

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 : Amélioration des plantes

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Amélioration des plantes

Thème :

**Monitorage du CTV (Citrus tristeza virus)
dans la wilaya de SKIKDA**

Présenté par :

- Damèche Dalia
- Boulkertous Soumia
- Debbah Souad

Membres de Jury:

Mme : Brakchi Souad	(MCB)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : Hannachi Hakim	(MCB)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme : Larbi Djamila	(MCA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir donnée la force et de la patience afin d'accomplir ce modeste travail.

Nous adressons nos vifs remerciements aux honorables membres de jury:

Mr. Hannachi Ab Hakim

Mme. Brakchi Souad

d'avoir aimablement accepté d'examiner et d'évaluer notre travail

Nous tenons aussi à remercier notre encadrante Melle LARBI Djamila pour son aide, son soutien et ses conseils dont on s'est bénéficié tout au long de la réalisation de notre mémoire, qu'elle soit assurée que nous sommes très reconnaissant.

Nos remerciements vont également à nos parents et toutes nos familles pour leur soutien moral et matériel.

Nous exprimons notre gratitude à tous les enseignants d'agronomie et enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de notre mémoire de fin d'études.



Dédicace

NOUS DEDIONS CE TRAVAIL :

A NOS PARENTS

A NOS FRÈRES ET SŒURS

A NOS AMIS ET

A NOS PROCHES



Table des matières

Introduction générale.....	2
Chapitre I : Connaître les agrumes.....	
1.1. L'agrumiculture dans le monde.....	4
1.2. La culture d'agrumes en Algérie.....	5
1.2.1. Production et état sanitaire des verges agrumicoles d'Algérie.....	5
1.2.2. Localisation des principales zones de production d'agrumes en Algérie.....	5
1.3. La culture des agrumes dans la wilaya de Skikda.....	6
1.4. L'histoire des agrumes et comment ont-ils pu conquérir le monde.....	6
1.5. Histoire et diffusion des agrumes à travers le monde.....	7
1.6. Classification et description botanique.....	8
1.7. Description morphologique et physiologique des agrumes.....	9
1.7.1. Morphologie des agrumes.....	9
.....	10
1.7.2. Physiologie et phénologie des agrumes.....	13
1.7.2.1. Principales étapes de la vie de l'arbre : différentes étapes caractérisent la vie d'un arbre d'agrumes depuis la pépinière jusqu'à la sénescence.....	13
1.7.2.2. Cycle annuel de développement chez les agrumes.....	14
Chapitre II : La culture des agrumes.....	
2.1. Exigences pédoclimatiques des agrumes.....	21
2.1.1. Exigences climatiques.....	21
2.1.2. Caractéristiques du sol.....	22
2.2. La diversité des agrumes.....	22
2.3. La multiplication.....	26
2.4. Matériel végétal.....	27
2.4.1. Choix du porte-greffe et du greffon "variété".....	27
2.4.2. Le choix de la variété.....	28
2.5. L'itinéraire technique et l'élaboration du rendement.....	28
2.5.1. La préparation du sol.....	29
2.5.2. Implantation de bris vent.....	29
2.5.3. La fertilisation.....	30
2.5.4. La plantation.....	30

2.5.5. L'entretien du verger.....	31
2.5.6. Récolte et conservation.....	32
Chapitre III : Maladies et ravageurs des agrumes.....	
3.1. Les maladies bactériennes.....	34
3.2. Champignons (maladies cryptogamiques).....	35
3.3. Les maladies causées par mycoplasmes.....	37
3.4. Les maladies causées par viroïdes.....	39
3.5. Maladies virales.....	40
3.6. Les ravageurs.....	42
Chapitre IV : Etude sur le virus de la Tristeza des agrumes (CTV).....	
4.1. Qu'est-ce qu'un virus.....	46
4.2. Cycle du virus dans sa plante-hôte.....	46
4.3. Les associations de virus.....	47
4.4. Le virus de la Tristeza des agrumes.....	47
4.4.1. Nature du virus.....	48
4.4.2. Gamme de plantes hôtes.....	48
4.4.3. Symptômes.....	49
4.4.4. Transmission.....	51
4.4.5. Classification et morphologie des pucerons "vecteurs de Tristeza".....	52
4.4.6. Reproduction.....	53
4.4.7. Dégâts provoqués par les pucerons.....	53
4.5. Détection et identification du virus.....	54
4.6. Principe de lutte et prévention.....	56
1. Historique sur l'ancienne école d'agriculture de SKIKDA.....	59
2. Situation géographique et climatique de la wilaya de SKIKDA.....	61
3. Lieu d'étude.....	61
4. Matériels et méthodes.....	63
4.1 Matériel végétal utilisé.....	63
4.2 Méthode de travail.....	63
4.3 Protocole d'échantillonnage.....	64
5. Résultats et discussion.....	64
5.1 Aspect général des vergers.....	64
5.2. Etude symptomatologique des vergers prospectés.....	66

5.2.1. Etude de symptômes sur le feuillage.....	66
5.2.2. Etude de symptômes sur les branches	69
5.2.3. Etude de symptômes sur le tronc.....	70
5.2 Discussion	71
Conclusion générale.....	73
Bibliographie.....	

Liste des figures

Figure N° 01 : Tendance mondiale des exportations d'agrumes à la hausse.....	4
Figure N°02 : Diffusion des agrumes dans le monde.....	8
Figure N°03 : Feuilles d'agrumes.....	10
Figure N°04 : Les fleurs des agrumes.....	11
Figure N°05 : Coupe équatoriale d'un fruit d'agrumes.....	12
Figure N°06 : Coupe d'une fleur de clémentinier.....	17
Figure N°07 : <i>Phytophthora</i> sur tronc.....	35
Figure N°08 : Symptôme caractéristique de Greasy spot.....	36
Figure N°09 : Le Pourridié.....	37
Figure N°10 : Pucerons noirs des agrumes adultes et juvéniles sur un rameau de mandarinier.....	42
Figure N°11 : <i>Coccus viridis</i> (cochenille) sur feuille de mandarinier.....	42
Figure N°12 : Papillon adulte de la mineuse des agrumes (<i>Phyllocnistiscitrella</i>).....	43
Figure N°13 : Symptôme caractéristique de Tristeza Eclaircissement des nervures.....	50
Figure N°14 : <i>Piquetage de la tige (stem pitting) du bas touchée par la tristeza comparé à un rameau sain en haut</i>	50
Figure N°15 : <i>Puceron brun Toxoptera Citricida</i>	52
Figure N°16 : les différents vergers prospectés.....	62
Figure N°17 : Protocole d'échantillonnage aléatoire.....	64
Figure N°18 : aspect général de quelques vergers prospectés.....	65
Figure N°19 : jaunissement et enroulement des feuilles sur de nouvelles pousses d'agrumes.....	66
Figure N°20 : illustration mentant à la fois des pucerons noir et vert sur feuille d'agrumes avec la présence des galeries sinueuses creusées par la mineuse des feuilles de citrus.....	67
Figure N°21 : présence de pou rouge (cochenille) sur feuilles d'agrumes.....	67
Figure N°22 : décoloration des feuilles d'agrumes.....	68
Figure N°23 : Tiges érigées vers le haut formant un balai de sorcière.....	68
Figure N°24 : arbre d'agrumes desséché.....	69
Figure N°25 : craquellement d'écorce.....	70

Liste des tableaux

Tableau N°01 : spécialisation dans les cultures d'agrumes par pays.....	4
Tableau N°02 : La production d'agrumes (wilaya de Skikda) campagne 2020/21.....	6
Tableau N°03 : Distances de plantations conseillées suivant les variétés et porte-greffes....	31
Tableau N°04 : Répartition des espèces fruitières des jardins de l'Université de Skikda.....	60

Liste des Abréviations

CTV : Citrus Tristeza Virus.

DAS-ELISA : Double Antibody Sandwich.

DTBIA : Direct Tissue Blot Immuno Assay.

ELISA : Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay.

Ha : Hectare.

ICTV : Comité International pour la Taxonomie des Virus.

INPV : Institut National de la Protection des Végétaux.

ITAFV : Institut Technique des Arbres Fruitières et de la Vigne.

Km² : Kilomètre carré.

M : Mètre.

Mm : Millimètre.

Cm : Centimètre.

Nm : Nanomètre.

OEPP : Organisation Européenne et méditerranéenne de la Protection des Plantes.

PCR : Polymerase Chain Reaction.

RT-PCR : Reverse transcriptase Polymerase Chain Reaction.

°C : Degré Celsius.

% : Pourcentage.

COVID-19 : Maladie à Corona Virus 2019.

AIA : Acide Indole Acétique.

GA : Acide Gibbérellique.

ABA : Acide abscissique.

CL : Candidatus liberibacter.

CPsV : Citrus psorosis virus.

ADN : Acide Désoxyribo Nucléique.

ARN : Acide RiboNucléique.

ADNc : Acide Désoxyribo Nucléique complémentaire.

ARNc : Acide Désoxyribo Nucléique complémentaire.

CPm : Protéine d'enveloppe mineure.

CP : Protéine d'enveloppe majeure.

Kpb : Mille paires de bases.

ONPV : Organisation nationale de la protection des végétaux.

DSA : Direction de Service Agricole de la willaya de SKIKDA.

MNCC : Mediterranean Net work Citrus Certification.

PH : Potentiel Hydrogène.

Introduction générale

Introduction générale.

Les "citrus", plus communément appelés agrumes, sont originaires d'Asie (**Mohamed Amine Ferhat, 2010**) . Ils sont cultivés dans toutes les régions du monde au climat suffisamment doux et représentent la première production fruitière mondiale (**Verbel-Alonso, 2011**).

Les agrumes constituent une culture stratégique qui assure plus de 250.000 postes d'emploi permanents et saisonniers. Une superficie globale de 70.503 ha, contre 63.186 ha en 2010, avec 32 wilayas, la production nationale agrumicole avait dépassé les 14 millions de quintaux en 2018, contre 7 millions de quintaux en 2010, avec un objectif d'atteindre 20 millions de quintaux dans les prochaines années. Les vergers d'agrumes doivent être restructurés pour permettre une production continue de ces fruits tout au long de l'année et offrir une matière première à l'industrie de transformation. Concernant les contraintes majeures auxquelles la filière est confrontée, entre autres, le morcellement des exploitations, la vente sur pied de la production et une faible intégration des différents segments de la filière, auxquelles s'ajoutent d'autres contraintes encore plus importantes et qui handicapent la filière, «une mauvaise gestion des ressources hydrique et le vieillissement des vergers d'agrumes qui est caractérisé par une faible cadence de renouvellement des plantations, avec un niveau de productivité inférieur au seuil de rentabilité de 30% à 40% (**ITAFV, 2013**), à tout cela s'ajoute le problème phytosanitaire, qui constitue lui seul une contrainte qu'il faut pas négliger, car les affections affaiblissent les productions et les rendements surtout s'agissant de pathogènes tels que les maladies virales qui touchent les agrumes dont la tristeza demeure le danger permanent surtout en absence de gestion et de contrôle très rigoureux. Depuis son apparition vers la moitié du siècle dernier (**Frezal M., 1957**) et citée par (**Bové J.M., 1995**), elle n'a jamais constituée un danger pour l'agrumiculture algérienne, car les souches locales du CTV ont toujours été faibles et les cas positifs ont toujours été éliminés par incinération, d'autres facteurs ont probablement freiné la dissémination de cette maladie en Algérie, tels que la non commercialisation des variétés touchées par cette maladie à cela s'ajoute les hautes températures qui jouent le rôle du phénomène de Thermo thérapie. Récemment, depuis les années 2000 (**ITAFV, 2002**), des foyers isolés ont été repérés dans différents endroits de la Mitidja, mais aussitôt éradiqués. La situation est restée un peu non stable et confuse car beaucoup d'autres cas positifs ont été repérés dans différents vergers privés et étatiques entre 2002 et 2013. En 2019, et dans le cadre de la recherche au niveau de

l'Université de Chlef pour l'obtention de Diplôme de (Ali -Arous S, 2017), des cas positifs au CTV ont été caractérisés et la souche virulente a été identifiée dans les vergers prospectés au niveau de cette wilaya. Sachant que le vecteur potentiel *Toxoptera citricida* a été signalé dans le pourtour méditerranéen et vu la dissémination très importante qu'il peut induire, les agrumes en Algérie doivent être contrôlés systématiquement. Dans cette perspective, notre objectif visait une étude symptomatologique basée sur des observations visuelles de symptômes qui pouvaient être associés à la tristezza, plusieurs vergers ont été étudiés, et ce, durant différentes sorties sur terrain en période printanière. Notre travail est constitué de deux parties. D'abord une étude bibliographique sur les agrumes et leurs maladies ainsi que les méthodes de détection des maladies transmissibles par greffage. La deuxième partie expérimentale qui portait sur des prospections sur quelques vergers d'agrumes dans la zone d'El-Hadaiek de l'Université de Skikda et deux vergers privés situés dans la localité d'El-Hadaiek.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I :

Etude sur les agrumes

1.1. L'agrumiculture dans le monde.

La production d'agrumes est très répandue autour du globe, ils sont cultivés dans plus de 140 pays à travers le monde (FAO, 2022). La production mondiale d'agrumes pour la campagne 2020/2021 est estimée à 98 millions de tonnes, une hausse de 4 % est enregistrée par rapport à l'année passée (2019) qui a eu une production d'agrumes impactée par le Covid-19 (USDA, 2021). Les oranges représentent la moitié de la production, suivies des mandarines, des citrons et des pomelos. La Chine est le plus grand producteur, le Brésil et l'UE viennent après, les États-Unis est le cinquième plus grand producteur. Les exportations mondiales sont estimées à 11 millions de tonnes, les oranges représentent plus de 40 % et les mandarines près de 30% (USDA, 2021).

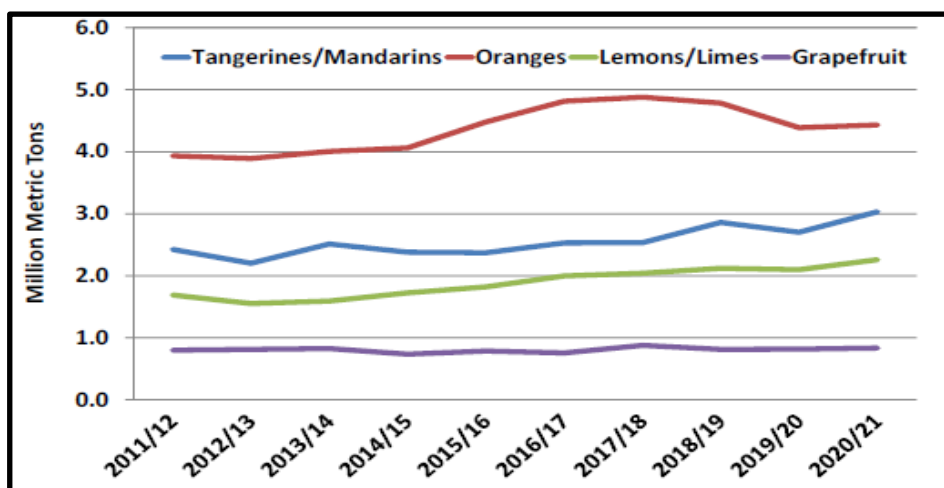


Figure N°01 : Tendence mondiale des exportations d'agrumes à la hausse (USDA, 2021).

Tableau N°01 : spécialisation dans les cultures d'agrumes par pays (ACI, 2017).

