillonnage de quelques arbres situés à proximité des arbres desséchés nous permettra de vérifier la cause de ce dessèchement brusque. En effet la membrane spécifique à la détection du virus du CTV avec les empreintes des échantillons sont conservées à température ambiante le temps d'être développé avec réception du Kit CTV. Les membranes avec les emprunts des explants échantillonnés (fleurs, tiges, pétiole) peuvent être conservés pour plusieurs mois à l'obscurité et à l'abri de l'humidité (.....). Les vergers de l'Université sont de vieilles plantations destinées à l'arrachage mais cela n'empêche pas qu'ils soient porteurs de pathogènes pouvant porter préjudice aux autres nouvelles plantations d'agrumes dans la même wilaya. Les résultats d'analyse seront communiqués ultérieurement.

Références Bibliographiques

- ❖ “L’agrumiculture en Algérie” – Ministère de l’Agriculture et du Développement rural, 2015.
- ❖ “L’Algérie bat son record de production d’agrumes” - El Watan, 2024.
- ❖ www.agrialgerie.com/la-filiere-agrume-se-porte-bien-en-2023-2024-avec-une-production-estimee-a-18-million-de-tonnes/
- ❖ <https://www.algerie-eco.com/2024/01/30/agrumes-la-production-augmente-a-plus-de-18-millions-quintaux/>
- ❖ (Taleb, 1974).
- ❖ Frezal M., 1957. Rapport sur la présence en Algérie de la tristeza et de la xyloporeuse des citrus. C.R. Acad. Agric. France, 43: 190-193.
- ❖ Bové J.M., 1995. Virus and virus like diseases in the Near East region. FAO Rome Eds: 518P.
- ❖ Bar Joseph M., Garnsey S.M., Gonslaves D., Moskovitz M., Purifull D.E., Clark M.F. et Loe Benstein G., 1979. The use of enzyme-linked immunosorbent assay for detection of citrus tristeza virus. *Phytopathology* 69: 190-194.
- ❖ Garnsey S.M., Permar T.A., Cambra M. and Henderson C.T., 1993. Direct tissue blot immunoassay (DTBIA) for detection of citrus tristeza virus (CTV). In: Proc. of the 12th Conf. IOCV, India 1992: 39-50.
- ❖ Cambra M, Gorris M.T., Marroquín C., Román M.P., Olmos A., Martínez M.C., Hermoso de Mendoza A., López A & Navarro L., 2000a .*Phytopathology*. Incidence and epidemiology of Citrus tristeza virus in the Valencian Community of Spain. *Virus Res.* 71:85-95.
- ❖ Cambra M. and Moreno P., 2000. Tristeza. In: *Enfermedades de los cítricos*. N. Duran-Vila and P. Moreno (eds.), Ed. Mundi-Prensa, Madrid: 77-81.
- ❖ Djelouah K., Potere O., Boscia D., D’Onghia A.M. et Savino V., 2000. Production of monoclonal antibodies to citrus psorosis associated virus. Proc. 14th Conf. of IOCV, Brazil 1998: 152-158.
- ❖ D’onghia A.M., Djelouah K., Frasheri D. and Potere O., 2001. Detection of citrus psorosis virus by direct tissue blot immunoassay. *Jour. Plant Pathol.* 83(2): 139-142.
- ❖ Djelouah K. and D’Onghia A.M. 2000. Occurrence and spread of citrus tristeza in the Mediterranean area. In: *Production and Exchange of Virus-free Plant Propagating Material in the Mediterranean Region A*. Myrta, B. Di Terlizzi, V. Savino eds, Options Méditerranéennes, CIHEAM-IAMB, Italy, Serie B35: 43-50.
- ❖ Djelouah K. and D’Onghia A.M., 2001. Detection of citrus psorosis virus (CPsV) and citrus tristeza virus (CTV) by direct tissue blot immunoassay. In: *Proc. Med. Net. Certif. Citrus*, D’Onghia A. M., Menini U. and Martelli G. P., Eds, Options Méditerranéennes, CIHEAM-IAMB: Series B33: 109-114.
- ❖ “L’agrumiculture en Algérie” - Ministère de l’Agriculture et du Développement rural, 2015.
- ❖ “L’Algérie bat son record de production d’agrumes” - El Watan, 2024.
- ❖ “Mostaganem : une récolte exceptionnelle d’agrumes” - Algérie Presse Service, 2024.