Oranges	<i>Brésil, Etats-Unis, Inde, Mexique, Chine, Espagne, Iran, Italie, Indonésie, Egypte</i>
Petits agrumes	<i>Nigeria, Chine, Syrie, Guinée, Japon, Arabie Saoudite, Inde, Sierra Leone, Angola, Tunisie</i>
Citrons et citrons verts	<i>Inde, Mexique, Argentine, Brésil, Chine, Iran, Espagne, Turquie, Etats-Unis, Italie, Egypte</i>
Pamplemousses	<i>Etats-Unis, Chine, Mexique, Afrique du Sud, Israël, Inde, Argentine, Turquie, Cuba, Brésil, Tunisie.</i>

1.2. La culture d'agrumes en Algérie.

1.2.1. Production et état sanitaire des verges agrumicoles d'Algérie.

Les agrumes présentent une importance économique considérable pour de nombreux pays. Il en est de même pour l'Algérie où ils constituent une source d'emploi et d'activité économique aussi bien dans le secteur agricole que dans diverses branches auxiliaires (conditionnement, emballage, transformation transport, etc.....) (**Mohamed Amine Ferhat, 2010**).

Selon les récentes statistiques du Ministère de l'Agriculture, l'agrumiculture couvre actuellement une superficie totale d'environ 70.503 ha, soit environ 8% de la superficie totale occupée par les cultures pérennes ; le verger agrumicole algérien est constitué de trois classes d'âge : les plantations de 0 à 10 ans, celles entre 10 et 40 ans (la catégorie qui produit maximum) et celles de 45 et 50 ans.

Les vieilles plantations font l'objet progressivement d'un programme d'arrachage en vue de nouvelles plantations. La production totale avoisine les 1.200.000 tonnes toutes variétés confondues pour un potentiel de 1,5 à 2 millions de tonnes dès l'entrée en production des jeunes vergers. Le verger agrumicole national a été durant de longues années, marqué par un désinvestissement chronique, suite à différentes contraintes rencontrées (remontée de sels dans les régions ouest, déficit hydrique, vieillissement, problèmes sanitaires). Cette situation a conduit les pouvoirs publics dès les années 1990 à engager une réflexion portant relance du programme agrumicole. Compte tenu de l'importance des investissements de départ nécessaires à la création de vergers dans les normes techniques et culturelles, ce programme n'a pas connu l'essor escompté (**ACI, 2017**).

1.2.2. Localisation des principales zones de production d'agrumes en Algérie.

Le verger agrumicole algérien est particulièrement concentré dans les plaines littorales et sublittorales, où les conditions de sol et de climat sont favorables (**Bounab Djamel Eddine, 2018**).

Les principales zones agrumicoles sont localisées comme suit :

- La plaine de la Mitidja.
- Le périmètre de la Mina et du Cas Chéelif.
- Le périmètre de l'Habra.
- La plaine d'Annaba.
- La plaine de Skikda (**Bounab Djamel Eddine, 2018**).

La culture des Citrus est localisée essentiellement dans les zones irrigables de la partie Nord du pays, où elle trouve la température clémente qui assure sa réussite.

La plaine de la Mitidja de la région centre du pays est la zone potentielle en agrumiculture, elle couvre une surface de : 36 219 ha en 2013 ce qui représente environ 56,4% de la superficie agrumicole totale (**Bounab Djamel Eddine, 2018**).

1.3. La culture des agrumes dans la wilaya de Skikda.

Au niveau de la wilaya de Skikda, les agrumes occupent une superficie en rapport de 2723,3 ha représentée par une gamme variétale très importante des orangers, des mandariniers, des clémentiniers et même des citronniers (**DSA, 2021**). Malgré les conditions favorables pour leur culture à Skikda, ce dernier reste confronté à plusieurs contraintes qui limitent sa production (**Kantar Rima, 2016**).

Tableau N°02 : La production d'agrumes (wilaya de Skikda) campagne 2020/21

Variétés d'agrumes	Production (Qx)
<i>Les orangers</i>	404990
<i>Mandariniers</i>	42820
<i>Clémentiniers</i>	56600
<i>Citronniers</i>	28300
<i>Pomelo</i>	100
Total agrumes	532810

(DSA, 2021).

1.4. L'histoire des agrumes et comment ont-ils pu conquérir le monde.

Selon Franck Curk, (2019), pour la plupart des Européens, les agrumes symbolisent la méditerranée, pourtant l'origine des agrumes est principalement asiatique. Le mot "agrumes" d'origine italienne, est un nom collectif, masculin pluriel, qui désigne les fruits comestibles et par extension, les arbres qui les portent appartenant au genre citrus (**Loussert, 1989**). Pour les botanistes, ce sont tous des baies du nom de Hespérides, pour rappeler le mythe grec qui considère les oranges comme des "pommes d'or" du jardin des Hespérides (**Mazza, 1995**).

1.5. Histoire et diffusion des agrumes à travers le monde.

Les agrumes sont originaires des pays du Sud-Est asiatique où leur culture se confond avec l'histoire des civilisations anciennes de la Chine (Loussert, 1989). L'origine géographique exacte des agrumes n'est pas clairement identifiée, bien que la plupart des chercheurs la situe dans le Sud-Est asiatique, au moins 4000 ans. Avant Jésus-Christ. Il existe plusieurs légendes relatives à l'origine des agrumes. (Rosario, 2011)

La culture de certains agrumes en Asie remonterait à plusieurs millénaires. La plus ancienne référence manuscrite serait citée dans un texte de l'un des "cinq classiques" attribués à Confucius, le Shu. Jing, appelé aussi livre des histoires ou classique des documents, qui compile des écrits remontant jusqu'au III^e millénaire av. J.-C. (Camille Jacquemond, 2013). C'est avec le rayonnement des civilisations chinoises et hindoues que leur culture commença à se propager, au cours du premier millénaire avant notre ère, à l'ensemble des pays du Sud-Est asiatique : Sud du Japon et archipel de Malaisie (Loussert, 1989). La première importation d'un agrume en zone méditerranéenne remonterait au III^e siècle av. J.-C, et certains auteurs situent celle-ci lors de l'épopée d'Alexandre le grand en Perse, où le cédratier était cultivé. Appelé à 'époque "Pomme de Perse" ou "Pomme de Médie", le cédrat rapporté en Grèce a rapidement conquis le reste de la méditerranée (Camille Jacquemond, 2013). Les citrons et les bigarades (oranges amères) furent vraisemblablement introduits par les Arabes, qui les répandirent à partir du VIII^e siècle. Jusqu'en Afrique du Nord et en Espagne. D'où ils gagnèrent tout le pourtour méditerranéen. L'orange douce n'apparaît en Europe qu'au XV^e siècle, importée de Chine par les Portugais. Les mandarines, dont l'importance est énorme en Asie du Sud-Est, n'arrivèrent en Occident qu'au cours du XIX^e siècle. (Bachès, 2021) L'essor du commerce maritime au XV^e siècle, permit la diffusion des agrumes à travers le monde (Luro, 2015). Ils sont introduits dans le nouveau monde exactement dans les Caraïbes, lors du second voyage de Christophe Colomb en 1493. Depuis les Caraïbes les agrumes furent diffusés dans de nombreuses régions du continent américain au début du XVI^e siècle (Etats-Unis, Brésil, Argentine, Mexique...), puis en 1654 les Anglo-Hollandais les introduisent en Afrique du Sud. Enfin l'Australie. Pourtant terre d'origine des Micro citrus ne connaîtra officiellement ses premiers Citrus qu'en 1788. La méditerranée n'est donc pas le bassin d'origine, mais bel et bien le bassin à partir duquel sont diffusés les agrumes dans le reste du monde (Frank Curk, 2019).

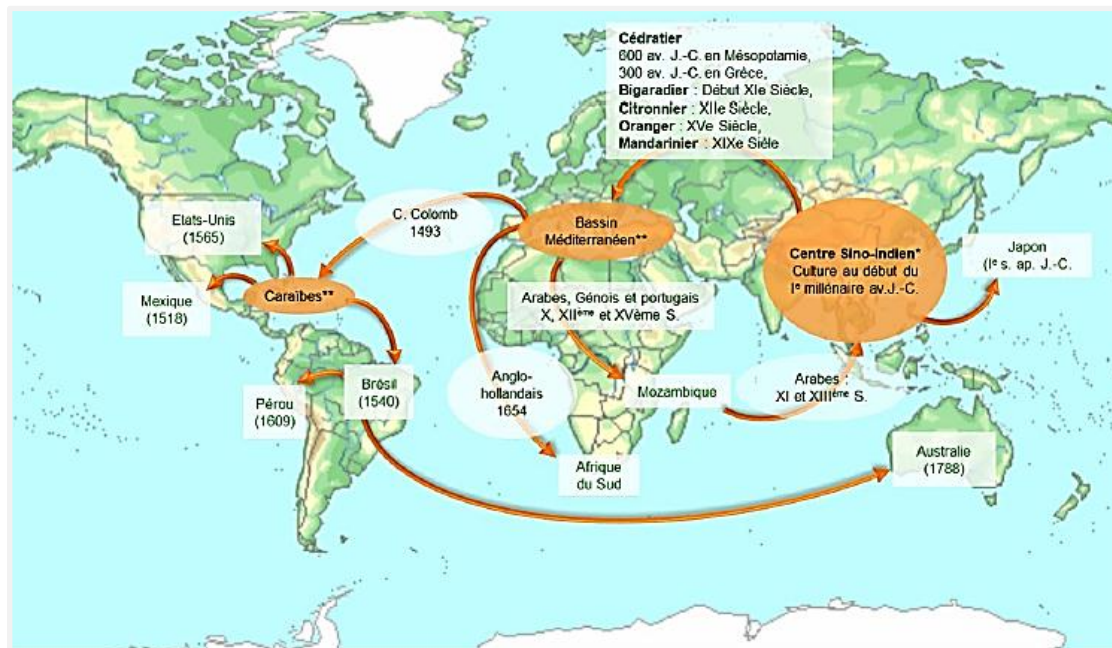


Figure N°02 : Diffusion des agrumes dans le monde (Franck Curk, 2019).

1.6. Classification et description botanique.

Les agrumes sont des petits arbres épineux feuilles persistantes, de la famille des Rutacées (Anonyme, 2002). Rutacée ou *Rutaceae*, c'est une famille de Dicotylédones Dialypétales de l'ordre des *Rutales* qui compte 700 espèces principalement tropicales ou subtropicales. Ce sont des plantes ligneuses, sauf quelques exceptions, telles la rue "*Rutaversicatoria*" qui est herbacée, le plus souvent arbustives ou arborescentes. Leurs feuilles sempervirentes sont entières, parfois folioles, coriaces et luisantes. Leurs fleurs présentent un disque nectarifère surmontant en couronne le réceptacle. Elles sécrètent diverses essences Volatiles étherées. On dénombre 7 sous Familles de *Rutaceae*, mais trois d'entre elle représentent la majorité des espèces dont celles qui présentent une importance économique. Ce sont les *Rutoideae*, les *Aurantioïdeae* les quelles renferment l'ensemble des agrumes qui ressortent pour la plupart du genre *Citrus*, enfin les *Toddalioidae* chez les quilles existent des espèces économiquement importantes (Ramade, 2008). Sous le nom d'agrumes sont regroupées plusieurs espèces du genre *Citrus*, quelques rares espèces des genres *Fortunella* et *Poncirus* (Anonyme, 2002).

➤ **Taxonomie.**

- **Règne :** *Plantae*
- **Sous-division :** *Magnoliophyta*
- **Classe :** *Magnoliopsida*
- **Ordre :** *Sapindales*
- **Famille :** *Rutaceae* (Rodriguez, 2021)

1.7. Description morphologique et physiologique des agrumes.

1.7.1. Morphologie des agrumes.

Les agrumes sont des arbustes toujours verts, à tronc droit, à rameaux nombreux, formant une cime assez dense plus ou moins arrondie (Ouissam, 2014). Avec des feuilles d'un beau vert, à pétiole ailé, des fleurs blanches, parfumées et une présence fréquente d'épines entre les feuilles, qui sentent le fruit lorsqu'on les froisse, "d'un point de vue botanique, le fruit est une baie" (David More, 2005). Comme la majorité des arbres fruitiers un agrume est constitué de l'association d'une porte greffe et d'une variété. Le porte-greffe, par son système racinaire, permet au sujet de s'adapter au sol, la variété porte les fruits (Gautier, 1993).

- **Le système racinaire :** le développement, tant en profondeur que latéralement, u système racinaire de l'arbre adulte est avant tout fonction des caractéristiques physiques du sol. Certes, il est démontré que la nature du porte-greffe joue aussi un rôle dans le développement et la localisation des racines, mais ce rôle n'est que secondaire. En règle générale "cas des terres Franches", le système racinaire des agrumes est essentiellement localisé dans les premiers 100 cm de profondeur (Loussert, 1989). À part les *Poncirus* qui émettent des racines pivotantes profondes, l'enracinement est superficiel et peut s'étendre jusqu'à 6 à 7 m du pied de l'arbre, à la recherche de l'eau et des éléments nutritifs. Cette caractéristique explique la forte sensibilité des agrumes à la sécheresse (Bachès, 2021).
- **Le système aérien :** le système aérien est constitué du tronc, à partir duquel se développent les branches charpentières, puis les ramifications qui porteront les feuilles, les fleurs et les fruits (Loussert, 1989). Son développement est limité en hauteur à quelques dizaines de centimètre par la première taille de formation qui a pour effet de favoriser le développement des futures charpentières. Cette dernières

constituent l'armature de l'arbre, elles sont limitées à 3, 4 ou 5 par la taille de formation, prennent naissance sur le tronc. Elles se divisent en sous charpentières qui à leur tour porteront les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères. C'est au niveau du tronc que se situe la ligne de greffe résultant de l'association de la variété et du porte-greffe (Loussert, 1989).

- **Les feuilles** : les caractères remarquables des divers types de feuilles aident à l'identification des genres et des espèces "**taille et forme de la feuille, pétiole plus ou moins ailé, plus ou moins articulé avec le limbe**". Ainsi, le genre **Poncirus** se distingue des autres par des feuilles caduques et trifoliolées. Les genres **Fortunella** et **Citrus** représentent l'aboutissement d'une évolution au cours de laquelle les deux folioles de base ont disparu. Il convient toutefois de souligner la variabilité des tailles et même des formes foliaires rencontrées chez les agrumes. Les jeunes arbres, par exemple, ont les feuilles plus grandes et souvent plus larges que la feuille-type de l'espèce, tandis que les arbres adultes, et surtout leurs rameaux fructifères, portent des feuilles nettement plus petites et souvent plus allongées. (Mohamed Amine Ferhat, 2010)

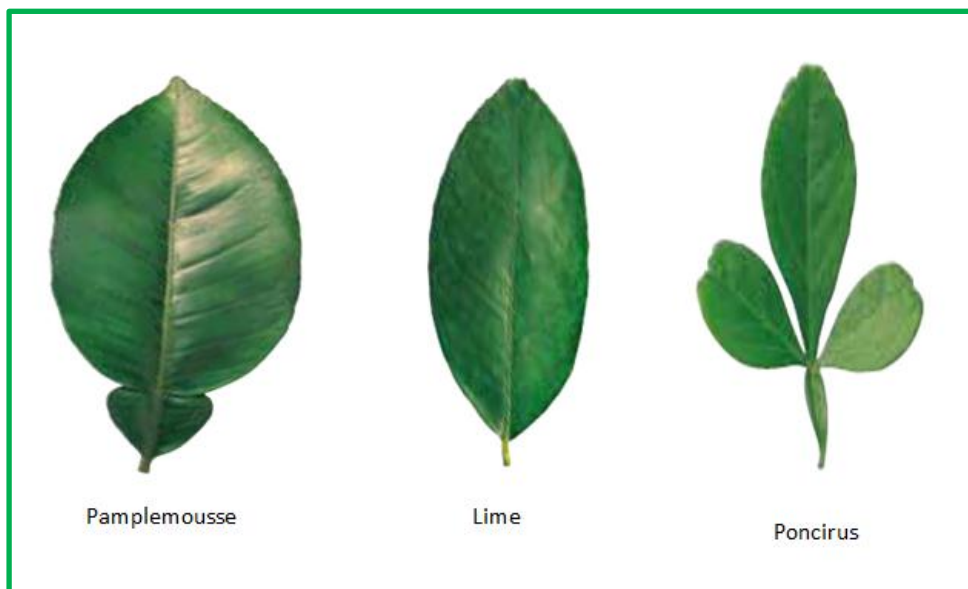


Figure N°03 : Feuilles d'agrumes (Bachès, 2021).

- **Les fleurs** : les agrumes sont hermaphrodites, leurs comporte les deux sexes mâle "les étamines" et femelle "pistil" (**Mohamed Amine Ferhat, 2010**). **La fleure est composée de 3 à 5 sépales colorés en vert, soudés en forme de coupe protectrice, ils constituent le calice, de 4 à 8 pétales "généralement 5", blancs ou légèrement colorés en pourpre chez certaines espèces. "Citronniers, pomelos, limettiers" ; ils forment la corolle, de vingt à trente étamines, soudées à leur base par groupes de 3 à 4. Les anthères renferment le pollen, qui sera libéré au printemps, au moment de la plaine floraison des arbres.**



Figure N°04: Les fleurs des agrumes (Bachès, 2021).

- **Les grains de pollen** : de couleur jaune brillant, sont pourvus de nombreux sillons microscopiques qui leur permettent de se fixer sur le stigmate du pistil "organe réceptif femelle de la fleur", du pistil formé par l'union de plusieurs carpelles l'ovaire constitue la partie basale du pistil, il est surmonté du style qui se termine par le stigmate. (**Loussert, 1989**). Les fleurs sont souvent très odorantes. La floraison est abondante, elle se fait en grappe ou en fleur isolée. L'époque de floraison varie selon les espèces et le climat, de mars à juillet (**Bachès, 2021**). Les fleurs s'épanouissent généralement alors que les fruits de l'année précédente sont encore sur l'arbre (**Anonyme, 1997**). La pollinisation est assurée par le vent et les insectes (**Bachès, 2021**).

- **Les fruits** : selon les espèces, les fruits mûrissent de novembre à mars. Il faut donc 7 à 10 mois pour qu'une fleur se transforme en fruit mûr. La Forme, couleur et taille varient selon les espèces et leurs cultivars : du petit Kumquat au très gros pamplemousse, de verdâtre à jaune, orange ou rouge, de rond, ovale aux formes plus que bizarres du cédrat "Digitata". L'écorce varie aussi beaucoup, de très fine mandarine au cédrat très épais. Les graines sont selon les variétés, inexistantes (mandarines Satsuma) ou très nombreuses (Bigaradier). Leur quantité varie en fonction des différentes plantes en présence lors de la pollinisation. Ainsi, l'oranger "ValanciaLate" à côté d'un mandarinier "Fortune" donnera un fruit à 25 pépins et en présence d'un clémentinier "Marisol", seulement 2 pépins. Comme autre phénomène particulier aux agrumes, citons la "navelisation". Cela correspond à la formation d'un autre petit fruit plus ou moins avorté, soit à l'intérieur soit repoussé vers l'extérieur, formant une protubérance (orange navel) (**Bachès, 2021**).

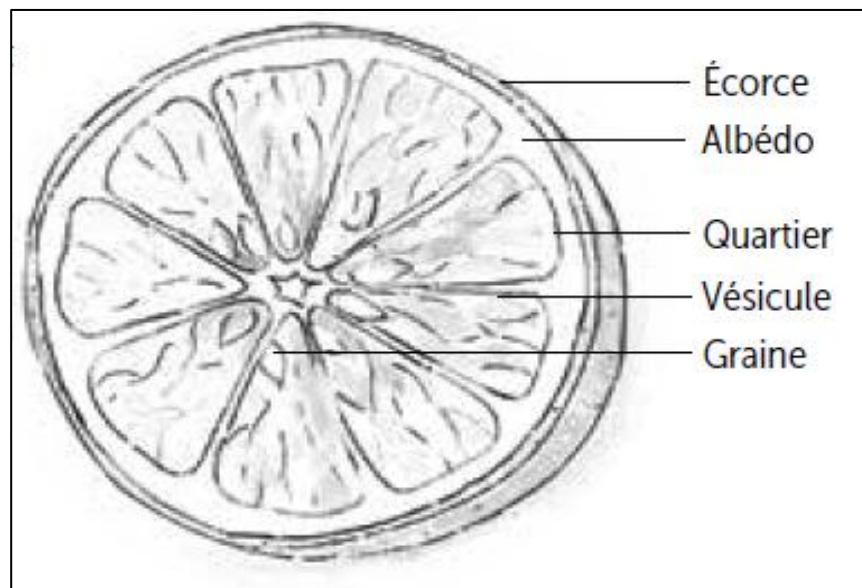


Figure N°05 : Coupe équatoriale d'un fruit d'agrumes (**Bachès, 2021**).

C'est vrai qu'ils sont différents par leur coloration, leur forme, leur grosseur, la composition de leur jus et leur époque de maturité. Cependant, tous les fruits des Citrus cultivés présentent la même structure anatomique, bien que les éléments composant cette structure varient avec l'espèce et la variété (**Loussert, 1989**).

A l'extérieur, l'épicarpe ou flavédo, une écorce voyante parsemée de petites dépressions riches en huile essentielle balsamique, qui brûle dans un éclair de petites explosions quand on l'approche d'une flamme ; puis, le "mésocarpe", une couche blanche spongieuse appelée

"albédo", amère et indigeste, qu'il vaut mieux enlever si on veut utiliser l'écorce ; enfin, "l'endocarpe", constitué d'une pellicule transparente qui contient en général de 5 à 12 "loges", les quartiers, qui sont pleins d'innombrables cellules fuselées, pleines de jus "vésicules à jus ou pulpes" (Mazza, 1995).

Le flavédo représente 8 à 10 % du fruit coloré par des pigments caroténoïdes qui donnent la couleur vive au fruit et l'albédo (30 % du fruit), tandis que les vésicules gorgées de jus représente 40 à 45 % du fruit. Les matières insolubles sont estimées de 20 à 30 % du fruit (Mohamed Amine Ferhat, 2010).

1.7.2. Physiologie et phénologie des agrumes

1.7.2.1. Principales étapes de la vie de l'arbre : différentes étapes caractérisent la vie d'un arbre d'agrumes depuis la pépinière jusqu'à la sénescence.

- **Période d'élevage en pépinière** : cette période, d'une durée de 12 à 36 mois, se déroule en pépinière. Elle commence avec le semis des graines pour la production du porte-greffe, et se termine avec l'élevage du jeune plant. (Loussert, 1989)

Après la plantation, les jeunes arbres traversent une période de non-production, dite "**phase de juvénilité**" durant laquelle ils développent leur système racinaire et leur frondaison (Camille Jacquemond, 2013), l'arbre se caractérise par son incapacité à fleurir et à fructifier. Le jeune plant pousse avec vigueur et fournit une ramification abondante. (Gautier, 1993)

Etant donné jeunes ces arbres vont aller croissants pour atteindre la période dite "**phase adulte**", économiquement profitable pour l'agrumiculteur (Camille Jacquemond, 2013).

Cet âge adulte de l'arbre commence avec la floraison et la fructification. La végétation se régularise, l'arbre fruitier atteint alors un équilibre entre les organes à fruits et les organes à bois (Gautier, 1993). C'est-à-dire équilibre entre croissance végétative et production fruitière et avec des soins appropriés, on peut garder cet équilibre durant plusieurs années voire même pour des décennies jusqu'à ce que le renouvellement des pousses commence à se ralentir, que les récoltes s'amointrissent avec une qualité des fruits qui diminue.

On entre alors dans **la phase de vieillissement du verger**, la pratique de certaines techniques culturales comme le sous-solage pour régénérer le système racinaire, la

taille sévère des rameaux âgés, une fumure azotée copieuse peuvent, dans une certaine mesure, redonner un « coup de fouet » à la végétation (Loussert, 1989).

- **La période de décrépitude** : c'est la période où il convient de prendre la décision d'arracher les arbres, car les frais d'entretien ne sont plus couverts par la vente des récoltes. Les arbres, affaiblis, deviennent sensibles à de nombreuses attaques parasitaires, qu'accentuent souvent des carences alimentaires. Les récoltes sont faibles et les fruits produits sont de qualité médiocre (Loussert, 1989).

1.7.2.2. Cycle annuel de développement chez les agrumes

- **La différence entre croissance et phénologie** : la croissance d'un végétal est un phénomène perceptible : la plante augmente de volume et le poids. La croissance de l'arbre entier suppose l'accroissement des parties existantes et la formation d'organes nouveaux : nouvelles feuilles, ramifications de la tige, ... La croissance est une notion quantitative, elle est susceptible de mesure : accroissement de la circonférence du tronc. Le développement implique un "changement qualitatif qui fait franchir au végétal une étape bien particulière de sa vie" (P. Champagnat, 1971). Bien que la phénologie c'est l'étude des phénomènes biologique saisonniers qui sont sous l'influence des variations climatiques. Un cycle phénologique correspond aux différentes phases physiologiques annuelles sensibles au climat comme le débourrement, la floraison et, le développement des fruits, qui sont ainsi décomposées en "stades phénologiques" (Camille Jacquemond, 2013).
- **La croissance végétative** : sous climat de type tropical, le développement végétatif des agrumes est relativement continu. Dans les régions à hivers marqués (climat méditerranéen) ou présentant des périodes de sécheresse (conditions subtropicales), la croissance devient discontinue. Sous climat méditerranéen, c'est en période hivernal que l'arbre cesse toute croissance visible : il entre en état de "dormance", qui est en fait un pseudo-repos végétatif car un certain nombre d'activités métaboliques internes se poursuivent. On différencie trois phases principales annuelles de croissance et de renouvellement végétatif chez les agrumes appelées "pousse de printemps", "pousse d'été" et "pousse d'automne" (Camille Jacquemond, 2013). Lors de **la poussée du printemps** qui se manifeste du fin février au début mai, les ramifications s'allongent et se développent de jeunes feuilles de coloration vert clair, très distinctes des autres feuilles plus âgées colorées en vert sombre. Sur ces nouvelles ramifications

apparaissent en avril-mai les pousses fructifères (boutons floraux, puis fleurs). Seules les pousses fructifères bien alimentées verront leurs boutons floraux évoluer en fruits. En générale ce sont les fleurs en situation terminale qui auront la meilleure alimentation et doront les fruits. La présence d'un nombre élevé de feuilles sur la pousse fructifère favorisera l'évolution du (ou des) bouton floral en fruit. En été (courant juillet- août) se développe **la pousse d'été**, plus ou moins vigoureuse suivant les températures, les irrigations et la vigueur des arbres. Cette pousse est en général moins importante que les pousses de printemps et d'automne. En ce qui concerne la troisième pousse, dite **pousse d'automne**, elle apparaît d'octobre à la fin novembre. Son rôle est d'assurer en partie le renouvellement du feuillage (**Loussert, 1989**). L'émission de ces pousses végétatives a principalement lieu sur les jeunes ramifications de l'année précédente, mais également sur les ramifications de l'année en cours pour les pousses d'été et d'automne (**Camille Jacquemond, 2013**).

- **Le rôle des hormones végétales** : La croissance des organes végétaux : bourgeons, feuilles, racines, ..., résulte de l'action conjuguée des facteurs de stimulation et des facteurs d'inhibition qui sont des hormones sécrétées par le végétal lui-même (phytohormones). Produites par certaines cellules, ces substances sont généralement transportées à quelque distance de leur lieu de formation et, agissant à des doses extrêmement faibles, règlent un processus physiologique spécifique.

La régulation hormonale suit un schéma complexe où interviennent plusieurs substances, et leur action interfère avec les facteurs de nutrition. La présence de différentes hormones, stimulantes ou inhibitrices, permet un contrôle des divers aspects du développement de l'arbre. On peut signaler en gros cinq groupes de phytohormones : L'auxine (AIA), les gibbérellines (GA), les cytokines, l'acide abscissique (ABA) et l'éthylène (**Gautier, 1993**).

- **Le développement floral** : Les principales étapes du développement floral sont, comme pour l'ensemble des autres espèces fruitières : la floraison, la pollinisation et la fécondation (**Loussert, 1989**).
 - **L'induction et différenciation florale** : pour donner naissance à une pousse florifère, le bourgeon doit avoir reçu au préalable un ensemble de signaux lui permettant d'acquérir l'aptitude à fleurir : c'est le processus d'induction florale. Il passe alors d'un état végétatif à un état reproducteur. Environ un mois et demi à deux mois plus tard se produit la différenciation florale, qui consiste en la formation des ébauches florales à l'intérieur du bourgeon sans qu'aucun signe

extérieur visible n'apparaît (Camille Jacquemond, 2013). Durant l'étape de l'induction florale les changements que connaît l'arbre sont concentrés, surtout, au niveau des feuilles et des apex végétatifs. Plusieurs travaux de recherche ont confirmé qu'un stress hydrique modéré cause une interruption de la croissance végétative, tout en favorisant la floraison. En effet le degré de l'initiation florale est proportionnel à l'intensité et durée du stress hydrique (bacteries-champignons.blogspot, 2012).

La différenciation florale est alors liée dans ce cas à la reprise de l'irrigation ou à l'apparition des pluies. Etroitement liés aux conditions environnementales, les mécanismes internes aboutissant à la différenciation florale mettent en jeu des régulations (régulateurs de croissance) dont les mécanismes restent mal connus (Camille Jacquemond, 2013).

- **La floraison :** la floraison a lieu après l'induction et la différenciation florale, quand la température et les conditions d'humidité du sol sont favorables. Le seuil minimum de température pour que la floraison soit déclenchée est de 8°, 4° c, ce qui est très bas en comparaison avec la valeur minimale pour la croissance végétative (12°) (bacteries-champignons.blogspot, 2012).

Pour la plus part des citrus cultivés la floraison se déroule au printemps, de la fin mars au début mai, en même temps que s'effectue la pousse de printemps. Les chutes naturelles de fleurs sont importantes aux stades : bouton floral, fleurs épanouies et en fin de floraison. Ces chutes naturelles, d'ordre physiologique et hormonal, sont nécessaires pour assurer un calibre convenable des fruits. Mais si ces chutes naturelles se trouvent amplifiées par des accidents climatiques (gel ou vent chaud), ou par l'attaque de ravageurs, elles peuvent entraîner une forte diminution de la production (Loussert, 1989).

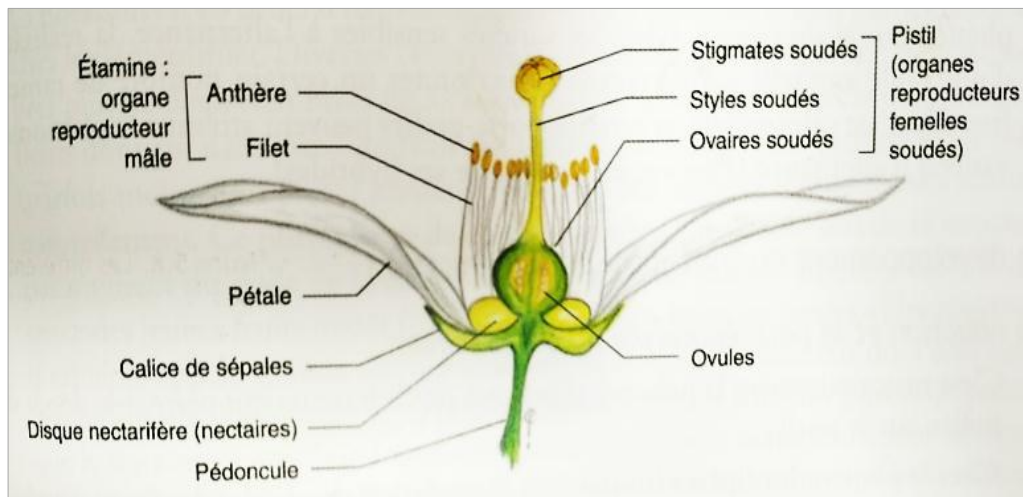


Figure N°06 : Coupe d'une fleur de clémentinier (Camille Jacquemond, 2013).