Références Bibliographiques

- ❖ “L’Algérie vise l’exportation de ses surplus d’agrumes” - Algérie Presse Service, 2024
- ❖ (EL WATAN 2022)
- ❖ (<https://elwatan-dz.com/index.php/skikda-la-filiere-agrumicole-fait-sa-mue>)
- ❖ ITAFV, 2013. La culture des agrumes. Institut technique d’arboriculture fruitière et de la vigne. DFRV 2013.20P
- ❖ Praloran J.C., 1971.Les Agrumes, Maisonneuve et Larose. Paris.371P
- ❖ Bénédicte A. et Bachès M., 2001.la culture des agrumes, Homme et plantes (revue de conversation des collections végétales spécialisés, 37 : 30-34. Citrus Diseases, 2nd ed. APS Press: 92P.
- ❖ Swingle W. T. et Reece P. C., 1967. The botany of Citrus and its wild relatives. In W. Reuther L.D. Batchelor & H. J. Webber: The Citrus Industry, V. I., University of California Berkeley, 190-130. 90-422.
- ❖ Tanaka T., 1961. Citrologia: semi centennial commemoration papers on citrus studies Citrologia supporting foundation, Osaka. Japan, 114 p.
- ❖ Mabberley D.J., 1997. A classification for edible Citrus Telopea, 7:167-172.
- ❖ Jacquemond C., Curk F. et Heuzet M., 2013.Créer des plants pépinière et surgreffage. .in Les clémentiniers et autres petits agrumes.C. Jacquemond et al., 2013.Edts.Quae.France. 350P
- ❖ Jacquemond C., Tison G., Kreiter P., Bové J.M., Duran-Villa N., Curk F., 2013.Protéger le verger : maladies et ravageurs.In : Les clémentiniers et autres Petits agrumes In : C. Jacquemond, F. Curk, M. Heuzet, coord.(eds) Quae.France.279-343.
- ❖ Loussert R., 1987. Les agrumes. Techniques agricoles méditerranéennes. Paris : Tech. et Doc. Lavoisier.130P
- ❖ De Ravel d’esclapen G., 1984.Les agrumes : oranges, mandarines, clémentines, pamplemousses, citrons etc. Comment les planter, les cultiver, les soigner.256P.
- ❖ Blondel L., 1959.La culture des agrumes en Algérie.Station expérimentale d’arboriculture de Boufarik.Bull.142. 20P.
- ❖ Aubert B. et Vullin G., 1997. Pépinières et plantations d'agrumes. Montpellier: CIRAD ,184 P.
- ❖ ITAFV, 2002. Rapport sur le dépistage du Citrus tristeza closterovirus (CTV) au niveau du parc à bois agrumicole.ITAF, CNCC, INPV.Ministère de l’Agriculture, Alger 2003, Algérie
- ❖ (Boukrara, 2012)
- ❖ (Boussis,2012)
- ❖ (Helhaz et Toubal, 2012).
- ❖ (Rouimel, 2012).
- ❖ (Saad Djaballah et Taleb, 2007).
- ❖ (Sayah, 2000).
- ❖ (<https://ephytia.inra.fr/fr/C/23378/Tropifruit-Psorose-Citrus-psorosis-virus-CPsV>)
- ❖ (<https://www.deco.fr/jardin-jardinage/maladie-plante-parasite/la-tristeza/>)
- ❖ (<https://fr.gardenjournal.com/10366687-citrus-xyloporosis-treatment-managing-symptoms-of-cachexia-xyloporosis-virus>)