- L'évolution de la fleur vers le fruit passe par la fécondation.

Les étapes de la fécondation :

- **La pollinisation :** les étamines libèrent le pollen (déhiscence des anthères). Celui-ci est transporté sur le stigmate du pistil, ce transport est assuré par le vent ou plus souvent par les insectes.

Principalement les abeilles attirées par le nectar sécrété par les disques nectarifères. En période de pollinisation, si le temps est humide et frais, les insectes pollinisateurs sont peut actifs, les grains de pollen sont détériorés par l'excès d'humidité, la pollinisation peut être insuffisante (**Loussert, 1989**).

- **La germination du pollen :** le grain de pollen déposé sur le stigmate germe, émet un tube pollinique qui chemine à l'intérieur du pistil pour atteindre l'ovule.
- **La fécondation :** elle est pleinement assurée (fécondation complète) chez les espèces et les variétés riches en pépins (**Loussert, 1989**).

L'extrémité du tube pollinique pénétré dans l'ovule. Ce tube contient deux noyaux mâles, les deux Anthérozoïdes ou gamètes mâles fusionnent avec l'oosphère gamète femelle de l'ovule et l'autre avec les deux noyaux polaires donnant respectivement l'embryon et l'albumen c'est la double fécondation. L'embryon et l'album en issus de cette double fécondation se développent sous l'influence d'hormones sécrétées par l'albumen. En même temps, les cellules de l'ovaire se développent pour former le péricarpe ou la chair du fruit (**Gautier, 1993**).

- **La croissance des fruits**

Les différentes étapes de la vie du fruit :

Les trois étapes essentielles du développement du fruit sont : **la nouaison, le grossissement et la maturation** (Loussert, 1989).

➤ **La nouaison :**

Après la chute des pétales l'ovaire de la fleur se développe à la suite de la fécondation ou d'une autre stimulation pour les fruits par théocratiques : **c'est la nouaison.**

Les fruits qui ne sont pas noués tombent peu après avoir jauni, une fois la défloraison terminée on a une idée assez juste du taux de fécondation. Les fruits noués poursuivent leur croissance de façon intense pendant plusieurs semaines jusqu'en juin. A cette époque un certain nombre de fruits cessent de grossir et tombent, c'est la fameuse chute de juin.

Ces chutes physiologiques manifesteraient une régulation propre à l'arbre qui ajuste le nombre de fruits à ses possibilités d'alimentation.

D'autres chutes peuvent encore survenir aux approches de la maturité. Elles sont souvent causées par des accidents d'origine diverse : climatiques (**vent, sécheresse**), nutritionnelle (**carences alimentaires**), parasitaires (**fruits véreux...**) (Gautier, 1993).

➤ **Le grossissement du fruit :**

Après sa nouaison, le grossissement du fruit est rapide (mai-juin) (Loussert, 1989). Le fruit augmente le volume à la suite de deux phénomènes : la division des cellules contenues dans le fruit et le grossissement de ces mêmes cellules.

Plus le nombre de cellules est élevé plus le fruit a des chances d'atteindre un fort calibre. Cette phase représente donc une importance capitale pour le rendement et la qualité des fruits (Gautier, 1993).

Les principaux facteurs qui jouent sur ce grossissement sont :

- **L'âge et vigueur de l'arbre :** les jeunes arbres ont tendance à donner de plus gros fruits, à peau épaisse, plus grossière et à maturation plus longue.
- **Les conditions climatiques :** l'excès de chaleur (vent chaud desséchant), une alimentation en eau insuffisante, donneront des fruits de petit calibre, à écorce dure et à maturité plus tardive (Loussert, 1989).

➤ **La maturation du fruit :**

Il s'écoule six à sept mois entre la floraison et la récolte, suivant les années et les variétés. La croissance du fruit atteint sa vitesse maximale vers la fin de l'été et le début de l'automne, puis elle commence à diminuer au cours de l'automne. La maturité du fruit s'exprime à la fois par sa couleur et par ses caractéristiques organoleptiques évaluées, en particulier, à partir de son taux d'acides organiques libres (acide citrique majoritairement) et de sa concentration totale en substances solides solubles (majoritairement des sucres) dans le jus. Le climat pendant cette période, en particulier l'intensité des pluies ou le manque d'eau, aura un impact direct sur la qualité interne finale du fruit (Camille Jacquemond, 2013).

Synthèse Bibliographique

Chapitre II :

La culture des agrumes

2.1. Exigences pédoclimatiques des agrumes.

2.1.1. Exigences climatiques.

- **Besoins en chaleur :** la culture des agrumes est possible partout où la température moyenne de l'année est supérieure à 13 ° et inférieure à 39°. Ils préfèrent les climats maritimes des zones subtropicales.
- **Besoins en aux :** 120 mm par pois représente une quantité d'eau au-dessous de laquelle la culture des agrumes exige le recours à l'irrigation. Mais il faut aussi tenir compte de la répartition des chutes de pluies, de leur intensité aux différentes saisons. Quand une nappe d'eau se trouve en permanence proche des racines, les agrumes peuvent satisfaire leurs besoins en eau sans irrigation (**Anonyme, 2018**).
Dans beaucoup de régions arides, la qualité de l'eau est marginale pour la croissance des agrumes qui y poussent en raison de la salinité et la contamination avec des métaux lourds ou d'autres substances toxique. Donc une analyse de l'eau est indispensable (**Anonyme, 2003**).
- **Besoins en lumière :** la lumière a une action très remarquée sur la qualité et la coloration des fruits. Une orangerie bien exposée est à préférer (**Anonyme, 2018**).
- **L'humidité :** l'humidité ne semble pas avoir une forte influence sur le comportement des agrumes eux même. Elle a par contre des incidences sensibles sur le développement de certains parasites phytophtoras, pourritures, cochenilles (Loussert, 1989). Il est alors fortement conseillé d'éviter les expositions littorales, et les terrains hydro morphes où l'humidité est toujours excessive. D'un autre côté, la faible humidité de l'air augmente la transpiration des agrumes et élève le besoin en eau d'irrigation (**Selma, 2020**)
- **Besoins en altitude :** 1000 – 1300 m (optimum), pas trop exposé aux vents. Au-dessous de 800 m, les fruits manquent de saveur. La peau des oranges reste verte, les cloisons deviennent plus épaisses (**Anonyme, 2018**).

2.1.2 Caractéristiques du sol.

Les agrumes peuvent être cultivés dans une gamme très grande de conditions édaphiques qui varient depuis les sables gros à faible contenu de nutriments, jusqu'aux marnes sableuses, aux sols de marne modérés ou lourds et même aux sols tropicaux ferrallitiques. Les arbres des agrumes poussent mieux dans un sol avec un pH entre 5,5 et 7,0 dû à l'adéquate disponibilité de nutriments qui s'y trouvent. Les sols avec un pH inférieur à 5,5 peuvent être soumis à une toxicité par aluminium ou déficience de phosphore ; le pH peut être augmenté avec de la chaux.

Choisir une zone avec un drainage adéquat est important pour la production réussie d'agrumes. La croissance des arbres d'agrumes est plus réduite dans des sols avec un drainage déficient ou lorsqu'il y a des couches de sol compact présentes autour des racines. Le drainage déficient entraîne des problèmes avec la phytophthora et d'autres maladies qui ont leur origine dans le sol.

La croissance de racines et d'arbres est aussi restreinte dans des sols dont le contenu d'argile dépasse 50 % (Anonyme, 2003).

2.2. La diversité des agrumes.

D'un point de vue strictement botanique, les travaux de 1997 menés par l'Anglais Mabberley sur la base d'analyses d'enzymes, ont montré qu'il n'y aurait même que 5 espèces naturelles qui seraient à l'origine de tous les Citrus connus aujourd'hui ! Il s'agirait de *Citrus medica* (cédrat), *Citrus maxima* (pamplemousse), *Citrus reticulata* (mandarine) et deux autres espèces aujourd'hui disparues.

Quoi qu'il en soit, chaque espèce se décline ensuite en une multitude de variétés cultivées (cultivars) : plus de 1000 pour les orangers, près de 500 pour les mandarines...

On dénombre au total plus de 2500 appellations. En incluant les synonymes locaux et les appellations commerciales pour les besoins du marketing (par exemple la variété de Pamplemousse "Oroblanco" est vendue sous le nom de "sweetie", la Mandarine 'Nova' sous celui de "Clémenville", etc.), on a rapidement le vertige!

- **Le cédratier :**

*Citrus medica*L. - Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Le cédratier est un arbre qui n'atteint jamais ni une grande taille (5 m maximum) ni un grand âge (environ 13 ans). De port très ouvert, ses branches épineuses sont couvertes de feuilles persistantes et portent des bourgeons floraux rose violet qui s'épanouissent

au printemps. Les fleurs du cédratier sont solitaires, de grandes tailles, odorantes et visibles longtemps. Elles sont composées de 5 pétales blancs à l'intérieur et sont nuancées de rose à l'extérieur. Le fruit, cédrat, est une grosse "baie cortiquée", ovoïde, jaune vert, odorante, mamelonnée, à la surface très rugueuse. Elle a la particularité de garder le style du pistil après que le fruit a commencé à pousser, ce qui en fit le symbole de la fertilité dans les derniers siècles avant J.-C. L'aspect du cédrat rappelle le citron mais il est plus volumineux. Son écorce, plus épaisse renferme une pulpe peu abondante, blanchâtre et légèrement acide. Le cédrat se récolte à la fin de l'été.

- **Le citronnier :**

Citrus limon (L.) Burm.f. - Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Le citronnier est un arbuste vigoureux aux branches robustes et épineuses. Les feuilles alternes et coriaces sont grandes et très parfumées. Les fleurs sont blanches et peu odorantes, regroupées à l'aisselle des feuilles. Les fruits sont des baies ovales, jaune vif, avec un mamelon au sommet. La peau est épaisse et contient de très nombreuses poches à huile essentielle. Enfin, la pulpe très acide et juteuse entoure quelques pépins. L'origine de cet arbre est inconnue,

Mais on pense qu'il provient d'Asie Mineure (ou d'Afrique du Nord).

Très cultivé en Égypte et en Irak vers 700 après. J.-C., c'est Christophe Colomb qui l'introduisit en Amérique Centrale en 1493.

- **Le combava :**

Citrus hystrix DC. - Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Le combava est un petit arbre souvent épineux aux feuilles vert-foncé à pétiole largement ailé. Les petites fleurs sont blanches et les fruits qui sont des baies rondes, ont une écorce très grumeleuse à circonvolutions. La pulpe peu juteuse, est acide et amère avec des pépins. Les fruits deviennent jaunes à maturité. Ils sont cueillis verts, au moment où leur concentration en huiles essentielles est au maximum. On considère que l'arôme du combava est inoubliable et ce fruit mériterait d'être plus cultivé.

- **Le kumquat :**

FortunellamargaritaSwingle(espèce la plus connue)

FortunellajaponicaSwingle- Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Le kumquat est un arbrisseau à croissance lente atteignant jusqu'à 5 mètres de hauteur. Les feuilles alternes, sont vert foncé et luisantes et les fleurs, petites et blanches sont très parfumées. Les fruits, ovoïdes ou allongés sont des baies orangées à la peau lisse. Le kumquat est comestible dans sa totalité (écorce + pulpe). Il est juteux, acidulé et très parfumé. La variété "margarita" possède des fruits plus longs que la variété "japonica". Le nom "Fortunella" vient du naturaliste écossais du XIXe siècle, Robert Fortune.

- **Le limettier :**

Citrus aurantiifoliaSwingle- Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Cet arbuste mesure environ 6 mètres de hauteur. Il est pourvu de 3 épines de 6 cm de long à l'aisselle de chaque feuille. Celles-ci sont vertes et coriaces, denticulées. Lorsqu'on les froisse, elles ont une odeur aromatique agréable. Les fleurs sont blanches ou rose clair et odorantes.

On peut les trouver solitaires ou en groupes de 3 à 10. Les fruits, appelés lime ou citron vert, sont des baies rondes à écorce lisse ou peu rugueuse. Ces baies vertes deviennent jaunes en mûrissant. La pulpe est très aromatique, acidulée, vert clair. Bien qu'originaire du Sud-Est asiatique, il est aujourd'hui très répandu sous les tropiques.

- **Le mandarinier :**

Citrus reticulataBlanco - Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Certainement importé de l'Île Maurice où il fut introduit en 1606, le mandarinier se rencontre à la Réunion. C'est un arbre de taille variable, mais caractéristique par son port érigé. Les fleurs sont petites et blanches, en bouquet. Le fruit est une baie globuleuse, et aplatie sur ses deux pôles. La peau est fine et d'un orange intense à maturité.

À noter que la clémentine, parfois confondue avec la mandarine, est un hybride entre cette dernière et l'orange.

- **L'oranger :**

Citrus sinensis (L.) Osbeck - Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

L'oranger est un arbre au port harmonieux et de croissance rapide. Son aspect est plutôt arrondi ou parfois en colonne. Les branches portent des feuilles vert sombre, ovales, coriaces et finement denticulées. Le pétiole est légèrement ailé. Les fleurs sont très odorantes, à 5 pétales blancs recourbés vers l'arrière. Le fruit est une baie généralement ronde.

Sa coloration et sa grosseur varient sensiblement selon la variété. La pulpe se divise en quartiers composés de vésicules juteuses et de graines dures de couleur blanche. L'oranger est l'un des agrumes le plus répandu au monde et le plus connu.

- **L'Oranger Amer ou Bigaradier :**

Citrus aurantium L. - Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

L'oranger amer est un bel arbrisseau épineux. Ses feuilles vert-brillant ont une odeur faible et une saveur amère. Elles sont ovales, subaiguës au sommet, à pétiole articulé et plus ou moins ailé. Elles mesurent environ 8 cm de longueur et 4 cm de largeur. Les fleurs pouvant atteindre 25 mm, sont blanches et très odorantes. Le fruit appelé Bigarade est une baie

corticée vert-jaune ou rouge-orangé à maturité, avec des ponctuations bien distinctes. Le goût, acide et très amer, le rend impropre à consommation. On produit aussi " l'essence de néroli " à partir de ses fleurs ainsi que " l'essence de petit-grain " à partir de ses jeunes pousses et de ses feuilles. D'après la légende, c'est Héraclès qui trouva le Jardin des Hespérides avec l'arbre aux Pommes d'Or. Ce jardin se situerait à l'extrême occident de l'Europe : au Portugal d'où les noms de "portogallotto " en piémontais italien ou " portokale " en albanais donnés à l'orange.

- **Le pamplemoussier :**

Citrus maxima (Burm.). Merr. - Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Le pamplemoussier est un arbuste (ou un petit arbre) en général épineux. Ses feuilles sont grandes, alternes pourvues d'un pétiole très ailé en forme de cœur. Les fleurs qui apparaissent au mois d'avril sont blanc-jaunâtre et odorantes. Le fruit, le pamplemousse, est une baie qui peut peser jusqu'à 8 kg (!) sous des climats chauds et humides. La peau très épaisse, lisse ou granuleuse, varie du jaune clair au vert clair.

À l'intérieur du fruit se trouve la pulpe découpée en quartiers dont les vésicules sont juteuses, jaune clair, roses ou rouges. Au goût, le pamplemousse est aigre-doux. Le pamplemousse est le plus gros des agrumes. En Europe, on parle indifféremment de pamplemousse ou de pomelo (dénomination anglaise).

- **Le pomelo :**

Citrus paradisi Macfad- Famille : Rutaceae

- ✓ Description :

Le pomélo est un grand arbre aux feuilles ovales, larges et brillantes. Les fleurs blanches apparaissent à l'aisselle des feuilles et donnent des fruits en grappe. Quant aux fruits, appelés à tort, pamplemousses, ils sont gros, à la peau un peu épaisse et lisse, de couleur jaune ou rosée à maturité. La pulpe du fruit est blanche ou rosée, voire rouge selon la variété, et son goût légèrement amer et acide. Le pomélo est moins souvent rencontré que le pamplemoussier dans les jardins créoles dont il est originaire.

En France, on consomme des pomélos sous le nom de pamplemousses ce qui crée des confusions avec le pamplemousse tropical (Anonyme, 2008).

2.3. La multiplication.

La pratique du greffage est la méthode de la plus couramment utilisée pour reproduire fidèlement les variétés, activer la mise à fruits, avoir une plantation homogène et lutter contre la gommose à phytophthore. Le semis reste cependant le moyen de multiplication du porte-greffe (Theatre, 1994).

Le semis des graines est un mode de multiplication naturel "multiplication sexuée" qu'on utilise depuis longtemps en arboriculture fruitière. On continue toujours à recourir à cette méthode mais son emploi est limité.

Les arbres multipliés par la voie sexuée sont appelés "francs" ils sont vigoureux forment une ramure difficilement maîtrisable, ont une mise à fruit tardive et forment des fruits de qualité inférieure, ils sont souvent indemnes de maladies virales. C'est pour ça qu'ils sont utilisés comme porte-greffe.

Le greffage quant à lui c'est un moyen de multiplication végétative asexuée. Opération qui consiste à insérer le greffon, représentant la partie végétative ou variété sur le sujet ou porte-greffe, représentant la partie racinaire. Le greffage des arbres fruitiers peut être fait par plus de cent manières différentes (Benttayeb, 2011).

Les méthodes de greffage les plus courantes pour des jeunes plants sont l'écussonnage et la greffe en copeau (chip-Bud ding), très économe en greffons. La greffe est réalisée à 30 cm de hauteur sur des plants semi-lignifiés, bien en sève, ayant un diamètre d'environ 0,8 cm. Les greffages doivent être d'origine garantie, indemnes de maladies transmissibles (**Anonyme, 2002**).

2.4. Matériel végétal.

Les vergers d'agrumes seront établis exclusivement à partir de plants greffés. Même dans les zones exemptes de Tristeza il est vivement conseillé d'utiliser des plants greffés sur des porte-greffes tolérants à cette maladie (**Anonyme, 2018**).

2.4.1. Choix du porte-greffe et du greffon "variété".

- **Le rôle du porte-greffe :** le porte-greffe permet d'adapter une même variété de fruit à plusieurs types de sol différents. Il peut, par ses propriétés, conférer au greffon des tolérances à certaines maladies ou accidents de culture. Il réduit la vigueur de certaines variétés afin d'en faciliter la conduite et d'induire une production de fruits sur des arbres jeunes (**maisondesagrumes, 2013**).
- **Les qualités essentielles d'un bon porte greffe :** un bon porte greffe doit être :
 - Résistant à la gommose à phytophthora, maladie cryptogamique qui affecte les tissus conducteurs de sève des racines et du tronc.
 - Tolérant au virus de la tristeza.
 - Tolérant aux sols alcalins et à teneurs élevées en sels (ces types de sols sont fréquents en zone méditerranéenne).
 - Apprécié par les pépiniéristes, à une multiplication et un élevage facile, donnant des plants homogènes et offrant une affinité au greffage avec les principales espèces et variétés commerciales...etc.

Il est certain qu'un porte idéal n'existe pas. Chaque porte greffe susceptible d'être utilisé présente des particularités qui se rapprochent plus ou moins de ces qualités, mais ils possèdent tous quelques défauts (**maisondesagrumes, 2013**).

2.4.2. Le choix de la variété.

L'orientation commerciale de l'entreprise va naturellement peser sur le choix des variétés. Le producteur ne devrait planter que celles pour lesquelles les débouchés sont assurés.

Par ailleurs, l'expérience montre que chaque variété fruitière donne son maximum en qualité et en quantité dans des conditions climatiques définies. Une mauvaise adaptation de la variété au milieu se traduit par des baisses de rendement, une qualité irrégulière, des difficultés de culture, c'est-à-dire en fin de compte par une diminution de la rentabilité.

Dans le cas d'une exploitation uniquement fruitière, une certaine diversification des espèces et des variétés nous paraît souhaitable, car la monoculture rend l'exploitation plus sensible aux crises : surproduction et mévente.

Par ailleurs, la bonne organisation des travaux requiert l'étalement de la cueillette sur une période assez longue, en conséquence l'échelonnement de la maturité des fruits (**Gautier, 1978**).

2.5. L'itinéraire technique et l'élaboration du rendement.

La culture des agrumes n'est pas très compliquée, il faut cependant tenir compte du climat de la région dans laquelle vous vous trouvez, afin d'y adapter les pratiques culturales.

Pour ceux qui sont situés dans le bassin méditerranéen, vous pourrez les planter en terre. La chaleur, le peu de températures négatives et un très grand ensoleillement seront les facteurs déterminants pour une culture en pleine terre. Pour les autres régions, optez pour une culture en pot (**desjardins-inspirations, 2021**).

Étant donné qu'ils ont un réseau de racines réduit, fin et superficiel, tous les agrumes s'adaptent facilement à une culture en pot (**Mazza, 1995**).

La création d'un verger met en jeu des investissements élevés. Elle immobilise un capital important pour une longue durée. Le verger occupe le sol plusieurs dizaines d'années et ne peut être arraché et transformé du jour au lendemain. En arboriculture les erreurs ne se manifestent que quatre ou cinq ans après la plantation, c'est-à-dire quand il est souvent trop tard pour y porter remède. Avant de planter, il est donc nécessaire d'étudier le problème sous tous ses aspects et de s'entourer de toutes les précautions. Il vaut mieux retarder la plantation d'un ou de deux ans plutôt que de planter dans la hâte et l'improvisation (**Gautier, 1978**).

2.5.1. La préparation du sol.

Les sols ont des propriétés chimiques et physiques critiques dont dépend leur capacité de fournir les éléments minéraux, l'eau et les autres facteurs nécessaires à une production végétale optimale (Raven, 2014).

Puisque le sol représente le support physique de notre culture c'est important du bien préparé. Dans un souci de qualité, le travail du sol devra être effectué par temps sec et après un ressuyage. La préparation de sol a pour but de faciliter l'implantation et le développement racinaire des plans.

Une succession d'opérations doit donc être envisagée mais doit avant tout tenir compte des particularités du terrain.

Pour les sols accessibles à la mécanisation, on effectuera les opérations suivantes :

- Décompacter le sol et casser un éventuel horizon tassé et durci pour améliorer le drainage : un sous-solage croisé en diagonale par rapport à l'axe de la pente, à une profondeur de 80 cm si possible.
- Rééquilibrer chimiquement les parcelles :
Les amendements à apporter seront définis au vu des résultats d'analyses de sol pratiquées sur des échantillons prélevés à 25 cm et à 50 cm de profondeur par un technicien spécialisé.
- Labour de défoncement si le profil du terrain le permet.
- Etablissement du réseau de drainage.
- Piquetage.
- Constitution de buttes d'une hauteur moyenne de 30 cm et d'un diamètre à la base de 1 m. ces buttes pourront être d'un volume plus important si la zone est très hydro morphe et propice au développement d'attaque de gommose à phytophthora (Anonyme, 2018).

2.5.2. Implantation de bris vent.

Lorsque le verger n'est pas abrité, la constitution de rideau d'arbres autour de la parcelle et souvent indispensable pour éviter les effets néfastes des vents dominants. On choisira de préférence des espèces dont le feuillage n'est pas trop dense (pour éviter les turbulences) et dont le développement en hauteur sera assez important un brise-vent protégera la culture sur une distance équivalente à 10 fois sa hauteur. La concurrence avec la culture doit être également prise en compte : on laissera une distance suffisante entre les arbres du verger et le brise-vent.

Il est fortement conseillé d'implanter le brise-vent au moins un an avant la plantation du verger et de lui aménager un système d'irrigation propre si nécessaire. Il faudra également calculer ses besoins en fumure propre pour qu'il ne prélève pas directement ses besoins sur les apports destinés à la culture (**Anonyme, 2018**).

2.5.3. La fertilisation.

Pour la planification du concept de nutrition de l'arbre du verger, il est essentiel de réaliser à l'avance une évaluation des conditions chimiques, physiques et biologiques du sol. Les résultats trouvés montreront les points faibles du sol et la nécessité d'amélioration. C'est seulement en ce moment-là que peut être planifiée la stratégie avec laquelle les fertilisants pourront mieux garantir une nutrition optimale de l'arbre et de la condition du sol (**Anonyme, 2003**).

La croissance normale de la plupart des plantes exige au total dix-sept éléments minéraux. Parmi eux, le carbone, l'hydrogène et l'azote proviennent de l'air et de l'eau. Les autres sont absorbés par les racines sous forme d'ions. Ces 17 éléments sont classés en macronutriments et micronutriments en fonction des quantités nécessaires. Les macronutriments sont le soufre, le phosphore, le magnésium, le calcium, le potassium, l'azote, l'hydrogène, le carbone et l'oxygène. Les micronutriments sont le molybdène, le nickel, le cuivre, le zinc, le manganèse, le bore, le fer et le chlore (**Raven, 2014**).

Dans la majorité des sols, il faut une fertilisation primaire avec de l'azote et du potassium pour obtenir des rendements acceptables. L'analyse des feuilles et du sol est un outil important dans le contrôle de l'état nutritionnel du sol et de la plante et pour la planification de la fertilisation (**Anonyme, 2003**).

2.5.4. La plantation.

Les plants sont installés, six mois à un an après le greffage, sur un terrain préalablement aménagé (**Anonyme, 2002**).

Lors de la plantation, il est recommandé de placer la base du tronc en légère surélévation pour limiter les attaques de phytophthora. Après plantation, le travail du sol est limité pour ne pas endommager les racines superficielles. La base du tronc doit être désherbée. Le mode d'entretien (enherbement permanent, désherbage chimique ou mécanique) est fonction des contraintes pédoclimatiques et économiques (**Sanchez, 2015**).

Les distances de plantation varient suivant les variétés et les porte-greffes utilisés.

Le tableau suivant donne les distances à respecter dans les principales situations.

Tableau N°03 : Distances de plantations conseillées suivant les variétés et porte-greffes
(Anonyme, 2018).

	Porte-greffes Vigoureux (1)	Porte-greffes de vigueur moyenne (2)	Porte-greffes de très faible vigueur (3)
<i>Oranges, tangors, tangelos et mandarines</i>	De 8 m x 8 m à 7 m x 7 m	De 7 m x 7 m à 6 m x 6 m	4 m x 5 m
<i>Pamplemousses, pomelos et limes</i>	De 8 m x 8 m à 9 m x 9 m	8 m x 8 m	5 m x 5 m
<i>Petits agrumes (Kumquats, lime quats, calamondins)</i>	De 5 m x 5 m à 4 m x 4 m	4 m x 4 m	Déconseillé

(1) : *Citrus Volkamériana, Citrus Amblicarpa*

(2) : *Citrangle Carrizo, Citrange Troyer, mandarinier Cléopâtre, Citrumelo, Poncirustrifoliata*

(3) : *Poncirustrifoliata « Flying Dragon »*

2.5.5. L'entretien du verger.

Un verger est constitué d'un certain nombre d'arbres fruitiers auxquels on applique des techniques propres à leur faire produire des fruits commercialisable. Les techniques arboricoles visent d'une part à former les arbres et à les maintenir en bon état de production (taille, traitements phytosanitaires, éclaircissage, ...), d'autre part à corriger, dans la mesure du possible, les défauts ou les insuffisances du milieu naturel : fertilisation, irrigation, lutte contre le gel (Gautier, 1978).

Une taille de formation est pratiquée les premières années par la suite, la taille annuelle d'entretien permet d'équilibrer et d'aérer la frondaison, d'assurer le renouvellement des futurs rameaux fructifères. En zone sèche, l'irrigation est indispensable. Elle peut être pratiquée par aspersion sous frondaison ou localisée (diffuseur, goutte-à-goutte, etc.). Dans ce cas, la fertilisation peut être associée à l'irrigation (Fert irrigation) pour permettre une économie d'intrants et une alimentation minérale régulière (Sanchez, 2015).

L'irrigation est pratiquée, si nécessaire de fin de la floraison à la maturité des fruits. Les apports sont réguliers pour éviter tout stress responsable d'éclatement et de chute de fruits (Anonyme, 2002).

La fertilisation minérale doit compenser les exportations par les fruits et les bois de taille, assurer la croissance des organes végétatifs (**Sanchez, 2015**). Les agrumes sont sujets aux attaques de parasites et ils peuvent être infectés par des maladies. La prévention et des traitements phytosanitaires modérés même bio viendront à bout dès la plupart des attaques parasitaires et des maladies cryptogamiques courantes chez les agrumes (**plandejardin-jardinbiologique, 2021**).

Pour quelques maladies, il n'y a rien à faire si une bonne prévention n'a pas été appliquée, elles sont dites de quarantaine. On sait difficilement en contrôle la dissémination naturelle et l'on ne dispose d'aucun traitement curatif (**Anonyme, 2002**).

Les bonnes pratiques culturales ont aussi un grand rôle à jouer dans la prévention contre les maladies (**plandejardin-jardinbiologique, 2021**).

2.5.6. Récolte et conservation.

La récolte doit être faite avec beaucoup de soins, les opérations de cueillette pouvant occasionner des lésions et ses blessures qui déprécient les fruits et sont des portes ouvertes à des altérations fongiques. La cueillette doit commencer lorsque les fruits sont secs. Les oranges sont exportés et au préalable, ils doivent subir un certain nombre de traitements tels que dévernissage, lavage, désinfection, séchage, enrobage par la cire, calibrage et mise en caisse. Mis en chambre froide à 3-8°C et 85-90% d'hygrométrie, les oranges peuvent être conservés plusieurs mois (**fellah-trade, 2022**).

Synthèse Bibliographique

Chapitre III

Maladies et ravageurs des agrumes

Il existe un grand nombre de maladies d'agrumes causées par des bactéries, des mycoplasmes, des champignons, des viroïdes et des virus. Toutes ces affections sont transmissibles par greffage (**Anonyme, 2003**).

3.1. Les maladies bactériennes

- Le citrus greening *Huanglongbieng (greening)* **Bactéries du phloème** :

La maladie du huanglongbing (HLB) ou maladie du dragon jaune constitue aujourd'hui l'un des dangers phytosanitaires les plus importants pour les cultures d'agrumes. L'introduction et la dissémination des différentes espèces de *Candidatus Liberibacter spp (CL)*, dont les trois espèces *africanus*, *americanus*, et *asiaticus* sont les agents causaux de cette maladie. Elles sont véhiculées et transmises aux agrumes cultivés par deux insectes vecteurs, des psylles des espèces *Diaphorina citri* et *Trioza erytreae* : les trois espèces bactériennes ont un impact négatif sur le rendement (chute précoce des fruits), sur la qualité de la récolte (dégradation de la qualité des jus de fruits) et sur les arbres (physiologie de la dégradée, mort prématurée). La transmission de la maladie peut également se faire par greffage de greffons infectés ou à partir de porte-greffes infectés.