Références Bibliographiques

- ❖ (<https://maisondesagrumes.com/2012/11/06/spiroplasma-citri-stubborn-des-agrumes/>)
- ❖ (<https://maisondesagrumes.com/2012/09/26/phoma-tracheiphila-mal-secco/>)
- ❖ (<https://ephytia.inra.fr/fr/C/23399/Tropifruit-Puceron-brun-des-agrumes-Aphis-citricidus>)
- ❖ (<https://www.cliniquedesplantes.fr/fiches/les-cochenilles-des-agrumes>)
- ❖ (<https://ephytia.inra.fr/fr/C/26537/Tropifruit-Aleurode-en-spirale-Aleurodicus-dispersus>)
- ❖ (<https://jardinage.lemonde.fr/dossier-1023-nematodes-ravageurs-redoutables-auxiliaires-precieux.html>)
- ❖ (Latrache et Boukarit, 2007).
- ❖ Bové J.M. et Vogel R., 1964. Stem pitting sur bigaradier et sur orangier Tarocco en Corse : Une maladie à virus. *Fruits* 19: 269-140.
- ❖ (McClellan, 1975 ; Fang, 1998).
- ❖ (Lee, Richard F. (2015). "Chapter Five - Control of Virus Diseases of Citrus". *Advances in Virus Research*. 92: 143–173.).
- ❖ (Anonyme, 2002).
- ❖ (Tahiri, 2007).
- ❖ (Fraser, 1952).
- ❖ Fawcett H.S. et Wallace J.M., 1946. Evidence of virus nature of citrus quick decline, *California Citrograph*, 32:88-89.
- ❖ Wallace J.M. and Drake R.J., 1962. Tatter leaf, a previously undescribed virus effect on citrus. *Plant Dis. Rep.* 46:211-212.
- ❖ Wallace J.M., 1978. Virus and virus like diseases. *Citrus Industry* 4 (W. Reuther, E.C. Calavan and G.E. Carman eds). University of California, Berkeley: 362
- ❖ Bénédicte A. et Bachès M., 2001. la culture des agrumes, Homme et plantes (revue de conversation des collections végétales spécialisés, 37 : 30-34. *Citrus Diseases*, 2nd ed. APS Press: 92P.
- ❖ (Oberholzer et al, 1949)
- ❖ (Hughes et Lister, 1949).
- ❖ Leblanc F., Fournier P. et Etienne J. 1998. *Aphis spiraecola*. Fiche actualisée en 2005 par F. Le Bellec (Cirad).
- ❖ (Fang, 1998).
- ❖ (VanRegenmortel et al., 2001).
- ❖ Pappu HR, Karasev AV, Anderson EJ, Pappu SS, Hilf ME, Febres VJ, Eckloff RM, McCaffery M, Boyko V, Gowda S, Dolja VV, Koonin EV, Gumpf DJ, Cline KC, Garnsey SM, Dawson WO, Lee R.F. and Niblett C.L., 1994. Nucleotide sequence and organization of eight-3' open reading frames of the citrus tristeza closterovirus genome. *Virology*: 199, 35-46.
- ❖ Ayllón M. A., Lopez C., Navas-Castillo J., Mawassi M., Dawson W. O., Guerri J., Flores R. and Moreno P., 1999. New defective RNAs from Citrus tristeza virus: evidence for replicase-driven template switching mechanism in their generation. *Jour. Gen. Virol.* 80: 817-821.
- ❖ Bar-Joseph M., Loebenstein G., Cohen J., 1972. Further purification and

Références Bibliographiques

- characterization of threadlike particles associated with the citrus tristeza disease. *Virology* 50:821-828.
- ❖ Bar-Joseph M., Batuman O., Roistacher C. N., 2010. The history to Citrus tristeza virus – revisited,” in Citrus Tristeza Virus Complex and Tristeza Diseases eds A Karasev V., Hilf M. E., editors. St. Paul, MN: Amer. Phytopathol. Soc.: 3-26.
 - ❖ Bar-Joseph M., Lee R.F., 1989. Citrus tristeza virus. In: CMI/AAB description of Plant Viruses. 353 (N° 33 revised). Assoc. Appl. Biol., Wellesbourne, Warwick, UK.
 - ❖ Bar-Joseph M., Loebenstein G., Cohen J., 1972. Further purification and characterization of threadlike particles associated with the citrus tristeza disease. *Virology* 50:821-828.
 - ❖ Bar-Joseph M., Marcus R. and Lee R.F., 1989. The continuous challenge of citrus tristeza virus control. *Ann. Rev. Phytopathol.* 27: 291-316.
 - ❖ Yokomi R.K., 2005. Epidemiology of Citrus tristeza virus with *Toxoptera citricidus* as vector. Mediterranean Network on Certification of Citrus (MNCC): Citrus tristeza and *Toxoptera Citricida*: Developpement of Management and Control Stratégies in the Mediterranean Region. IAM/CIHEAM / EPPO / FAO / DRAALG. (Faro) Portugal.
 - ❖ Karasev A. V., Boyko V. P., Gowda S., Nikolaeva O. V., Hilf M. E., Koonin E. V., Niblett C. L., Cline K., Gumpf D. J., Lee R. F., Garnsey S. M., Lewandowski D. J. and Dawson W. O., 1995. Complete sequence of the citrus tristeza virus RNA genome. *Virology* 208: 511-520.
 - ❖ Anonyme, 2014. Interview réalisé avec le Directeur général de l'ITAFV Alger sur la Situation des Agrumes en Algérie à la Radio Chaîne 3. Article rédigé par Lakhdar A.
 - ❖ Guerri J., Moreno P., and Lee R.F. 1990. Identification of citrus tristeza virus strains by peptide maps of virions coat protein. *Phytopathology* 80: 692-698.
 - ❖ Garnier M., Chang C.J., Zreik L., Rosseti V. et Bové J.M., 1993. Citrus variegated chlorosis, serological detection of *Xylella fastidiosa*, the bacterium associated with the disease. In: Proc. 12th Conf. IOCV, India 199 Riverside: 301-305.
 - ❖ Garnier M., Zreik L., Bové J.M., 1991. Witche's broom, a lethal mycoplasmal disease of limes trees in the Sultanate of Oman and the United Arab Emirates. *Plant Dis.* 75 : 546-551
 - ❖ Roistacher C.N., 1991. Graft transmissible diseases of citrus. Handbook for detection and diagnosis. FAO Rome Eds, 286P.
 - ❖ Roistacher C.N., 2002. Lectures given for the students at a course in citrus virus diseases and their control at the Instituto Agronomico Mediterraneo at Bari, Italy.
 - ❖ ITAFV, 2013. La culture des agrumes. Institut technique d'arboriculture fruitière et de la vigne. DFRV 2013.20P
 - ❖ Bransky R.H., 1988. Inclusion bodies produced in citrus by citrus tristeza virus. *Phytophylactica* 19: 211-213.
 - ❖ Navarro L., Juarez J., Pina J.A., Ballester J.F., 1984. The citrus quarantine station in Spain. In: Proceedings of the 9th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (Argentina, 1983): 365-370.
 - ❖ Bar Joseph M., Garnsey S.M., Gonslaves D., Moskovitz M., Purifull D.E., Clark M.F. et Loe Benstein G., 1979. The use of enzyme-linked immunosorbent assay for detection of citrus tristeza virus. *Phytopathology* 69: 190-194.