- **Le chancre citrique ou Chancre bactérien (Citrus Canker)** : maladie causée par la bactérie *Xanthosomas citripv.citri*.

Cette dernière attaque différents agrumes. Les orangers, citronniers et pomelos sont considérés comme très sensibles.

Le chancre bactérien peut avoir un impact important sur la production d'agrumes. La maladie se dissémine par le matériel végétal infecté et par la pluie associée au vent. Le transport de fruits et de plants d'agrumes infectés favorise la dispersion sur de longues distances. La pluie et le vent dispersent la bactérie dans le verger. L'infection est exacerbée dans certains cas par les blessures causées par la mineuse des feuilles des agrumes (*Phyllocnistiscitrella*) lors de sa prise de nourriture sur les arbres (**network, 2002**).

- **La chlorose variée des agrumes (*Xylellafastidiosa subsp pauca*)** : les plantes infectées par la chlorose panachée des agrumes présentent des symptômes similaires à ceux d'une carence en zinc. Un jaunissement interne vairé de la partie supérieure des feuilles on observe des petites lésions légèrement soulevées sous les zones chlorotiques situées sur le dessous du limbe on remarque aussi une croissance ralentie des arbres, défoliation des branches affectées et taille réduite des fruits. La défoliation commence par les ramifications terminales, généralement par les feuilles les plus jeunes. ledéclencheur de tous ces symptômes cités de la chlorose panachée des agrumes est la bactérie *Xylellafastidiosa*. Il s'agit d'une maladie systémique du circuit vasculaire des arbres (appelé xylème), se répandant ainsi à la canopée et aux fruits, graines incluses.

Elle est transmise d'arbre en arbre de façon persistante par plusieurs insectes de la famille des *Cicadellidae*. Ces insectes sauteurs se nourrissent de la sève contenue dans le xylème des plantes et peuvent acquérir la bactérie environ deux heures après s'être nourries. Leur fréquence élevée d'alimentation en fait le parfait vecteur. Les premier symptômes peuvent apparaitre jusqu'à un an après l'infection, ce qui peut rendre difficile l'identification et les traitements (**plantix, 2021**).

3.2. Champignons (maladies cryptogamiques)

- **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. On dénombre plusieurs espèces de phytophthora qui sont pathogènes pour les agrumes les plus fréquentes sont *P.parasitica*, *P.citrophthora*, *P.palmivora* et *P.citricola*.



Figure N°07 : *Phytophthora* sur tronc (**Anonyme, 2018**).

- **La gommose parasitaire (Dégâts sur tronc, racines et branches) :** on observe des plages d'écorces morte des exsudations de gomme, une coloration brune du bois. Si on laisse se développer la maladie l'arbre peut en mourir. Lorsqu'il y a une attaque directement sur les racines, on constate un flétrissement généralisé de l'arbre (sans exsudation de gomme) qui ne tarde pas à mourir. Cette maladie est favorisée par les sols asphyxiants, par une humidité excessive, par un excès de plaies de tailles non mastiquées, par des attaques d'autres ravageurs charançon, nématodes... favorisant l'entrée du champignon dans les racines.
- **La pourriture brune (Dégâts sur fruits) :** au voisinage de la maturité, surtout sur oranges et mandarines, on observe une plage brune sur fruit, qui ramollit et entraîne la chute précoce et la pourriture définitive des agrumes (**Anonyme, 2018**).
- **Les taches graisseuse Greasy spot :** le Greasy spot est une maladie causée par le champignon *Mycosphaerella citri*. Les dégâts sont peu importants pour la production, ne nécessitant généralement aucune intervention.

Les symptômes apparaissent en premier sur la face inférieure de la feuille. Les fruits peuvent également être infectés. Le champignon entraîne des chutes de feuilles généralement sans gravité pour le rendement.

Cette maladie se transmet d'arbre en arbre par la dispersion via les courants aériens des spores produits sur les feuilles infectées tombées au sol. Les taux d'hygrométrie supérieurs à 90% vont favoriser la germination des spores et la croissance mycélienne sur les feuilles saines. Pour limiter le développement du Greasy spot, on pourra tailler et éliminer les parties atteintes (**Anonyme, 2015**).



Figure N°08 : Symptôme caractéristique de Greasy spot (*Mycosphaerella citri*) (**Anonyme, 2015**).

- **La fumagine (couverture obscure) :** la couverture obscure ou bien la fumagine est causée par un champignon qui pousse sur la surface des feuilles fruits biologiques *Capnodium citri*. Cette maladie se caractérise par l'apparition de taches plus ou moins étendues, noires et veloutées à la surface des feuilles.
Le miellat sécrété par différents insectes piqueur-suceurs (pucerons, aleurodes, cochenilles, etc.) stimule la fumagine.
Intervenir sur la gestion de ces ravageurs peut influencer positivement la régulation de la fumagine. Le champignon est présent en surface, il est donc possible de l'éliminer par brossage (Anonyme, 2017).
- **Le pourridié :** ce champignon présent dans tous les types de sol fait partie du groupe de champignons à chapeau. Il pénètre dans les racines et les troncs sous forme de filaments blanchâtres entre l'écorce et le bois qui sont attaqués et pourrissent. L'arbre meurt plus ou moins rapidement. En cas d'attaque de pourridié, enlever et brûler les plants malades compris les souches et les racines (Anonyme, 2018).



Figure N°09 : Le Pourridié (Déco.fr, 2019)

3.3. Les maladies causées par mycoplasmes.

- **La maladie du stubborn :** les mycoplasmes ou "mollicutes" comme on les nomme aujourd'hui, sont des bactéries sans paroi, n'ayant que leur membrane plasmique en guise d'enveloppe cellulaire pour séparer l'intérieur de la cellule du monde extérieur. Chez les plants, les mollicutes sont exclusivement localisés dans les tubes criblés du phloème ou circule la "sève élaborée", c'est-à-dire celle enrichie par les produits de la photosynthèse. On rencontre chez les plantes deux types de mollicutes : les "spiroplasmés", disponibles en culture et à morphologie hélicoïdale, et les "phytoplasmes", non cultivés et sans morphologie bien déterminée.

Le stubborn entêtement est une maladie des agrumes. Orangers et pomelos surtout, importante dans le bassin méditerranéen, le proche et le moyen orient ainsi que dans le Sud-Ouest des États-Unis (**Camille Jacquemond, 2013**).

L'agent, responsable de la maladie du stubborn des agrumes fut identifié en 1973, et fut dénommé *Spirolasmacitri* du fait de sa morphologie spiralée et de sa mobilité.

Les symptômes de la maladie sont multiples les principaux sont :

- Arbre avec un port dépoté sur un côté.
 - Nombre anormalement élevé de brindilles desséchées.
 - Jeunes ramification à entre-nœuds courts formation dite en "balais de sorcière".
 - Feuilles à port érigé sur ces ramifications
 - Limbe des feuilles à nervures épaisses, entraînant le relèvement du bord du limbe "feuille dite en cuillère".
 - Fruits déformés en gland, car leur partie pédonculaire présente un épiderme grumeleux "forme d'un gland de chêne".
 - Pépins du fruit souvent brunâtres et avortés.
 - Calibre des fruits restant petits, leurs déformations accroissant les écarts de triage : ils sont invendables pour l'exportation.
 - Au niveau de la ligne de greffe, si l'on soulève l'écorce on peut trouver sur le porte-greffe bigaradier un "inverse stemplitting" sur la face interne de l'écorce (symptômes analogies à ceux causés par la Tristeza).
 - Enfin à la diminution de la qualité des fruits s'ajoute la baisse de production des arbres malades (**Loussert, 1989**).
- **Balais de sorcière du limettier** : c'est au sultanat d'Oman que la maladie des balais de sorcière du limettier (*C.aurantifolia*) a été observée pour la première fois par Bové et al en 1986. La microscopie électronique a révélé la présence de phytoplasmes dans les tubes criblés des feuilles malades.

Les arbres malades montrent des balais de sorcière spectaculaires. Entre l'apparition du premier balai de sorcière et la mort de l'arbre, quand il est couvert de balais, il s'écoule moins de six ans. Les balais de sorcière se distinguent aisément par leurs très petites feuilles au teint vert pâle.

La propagation de la maladie dans les régions contaminées est fulgurante. Un insecte vecteur a été recherché. La cicadelle *Hishimonusphycitis* a été détectée sur tous les arbres testés et dans les trois pays contaminés. Cette cicadelle n'avait jamais été signalée dans la Péninsule arabe ni en Iran. Elle est cependant bien connue en Inde

où elle est vectrice du phytoplasme de la maladie des petites feuilles de l'aubergine, un phytoplasme non relié à celui du limettier a été recherchée par hybridation au moyen des sondes spécifiques et par PCR au sultanat d'Oman et en Iran (**Camille Jacquemond, 2013**).

3.4. Les maladies causées par viroïdes.

Les agrumes ne sont pas les seules plantes à être infectées par les viroïdes. Par ailleurs, le même viroïde peut infecter plusieurs espèces végétales différentes d'autant plus facilement que ces viroïdes sont transmissibles mécaniquement, par les outils de taille par exemple (**Camille Jacquemond, 2013**).

- **Exocortis** : l'Exocortis (*Citrus exocortis viroid*) est une maladie à viroïde signalée dans l'ensemble du bassin méditerranéen, actuellement elle n'y cause pratiquement aucun dommage, car le bigaradier est tolérant à l'Exocortis.

Il n'en est pas de même des porte-greffes préconisés en remplacement du bigaradier. En effet, le *Poncirus trifoliata* et les Citranges sont particulièrement sensibles à l'Exocortis. Dans le cas de l'Exocortis, seul le porte-greffe (*Poncirus trifoliata* ou Citranges) est affecté par la maladie. Le symptôme principal se manifeste par un écaillage plus ou moins prononcé de l'écorce du porte-greffe (suivant la virulence de la maladie). La mauvaise circulation de la sève, induit par l'écaillage entraînent un affaiblissement général de l'arbre (nanisme, jaunissement du feuillage, réduction de la production). Certaines combinaisons, comme les mandarines "Satsumas" greffées sur *Poncirus trifoliata*, ne présentent pas de symptômes (**bacteries-champignons.blogspot, 2012**).

- **La Cachexie** :

La Cachexie ou Xyloporose a longtemps été considérée comme une virose, ce n'est qu'en 1988 que la nature viroïdale de la maladie était démontrée, mais décrites sous des noms différents. L'agent de la cachexie ayant été le premier à être transmis par greffage d'inoculation, c'est le nom "cachexie" qui l'emporte et a priorité sur celui de "xyloporose". La cachexie n'est pas seulement une maladie grave de certains porte-greffes (lime Rangpur, tangelos, lime douce et *Citrus macrophylla*), mais elle affecte aussi certains cultivars importants pour la production de fruits : mandariniers et clémentiniers, satsumas, tangelos, tangors, kumquats, Erevauche, l'oranger, le pomelo, le citronnier sont tolérants à la cachexie, mais celle-ci affecte certains des porte-greffes

tolérants à la Tristeza tels que le tangelo, Orlando et la lime rangpur. Seuls les cultivars d'oranger, de pomelo, de citronnier ne renfermant pas le viroïde de la cachexie peuvent être utilisés sur ces porte-greffes. Certains porte-greffes sont sensibles à la fois à la Tristeza et à la cachexie, la lime douce (*Citrus limettioides*) et *C. macrophylla* par exemple. Quant à la lime Rangpur, elle est sensible à la fois à l'exocortis et à la cachexie (**Camille Jacquemond, 2013**).

Ses symptômes :

- Diminution de la vigueur des arbres (Rachitisme).
- Feuilles plus petits à l'extrémité des rameaux.
- Jaunissement des limbes.
- Dépôt de gomme sur écorce de coloration varie du Châtain au noir.
- Chute partiel de l'écorce sous forme d'écailles.
- Pas de symptômes sur fruits (**bacteries-champignons.blogspot, 2012**).

3.5. Maladies virales.

- **Tristeza, la maladie des agrumes la plus grave CTV Citrus Tristeza virus :** La tristeza détruit la plupart des plantations. Cette maladie se caractérise par une dégénérescence au-dessous du point de greffage, conduisant à arrêter le processus de transmission de la sève vers les racines. Il en résulte une réduction du diamètre du porte-greffe. Les symptômes s'identifient par des craquelures et des striures du feuillage conduisant au jaunissement, puis à la chute des feuilles. Lorsqu'il est atteint de tristeza l'arbre finit par dépérir. Pour lutter contre cette maladie des agrumes, il est recommandé d'intervenir sur les arbres en isolant les plants malsains. De nouvelles plantations sont parfois nécessaires (**ooreka**).
- **Le Tatterleaf, la maladie des agrumes en zigzags :** la maladie dont l'agent causal est un virus filamenteux allongé, signalé dans plusieurs pays mais seulement au Maroc concernant le bassin méditerranéen. Elle cause de graves dommages sur agrumes ayant comme porte-greffe le *Poncirus trifoliata* ainsi que ses hybrides. Des dommages considérables sont observés sur différentes espèces d'agrumes. Le feuillage est déformé, il devient jaunâtre, et les rameaux en zigzags caractérisent le plus souvent cette maladie. Il est aussi parfois constaté un froissement ou un plissement au niveau de la greffe, fragilisant ainsi le plant, ce qui le rend cassant notamment en période venteuse (**bacteries-champignons.blogspot, 2012**).

- **Psorose écailleuse (Citrus psorosis virus (CPsV), Scalybark, Ringspot) :**

La psorose, très répandue dans les vieux vergers, fut décrite pour la première fois en Californie et en Floride vers 1891. Il y a quelques années, des équipes de scientifiques ont démontré la nature virale de la Psorose. Il s'agit d'un virus à ARN monocaténaire de polarité négative.

La morphologie des virions est complexe. Les nucléocapsides sont circulaires comme les ARN. Elles peuvent être surenroulées pour donner des formes linéaires d'aspect spiralé ou être plus ouvertes pour donner des formes en O. Le terme "Ophiovirus" a été retenu par le comité international de taxonomie des virus (ICTV). Les symptômes sont localisés sur la partie variété quel que soit le porte-greffe. Les températures assez élevées favorisent l'apparition des symptômes, l'évolution de la maladie est donc particulièrement rapide sous les climats chauds.

Sur le bois des zones d'écaillage, plus ou moins distantes, sur l'écorce des branches et du tronc au-dessus de la ligne de greffe. Certains arbres infectés ne développent pas d'écaillage. La couche interne de l'écorce reste verte. Par la suite, des attaques de phytophthora peuvent accélérer le dépérissement des parties atteintes quant aux jeunes feuilles. Il y a des éclaircissements sous forme de petits tirets entre les nervures secondaires, visibles en transparence lors des fortes poussées végétatives de printemps et d'automne. Marbrures parfois observées sur les vieilles feuilles.

Pour l'arbre une diminution progressive des rendements d'une année sur l'autre, suivie de chute de feuilles et de fruits, dépérissement lent.

Il y a parfois apparition de déformations qualifiées d'annulaires sur l'épiderme des fruits (**Camille Jacquemond, 2013**).

3.6. Les ravageurs.

- **Les pucerons :** les pucerons sont des insectes piqueurs-suceurs, de l'ordre des homoptères. Ils s'attaquent à toutes les espèces fruitières. La majorité des pucerons nuisibles aux arbres fruitiers ne possèdent pas d'ailes (forme aptère). Ils forment des colonies sur les feuilles, les pousses, les racines, et même les fruits. Les manifestations les plus typiques s'observent sur les feuilles et sur les pousses : feuilles enroulées, crispées, pousses raccourcies et tordues. Les fruits restent petits et déformés les piqûres de pucerons entraînent le dépérissement de l'arbre, surtout chez les jeunes plants. Elles transmettent de nombreuses maladies à virus (Gautier, 1993).



Figure N°10 : Pucerons noirs des agrumes adultes et juvéniles sur un rameau de mandarinier (Anonyme, 2015).

- **Les cochenilles et les Aleurodes :** de très nombreuses cochenilles ou aleurodes peuvent attaquer les agrumes. Les cochenilles sont des insectes dont le mode de vie est très particulier. En effet immobile à l'état adulte, elle ne se déplace que lorsqu'elle passe de l'état larvaire à l'état adulte (seule, l'espèce de cochenille dite "cochenille molle", se déplace tout le temps). Ils sont des petits organismes piqueurs appartenant à l'ordre des homoptères. Elles sécrètent une cire qui imprègne le corps de l'insecte et le rend rigide et qui forme un bouclier pour celui-ci rendant les traitements difficiles.



Figure N°11: *Coccus viridis* (cochenille) sur feuille de mandarinier (Anonyme, 2015).

Les aleurodes ou mouches blanches (*Dialeurodes citrifoli*) : ressemblent à de petits 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 (Anonyme, 2018).

- **La mineuse des agrumes (*Phyllocnistiscitrella*)** : la mineuse des agrumes est un lépidoptère dont la larve creuse des mines dans les feuilles d'agrumes. Ce papillon originaire d'Asie est présent dans la plupart des pays producteurs d'agrumes. Les larves se développent dans les feuilles en creusant des galeries sinueuses provoquant des enrôlements et décolorations foliaires. Les galeries creusées par les larves provoquent une diminution de la photosynthèse. Sur les jeunes plantations, la mineuse peut ralentir la croissance des plants. Pour les vergers en production, les rendements peuvent être affectés quand les attaques sont intenses. Le seuil de nuisibilité de la mineuse est atteint si plus de 20% de la surface des feuilles sensibles (tendres) sont minées (Anonyme, 2015).



Figure N°12 : Papillon adulte de la mineuse des agrumes (*Phyllocnistiscitrella*) (Anonyme, 2015).

- **Les acariens** : les acariens nuisibles aux arbres fruitiers appartiennent à deux familles : les *Tétranychides* et les *Eriophyides*. Les acariens se nourrissent du suc des cellules végétales et occasionnent par leurs piqûres une multitude de taches minuscules sur les feuilles. Si l'attaque s'intensifie, le feuillage devient bronzé ou argenté. En cas de fortes infestations, les arbres subissent un affaiblissement considérable et la récolte peut être compromise (Gautier, 1993).
- **Les cératites** : plus communément appelée la "mouche méditerranéenne des fruits", la cératite détruit particulièrement les agrumes. La larve, qui est un asticot, se développe à l'intérieur du fruit. On constate très vite une tache brunâtre au niveau de la piqûre, qui s'étend jusqu'à faire pourrir le fruit, qui finit par tomber au sol (ooreka).

- **Nématodes (vers ronds microscopiques)** : les nématodes sont des ascarides microscopiques qui vivent principalement dans le sol, d'où ils peuvent parasiter les racines des plantes hôtes. Ils sont caractérisés par la présence d'un stylet, qu'ils utilisent afin de pénétrer les racines et autres parties souterraines des plantes, et dans certains cas, les feuilles et fleurs. Les nématodes ont différentes stratégies A d'alimentation, et peuvent survivre plusieurs années dans le sol. Ils se multiplient via des hôtes intermédiaires. Ils transmettent également des maladies bactériennes, virales et fongiques.
 - Les infestations de nématodes peuvent causer :
 - Croissance ralentie.
 - Jaunissement, flétrissement, déformation des feuilles.
 - Formation de nœuds dans les racines ou de galles.
 - Dégradation du système racinaire.
 - Les tiges peuvent également être touchées (**plantix, 2021**).

Synthèse Bibliographique

Chapitre IV

Etude sur le virus de la Tristeza
des agrumes (CTV)

4.1. Qu'est-ce qu'un virus.

Le terme de virus signifie poison en latin. Les virus sont des agents d'un grand nombre de maladies des plus bénignes aux plus graves affectant tous les êtres vivants Procaryotes et Eucaryotes. Un virus est généralement spécifique d'une espèce vivante dite espèce hôte. Visualisés en microscopie électronique en dehors de la cellule infectée (cellule hôte), les virus sont appelés virions ou particules virales (forme libre du virus) leur taille est extrêmement réduite comprise entre 15-1000 nm. Le génome viral en taille, en structure et en acide nucléique. En effet les virus contiennent un seul type d'acide nucléique un ADN ou un ARN. L'acide nucléique peut être linéaire ou circulaire, à ADN double brin ou à ARN simple brin et il est protégé par une coque protéique nommée capsid dont l'arrangement des sous unités structurales dites capsomères, détermine la symétrie du virus (**Hacina, 2019**).

Les maladies à virus des plantes ou viroses végétales ont une grande incidence économique. Ces maladies entraînent une diminution de la vigueur des plantes, dans certains cas la mort et souvent des modifications de l'aspect de certaines parties de celle-ci. Dans tous les cas, des baisses de rendement plus ou moins importantes sont observées (**Anonyme, 1999**).

4.2. Cycle du virus dans sa plante-hôte.

- **Pénétration :**

Les virus des plantes sont incapables de pénétrer par eux-mêmes dans une cellule végétale en raison de la présence de la paroi pecto-cellulosique. Celle-ci doit être rompue lors d'un frottement ou par l'intermédiaire de l'activité d'un frottement ou par l'intermédiaire de l'activité d'un vecteur piqueur ou broyeur. Selon les virus, les premières portes d'entrée sont soit les cellules racinaires se surface, soit des cellules des organes aériens : épiderme, mésophile, tissu phloémique avec pénétration.

Une fois dans la cellule, l'acide nucléique (ARN ou ADN) se sépare de sa capsid et entame sa réplication en déviant le métabolisme de l'hôte à son profit.

- **Expression du génome du virus.**

Lorsque le génome est un ARN infectieux, il est directement traduit dans la cellule en protéines suivant quatre stratégies très différentes :

- Soit une grande protéine est synthétisée puis découpée (*potyvirus*).
- Soit certains gènes sont traduits de façons indépendantes à partir de l'ARN viral et d'ARN subgénomique (*potexvirus, tombuvirus*).
- Soit l'on peut avoir couplage de ces deux stratégies (*sobemovirus, tymovirus*).
- Enfin, l'une de ces deux stratégies peut être couplée à la présence d'un génome divisé (virus à particules multiples) (*comovirus, nepovirus, bromovirus, cucumovirus*).

Lorsque le génome viral est un ARN non infectieux, il est associé dans le virion à une polymérase de transcrire cet ARN (-) en ARN (+) messenger (*rhabdovirus*). Enfin, pour les virus à ADN, une enzyme cellulaire permet la transcription du génome en ARN messenger.

- **Envahissement de la plante-hôte.**

Pour l'ensemble des virus pénétrant par une cellule de surface, une protéine virale (protéine de mouvement) est nécessaire pour permettre le transfert de l'inoculum de cellule à cellule.

Le virus gagne ensuite les apex par les vaisseaux conducteurs et enfin se répand dans la plante. Les différences de vitesse de déplacement d'un virus dans la plante, d'une variété à l'autre d'une même espèce, tendent à montrer que ce phénomène n'est pas passif.

La concentration des virus dans les plantes est variable ainsi que leur localisation tissulaire (**Anonyme, 1999**).

4.3. Les associations de virus.

Dans la majorité des cas, l'arbre atteint de virose n'est pas infecté par un virus unique mais par plusieurs virus distincts ou complexes de virus. Ces virus peuvent agir soit en synergie : aggravation des symptômes maladifs, soit en antagonisme atténuation des symptômes (**Gautier, 1993**).

4.4. Le virus de la Tristeza des agrumes.

Le Tristeza est la maladie la plus grave affectant les citrus dans le monde entier, on peut même la considérer comme une des affections les plus destructrices de toutes les plantes cultivées. Pendant longtemps le bassin méditerranéen a été considéré comme indemne de cette maladie. A partir de 1954, elle fut trouvée sur des variétés particulières, comme le citron Mayer, divers Satsumas et Kumquats, au Maroc, Italie, en Palestine et en Egypte, mais il

s'agissait de variétés d'un intérêt commercial limité, très peu cultivées, et qui passent difficilement pour des foyers sérieux de diffusion de la maladie. Ce n'est qu'avec la découverte et l'identification exacte de la Tristeza en Espagne vers 1958 que cette affection est devenue un problème majeur pour les pays agrumicoles méditerranéen (**bacteries-champignons.blogspot, 2012**).

Depuis la détection des premiers cas d'infection par la Tristeza en Algérie, problèmes causés par l'introduction de matériel de multiplication infecté de l'étranger, la maladie n'a pas posé de problèmes majeurs pour l'agrumiculture locale (**A. M. D'Onghia, 2009**).

Le virus apparemment originaire d'Asie a continué sa propagation et est maintenant présent dans la plupart des régions productrices du monde, avec seulement quelques pays du bassin méditerranéen et certaines régions de l'Ouest des États-Unis encore exemptes d'infections massives.

Cependant, même ces zones sont maintenant sérieusement menacées en raison de la propagation récente du puceron vecteur le plus efficace dans les zones voisines (**M.Bar-JosephW.O.Dawson, 2008**).

4.4.1. Nature du virus.

Le citrus Tristeza virus (CTV) est un membre du groupe des *closterovirus*, ayant un filament flexueux d'environ 2000 sur 12 nm, avec un génome d'ARN de sens positif d'environ 20 kb, contenant 12 cadres de lecture ouverts et deux régions non traduites (**Lee, 2015**).

Les virions de CTV ont une architecture inhabituelle qui résulte de deux protéines d'enveloppe différentes, la protéine d'enveloppe majeure (CP) et la protéine d'enveloppe mineure (CPm) encapsidant environ 97 % et 3%, respectivement, des particules structurées en hélice. Deux protéines virales supplémentaires, p 61 et p 64 (un homologue de HSP70), sont nécessaires pour un assemblage efficace. Le génome à ARN simple brin de 19,3 kpb est le plus grand parmi les virus végétaux (**M.Bar-JosephW.O.Dawson, 2008**).

4.4.2. Gamme de plantes hôtes.

En conditions naturelles, CTV infecte facilement la plupart des espèces de Citrus et *Fortunella* ainsi que certaines espèces de genres voisins des agrumes appartenant à la famille des Rutaceae, également sensibles à CTV: *Aegle*, *Aeglopsis*, *Afraegle*, *Atalantia*, *Citropsis*, *Clausena*, *Eremocitrus*, *Hespertusa*, *Merrillia*, *Microcitrus*, *Pamburus*, *Pleiospermium* et *Swinglea*. La majorité des clones de *Poncirus trifoliata* (oranger trifolié) et bon nombre de

leurs hybrides, ainsi que *Fortunella crassifolia* (kumquat Meiwa) et certains *Citrus grandis* (pomélo), résistent à la plupart des souches de CTV. Par conséquent, dans ces espèces, CTV est absent ou très peu concentré. *Citrus reticulata* (mandarinier), *Citrus sinensis* (oranger doux) et *Citrus latifolia* (limettier) figurent parmi les cultivars les plus sensibles aux infections naturelles par CTV, ainsi que, dans une moindre mesure, les cultivars de *Citrus paradisi* (pamplemoussier), *Citrus unshiu* (mandarinier Satsuma) et *C. limon*. Parmi les espèces utilisées comme porte-greffe, *Citrus macrophylla* (alemow), *Citrus volkameriana* (citronnier Volkamer), *Citrus reshni* (mandarinier Cleopatra) et *Citrus limonia* (limettier Rangpur) sont très sensibles aux infections naturelles par CTV, tandis que les citrangers (hybrides des orangers doux et trifolié) *Carrizo* et *Troyer* ainsi que *C. aurantium* sont très rarement infectés. Les porte-greffes *P. trifoliata* et *C. paradisi* × *P. trifoliata* (citrumélo) résistent à la plupart des souches de CTV. Les non-agrumes *Passiflora gracilis* et *Passiflora coerulea* sont étudiés comme hôtes à titre expérimental (Anonyme, 2019).

4.4.3. Symptômes.

Bien que la Tristeza soit une affection bien caractérisée, il n'existe pas de symptôme que l'on puisse considérer comme spécifique dans une plantation.

L'action du virus se traduit par :

- Une nécrose du phloème dans l'écorce au niveau de la région de soudure greffon/porte greffe.
- Dégénérescence des tubes criblés et des cellules-compagnes immédiatement au-dessous du point de greffage, ce qui se traduit par un arrêt du mouvement de la sève élaborée vers les racines. Ce qui aboutit par la suite à une réduction du diamètre du porte-greffe par rapport à celui de la variété (étranglement dit en "goulot de bouteille renversé).
- Des signes de dépérissement, rabougrissement et souvent déclin total.
- Coloration bronzée des feuilles avec un enroulement du limbe, ces feuilles se dessèchent et le plus souvent elles tombent en toutes ou en partie.
- Les fruits des arbres affectés sont souvent petits et de mauvaise qualité (bacteries-champignons.blogspot, 2012).

Les symptômes du CTV dépendent de la nature de l'isolat envahissant et de la sensibilité de l'hôte citrique.

Le symptôme le plus dramatique appelé "déclin rapide" résulte de la mort rapide des arbres greffés sur des porte-greffes d'oranger amer. D'autres maladies liées au CTV telles que la "piqûre sur la tige" des pamplemoussiers ou des orangers doux ne sont pas liées à un porte-greffe spécifique et n'entraînent pas la mort, mais sont souvent associées à un retard de croissance et à une faible productivité. Les isolats de CTV asymptomatiques sont utilisés pour fournir une protection ("protection croisée") contre le piquêre de la tige, mais pas contre le déclin rapide (M.Bar-Joseph W.O.Dawson, 2008).

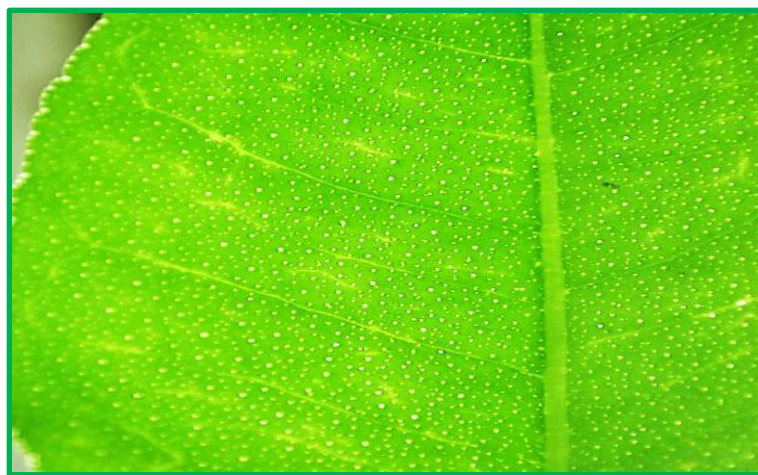


Figure N°13 : Symptôme caractéristique de Tristeza Eclaircissement des nervures (BSVguyane, 2018).



Figure N°14 : Piquetage de la tige (stem pitting) du bas touchée par la tristeza comparé à un rameau sain en haut (BSVguyane, 2018).

4.4.4. Transmission

Comme toutes les maladies à virus, la Tristeza sous toutes ses formes est excellentement transmissible par greffage et par bouturage. Il n'a pas été prouvé à ce jour que les graines prélevées sur des arbres atteints transmettent la maladie.

Cependant, le point très important dans l'écologie de la Tristeza est qu'elle est transmissible par des insectes notamment par les aphides selon le mode semi-persistant. Le principal vecteur est le puceron brun ou puceron tropical des agrumes, *Toxoptera citricidus* (KIRKALDY) [= *Aphis citricidus* KIRKALDY, *Myzus citricidus* KIRKALDY, *Aphis tavaresi* DEL GUERCIO, *Paratoxoptera argentiensis* BLANCHARD et non *T. aurantii*].