Références Bibliographiques

- ❖ D'Onghia A.M. et Lacirignola C., 1998. Major virus and virus like disease of citrus in the Mediterranean. Proc. Med. Net. Certif. of citrus 1995-1997, CIHEAM publication, Option Méditerranéennes.B21:5-10.
- ❖ D'Onghia A.M., Djelouah K., Alioto D., Castellano M.A., Savino V., 1998. Elisa correlates with biological indexing for the detection of citrus psorosis-associated virus. Jour. Plant Pathol. 80(2): 157-164.
- ❖ Bar Joseph M., Garnsey S.M., Gonslaves D., Moskovitz M., Purifull D.E., Clark M.F. et Loe Benstein G., 1979. The use of enzyme-linked immunosorbent assay for detection of citrus tristeza virus. Phytopathology 69: 190-194.
- ❖ Vela C., Cambra M., Cortes E., Moreno P., Miguët J., Perez de San Roman C. and Sanz A., 1986. Production and characterization of monoclonal antibodies specific for citrus tristeza virus and their use for diagnosis. Journ. Gen. Virol. 67: 91-96.
- ❖ Permar T.A., Garnsey S.M., Gumpf D.J. and Lee R.F., 1990. A monoclonal antibody that discriminates strains of Citrus Tristeza Virus. Phytopathology 80:224–228.
- ❖ Cambra M., Gorriss M. T., Roman M. P., Terrada E., Garnsey S. M., Camarasa E., Olmos, A. and Colomer M., 2000b. Routine detection of Citrus Tristeza Virus by direct immunoprinting ELISA method using specific monoclonal and recombinant antibodies. Proc. 14th Conf. Inter. Org. Citrus Virologists. (Brazil-1998): 34-41.
- ❖ Cambra M., Garnsey S.M., Permar T.A., Henderson C.T., Gumph D. and Vela C., 1990. Detection of citrus tristeza virus (CTV) with a mixture of monoclonal antibodies (Abstract). 80: 103.
- ❖ Garnsey S.M., Permar T.A., Cambra M. and Henderson C.T., 1993. Direct tissue blot immunoassay (DTBIA) for detection of citrus tristeza virus (CTV). In: Proc. of the 12th Conf. IOCV, India 1992: 39-50.
- ❖ Vela C., Cambra M., Cortes E., Moreno P., Miguët J., Perez de San Roman C. and Sanz A., 1986. Production and characterization of monoclonal antibodies specific for citrus tristeza virus and their use for diagnosis. Journ. Gen. Virol. 67: 91-96.
- ❖ Gillings M., Broadbent P., Indsto J. and Lee R.F., 1993. Characterization of isolates and strains of citrus tristeza closterovirus using restriction analysis of the coat protein gene amplified by the polymerase chain reaction. Journ.virol.Methods 44: 305–317.
- ❖ Garnsey S.M., Cambra M., 1991.Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for citrus pathogens, In: CN Roistacher (eds).Graft-transmissible diseases of citrus.Handbook for detection and diagnosis.FAO, Rome eds.:193-216.
- ❖ Saponari M., Manjunath K., Yokomi R.K., 2008.Quantitative detection of Citrus tristeza virus in citrus and aphids by real-time reverse transcription-PCR (TaqMan®). Journ.Virol. Meth. Jan 2008, 147, (1), 43-53.
- ❖
- ❖ (<https://www.anses.fr/fr/content/d%C3%A9tection-du-citrus- tristezza-virus-ctv-virus-de-la-tristeza-sur-plantes-h%C3%B4tes-de- la-famille>).
- ❖ (.https://www.onssa.gov.ma/wp-content/uploads/2021/11/fiche_tk_tristeza.pdf).
- ❖ (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1- 4939-9558-5>).
- ❖ (<https://www.agrimaroc.ma/citrus-tristeza-virus-agrumes/>).
- ❖ Gottwald T.R., Hughes G., 2000. A new survey method for citrus tristeza virus disease assessment. Proc.14th Conf. Int.Org. Citrus Virologists: 77-87.

Abstrait

La tristeza demeure un fléau dangereux sur les agrumes. Notre pays n'a pas connu des problèmes liés à cette maladie, cependant il faut rester vigilant vis-à-vis d'une telle maladie pour laquelle toutes les conditions sont réunies pour sa dissémination en cas de sa présence dans n'importe quelle zone agrumicole. À travers notre modeste étude sur des agrumes de vieilles plantations de l'Université qui représentent un terrain d'étude en phytopathologie vu l'existence d'une multitude de symptômes qui peuvent être associés à plusieurs pathogènes surtout, mais également suite à des facteurs abiotiques. La majorité de symptômes observés peuvent être liés à des causes abiotiques en revanche certains symptômes peuvent être associés à la présence de virus, viroïdes, champignons, nématodes. Le verger de la pépinière semble mieux d'apparence mais cela n'exclut pas la présence de maladies qui peuvent être asymptomatique. Quelques échantillons ont été prélevés en vue de recherche du virus de la tristeza à travers l'utilisation de la technique sérologique DTBIA, des empreintes de fruits noués ont été réalisées et le développement des membranes sera effectué avec réception du Kit CTV.

Abstract

Tristeza remains a dangerous scourge on citrus fruits. Our country has not experienced problems related to this disease, however, it is necessary to remain vigilant regarding such a disease for which all conditions are met for its dissemination in case of its presence in any citrus-growing area. Through our modest study on citrus fruits from old plantations of the University, which represent a study field in phytopathology given the existence of a multitude of symptoms that can be associated with several pathogens, but also due to abiotic factors. Most of the observed symptoms can be linked to abiotic causes, however, some symptoms can be associated with the presence of viruses, viroids, fungi, nematodes. The nursery orchard seems to be in better appearance, but this does not exclude the presence of diseases that can be asymptomatic. Some samples were taken to search for the tristeza virus using the DTBIA serological technique, fruit prints were made, and the development of membranes will be carried out upon receipt of the CTV Kit.

ملخص

لا تزال التريستيزا تشكل آفة خطيرة على ثمار الحمضيات. لم تشهد بلادنا مشاكل مرتبطة بهذا المرض، ومع ذلك، فمن الضروري أن نبقى يقظين فيما يتعلق بهذا المرض الذي تتوفر فيه جميع الشروط لانتشاره في حالة وجوده في أي منطقة لزراعة الحمضيات. من خلال دراستنا المتواضعة على الحمضيات من المزارع القديمة للجامعة، والتي تمثل مجال دراسة في علم أمراض النبات نظرًا لوجود العديد من الأعراض التي يمكن أن ترتبط بالعديد من مسببات الأمراض، ولكن أيضًا بسبب العوامل غير الحيوية. يمكن ربط معظم الأعراض الملحوظة بأسباب غير حيوية، ومع ذلك، يمكن ربط بعض الأعراض بوجود الفيروسات والفطريات والديدان الخيطية. يبدو أن بستان المشاتل في مظهر أفضل، لكن هذا لا يستبعد وجود أمراض يمكن أن تكون بدون المصلية، وتم عمل DTBIA تم أخذ بعض العينات للبحث عن فيروس التريستيزا باستخدام تقنية . أعراض بصمات الفاكهة، وسيتم تطوير الأغشية عند استلام مجموعة CTV.