Il a été reconnu comme un agent très actif dans de nombreux pays, en particulier en Amérique du sud. Dans le bassin méditerranéen, sa présence n'a pas été signalée jusqu'à présent, bien qu'il ait été confondu avec *T. aurantii*. Cette absence est très certainement la raison pour laquelle la Tristeza ne s'est pas propagée à partir des foyers existants.

L'autre espèce *Toxoptera aurantii*, le puceron noir des citrus, a été reconnue comme vecteur en Floride. Ce puceron existe dans le bassin méditerranéen, Espagne et Maroc notamment.

En Floride également, d'autres espèces de puceron ont été reconnues comme des vecteurs du virus de Tristeza : le puceron vert (*Aphis spiraecola*) et le puceron du melon ou puceron du cotonnier (*Aphis gossypii*) mais restent relativement peu actifs. Ces 2 pucerons sont largement répandus dans le Bassin méditerranéen.

Il est important à signaler qu'il y a d'autres vecteurs encore non reconnus appartenant à divers ordres d'insectes (Aleurodes, Orthoptères, Homoptères etc.) ainsi que des acariens et qui sont toujours en cours d'observations et d'expérimentation notamment aux Etats-Unis.

L'infection d'une région ou d'un pays non encore atteint peut également se faire par l'introduction d'un matériel malade mais ne présente pas de symptômes apparents de la maladie (« symptômes carriers »). C'est le cas des arbres de semis, comme les mandariniers et les orangers et des arbres greffés sur des porte-greffes tolérants. Ce mode de dissémination doit être rigoureusement contrôlé par les établissements spécialisés (**bacteries-champignons.blogspot, 2012**).

4.4.5. Classification et morphologie des pucerons "vecteurs de Tristeza".

Les pucerons appartiennent à la classe des *Insectes*, ordre des *Homoptères*, sous ordre des *Sternorhyncha* qui renferme 4 superfamilles importantes différentes les unes des autres qui sont :

- Les *Aphidoïdea* ou Pucerons ;
- Les *Psylloïdea* ou Psylles ;
- Les *Aleyrodoïdea* ou Aleurodes et
- Les *Coccoïdea* ou cochenilles.

Tous les Homoptères sont suceurs de sève et à régime exclusivement phytophage, pas d'hématophages et pas de formes aquatiques comme chez les Hétéroptères ; pas de prédateurs, tous sont liés à la vie végétale et renferment de nombreuses espèces nuisibles : Pucerons, cochenilles...etc. à très grande importance économique.



Figure N°15 : Puceron brun *Toxoptera Citricida* (Agrimaroc, 2019).

- **La super famille des *Aphidoïdea* (Pucerons)** ils sont caractérisés par un polymorphisme accusé et on peut rencontrer pour une même espèce 6 à 8 formes morphologiques différentes et parfois d'avantage, comprenant à la fois des individus ailes ou aptères sexués ou parthénogénétiques ovipares ou vivipares. Leur appareil buccal est constitué par un rostre puissant de 4 à 5 articles, mobile dont la longueur atteint ou dépasse les hanches intermédiaires, il est replié sous le thorax dans la position de repos.

Le thorax des pucerons est bien développé, il est mou et aplati, soudé à l'abdomen chez les formes aptères. Il est au contraire saillant chez les formes ailées ou les muscles du vol sont développés.

Leur ailes sont au nombre de 2 paires inégales, hétéroneures (la nervation n'est pas la même dans les ailes antérieures et postérieures), repliées en toit le long du corps.

L'abdomen porte des cornicules qui sont des appendices pairs dorsaux-pleuraux sur le sixième segment ; ce sont des tubes creux de forme et de taille variables (cylindriques, renflés, en bouteille, annulaires, tronconiques, etc...).

L'abdomen se termine par une queue saillante (cauda) médiane, de forme variable : conique, arrondie, en bouchon de champagne, etc. insérée sur la face dorsale du huitième segment et à la base de l'anus. Ce dernier est précédé d'une plaque anale (**Dhouibi, 2002**).

4.4.6. Reproduction.

Elle se fait essentiellement par parthénogenèse (sans fécondation). L'œuf d'hiver donne naissance, au printemps à une femelle aptère (sans ailes), appelée fondatrice, qui va produire par parthénogenèse des femelles aptères ou ailées.

Celles-ci se reproduisent de la même façon (de 6 à 12 générations par an), certaines femelles ailées assurant la dissémination de la colonie.

En fin de végétation, des individus sexués apparaissent, et les femelles fécondées produisent les œufs d'hiver. Ce cycle biologique peut se dérouler sur une même plante hôte (cycle monoécique), comme dans le cas de phylloxéra de la vigne, sur deux plantes hôtes ou sur deux groupes de plantes hôtes différentes, comme dans le cas de *Myzus persicae*, dont les émigrants ailés, nés sur le pêcher, se reproduisent sur le chou, la pomme de terre ou la betterave. Les formes ailées se déplacent en véritables vols de migration chez certaines espèces (puceron noir de la fève par exemple) ou sont transportées passivement par les courants d'air chaud ascendants et par les vents dominants.

L'influence des conditions climatiques sur les pullulations de pucerons est très nette. Les fortes pluies provoquent la destruction de la plupart des ailés, mais n'ont guère d'influence sur les aptères et les nymphes, ce qui explique la rareté relative des pucerons sous les climats maritimes (**Anonyme, 2002**).

4.4.7. Dégâts provoqués par les pucerons

Ce sont soit des préjudices directs (rabougrissement des feuilles et des jeunes tiges qui abritent des colonies, déformation, crispation, galle, parfois dépérissement de la plante), soit des préjudices indirects (transmission de maladies à virus). Certains pucerons rejetant en outre par l'anus un miellat riche en sucre qui attire les fourmis et favorise le développement de fumagines.

Il existe un grand nombre d'espèces de pucerons phytophages. Ils possèdent un appareil buccal de type piqueur-suceur, comportant un canal salivaire qui permet l'injection de salive à l'intérieur des tissus végétaux dans lesquels ils puisent leur nourriture, et un canal alimentaire, par lequel ils absorbent les aliments partiellement digérés. La salive est généralement toxique pour les organes attaqués, chez lesquels elle provoque des déformations ou des nécroses ; elle est également très souvent porteuse de virus. Au cours de leurs déplacements, les pucerons véhiculent ainsi des viroses des plantes malades aux plantes saines (**Anonyme, 2002**).

4.5. Détection et identification du virus

On peut détecter et identifier CTV au moyen d'analyses biologiques, sérologiques ou par amplification moléculaire. La détection et l'identification de CTV doivent reposer sur au moins une de ces méthodes, dans le cadre des diagnostics réguliers de l'organisme nuisible dans les pays où il est largement établi. Lorsque l'Organisation nationale de la protection des végétaux (ONPV) exige un degré de confiance supérieur dans l'identification de CTV (en cas de détection dans une zone où le virus n'a pas encore été observé ou de détection dans un envoi provenant d'un pays où l'organisme nuisible est déclaré absent), on devrait effectuer des tests supplémentaires.

➤ **Indexation biologique**

Cette méthode fait appel à des plantes spécifiques montrant une grande sensibilité à la maladie recherchée ce qui se traduit par la manifestation de symptômes caractéristiques apparaissant après l'inoculation de symptômes caractéristiques apparaissant après l'inoculation de la maladie sous des conditions bien définies (**Loussert, 1989**).

L'indexation biologique vise à détecter la présence de CTV dans des obtentions, des sélections ou des échantillons dont on souhaite évaluer l'état sanitaire, et à estimer l'agressivité de l'isolat sur de jeunes plants de *Citrus aurantifolia* (limettier mexicain, Key ou Omani), *C. macrophylla* ou *Citrus paradisi* Macfadyen (pamplemoussier Duncan). La plante indicatrice est un greffon inoculé selon les méthodes classiques et entretenu dans des conditions usuelles (**Roistacher C.N., 1991**), l'essai se faisant sur quatre à six réplicats (ou deux ou trois réplicats s'il n'est pas possible d'obtenir davantage d'échantillons). L'éclaircissement des nervures des jeunes feuilles, le repliement ou la distorsion des feuilles, des entre-nœuds raccourcis, les striures du bois ou les symptômes de jaunisse des jeunes plants constituent chacun une preuve de

l'infection par CTV du greffon inoculé chez les plantes indicatrices sensibles. On compare les symptômes qui apparaissent sur les échantillons à ceux des témoins positifs et négatifs.

L'indexation biologique est largement employée dans les systèmes de certification, car cette méthode est jugée sensible et fiable pour la détection des souches de CTV nouvelles ou inhabituelles. Elle présente néanmoins quelques inconvénients: ce n'est pas un test rapide (l'apparition des symptômes a lieu trois à six mois après l'inoculation); elle ne peut s'appliquer qu'aux greffons; elle requiert des installations spéciales telles que des serres à température contrôlée inaccessibles aux insectes; et elle nécessite du personnel consacré à la culture des plantes hôtes indicatrices saines et vigoureuses qui présenteront les symptômes attendus, ainsi que du personnel expérimenté capable d'interpréter avec exactitude les symptômes observés susceptibles d'être confondus avec ceux que provoquent d'autres agents transmissibles par greffe. En outre, les souches asymptomatiques de CTV qui n'induisent aucun symptôme (souches latentes) ne sont pas détectables par la méthode des plantes indicatrices.

➤ **Analyses sérologiques**

- **Le test sérologique immuno-enzymatique ELISA** (enzyme linked Immuno sorbent Assay) permet la détection rapide de certains types de virus pouvant affecter les végétaux (**Loussert, 1989**).

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, a résolu le problème de spécificité diagnostique des anticorps polyclonaux et ainsi accru la sensibilité diagnostique des analyses sérologiques (**Anonyme, 2019**).

Le test ELISA permet de réaliser des contrôles sur plants fruitiers, et de confirmer les diagnostics biologiques. Sa principale qualité est la rapidité de la réponse (**Gautier, 1993**).

- **DAS-ELISA**

Mettre en oeuvre l'essai ELISA à deux anticorps en sandwich (DAS-ELISA) conçu par Garnsey et Cambra (1991). Il existe des kits complets contenant les anticorps monoclonaux spécifiques à CTV 3DF1 + 3CA5 déjà validés ou différents anticorps polyclonaux (**Anonyme, 2019**).

- **Culture directe sur empreinte de tissus-ELISA**

Une technique très rapide appelée immunoempreinte permet par application directe des coupes de tissus infecté (feuilles, tige...) sur une membrane de nitrocellulose ou de nylon, de détecter in situ des infections virales et de localiser le virus. La révélation se faisant ensuite comme dans la technique ELISA (**Anonyme, 1999**).

Effectuer la culture directe sur empreinte de tissus combinée à un essai ELISA, également appelée immuno-empreinte ELISA ou DTBIA (*direct tissue blot immunoassay*). 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, qui comprend des membranes portant déjà les empreintes des témoins positif et négatif ainsi que l'ensemble des réactifs et tampons et le substrat (**Anonyme, 2019**).

- **Analyses 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.

L'immuno capture est une option de substitution à la purification de l'ARN.

4.6. Principe de lutte et prévention

On ne dispose pas actuellement de substances chimiques permettant au champ de guérir les maladies d'origine virale. Seule la sélection sanitaire suivie de méthodes prophylactiques ainsi que l'utilisation de variétés résistantes sont largement exploitées. Ces méthodes de lutte s'appuient sur nos connaissances de la biologie de chaque virus, de la plante à protéger et de l'environnement.

Si les acquis récents sur les mécanismes spécifiques de la réplication et de la traduction des différents types de virus n'ont pas encore débouché sur une lutte chimique, par contre les progrès effectués dans le domaine du génie génétique stimulent le développement de la génétique classique et ont permis d'obtenir des plantes transgéniques présentant une résistance à certains virus. Pour l'instant en Europe, aucune plante ainsi obtenue n'est commercialisé (**Anonyme, 1999**).

Afin de prévenir l'infection par le Citrus Tristeza Virus, il faut veiller à la provenance et au bon état sanitaire des agrumes et du matériel végétal. Il est recommandé de ne pas importer de produits des pays où le virus est fortement présent sinon, il ne faut pas hésiter à demander un bilan sanitaire. L'OEPP, Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes, a établi une carte de répartition du virus dans le monde qui est consultable sur leur site.

Pour éviter l'infection, il est préférable de substituer le bigaradier par un porte-greffe plus tolérant. L'une des stratégies de prévention, nommée prémunition, consiste à inoculer les plantes-mères avec des souches non infectieuses 4 à 6 mois avant le prélèvement des bourgeons et scions et la réalisation des greffes. Les plantes-mères doivent ensuite être placées sous des filets anti-insectes.

Surveiller la dynamique des populations de pucerons vecteurs du Citrus Tristeza Virus est aussi un moyen de prévenir la maladie. Il existe divers produits à base de lambda cyhalothrine, de la famille des pyréthrine, permettant de lutter contre les pucerons des agrumes (**agrimaroc, 2019**).

Partie expérimentale

1. Historique sur l'ancienne école d'agriculture de SKIKDA

L'école d'agriculture créée au début du siècle passé, avait un patrimoine végétal très diversifié. L'école était en même temps un établissement d'enseignement et un centre de vulgarisation. L'école est plus propice à l'enseignement par la variété de ses terres (différentes textures : argilo-limoneuse, limono-argileuse, limoneuse, sableuse) sur les quelles sont pratiquées toutes les cultures du littoral et les terrasses aménagées, cultivées en céréales, fourrages, en collections d'oliviers, de figuier et d'amandier plantées vers 1952. Par contre les terres situées dans le plat ou légèrement en pente supportent les collections de la vigne (variétés, porte-greffes, producteurs directs, 1951-1952) des arbres à pépins et à noyaux (1952) ainsi que des espèces exotiques telles que le plaqueminière, le pacanier, l'avocatier, le goyavier, le cerisier de Chine, le cerisier de Cayenne et le *Syzygie jambolanum*.

L'école dispose aussi de jardins d'une valeur considérable où sont représentées plusieurs collections de plantes ornementales et exotiques. L'école était un centre d'expérimentation pour les agrumes, vigne et céréales.

Une variété de clémentinier avec pépins qui porte le nom E.A.P a été créée en 1941 et cultivée en deux rangées. Après l'indépendance, l'école a subi plusieurs changements d'appellations et objectifs de formation passant par école régionale, institut moyen de technologie agricole, institut de formation de techniciens supérieurs de l'agriculture, puis intégré à l'université.

Le patrimoine végétal hérité par cette ancienne école d'agriculture a été délaissé, en plus l'extension de la construction de l'université est consommatrice d'espace et met en péril les terres agricoles supportant ce patrimoine végétal.

On estime à plusieurs centaines les variétés des différentes espèces cultivées autrefois (**Tableau N°04**). Les actions de sauvegarde et développement réalisées ont touché les espèces fruitières locales telles les agrumes (**Chalabi, 2014**).

Tableau N°04 : Répartition des espèces fruitières des jardins de l'Université de Skikda.

Espèces fruitières	Surface en hectares et en isolé	Observations
Vigne	13ha 12a 51a	Vigne de cuve : 09ha 06a 21ca Vigne de table : 03ha 19a 40ca Porte-greffes : 0ha 86a 90ca
Agrumes	10ha 14a 00ca	Oranger : 04ha 33a 88 ca Clémentinier : 03ha 98a 19ca Mandarinier : 01ha 56a 88ca Citronnier : 0ha 25a 00ca Pomélo pamplemousse : 0ha 0a 05ca
Arbres à noyaux	4ha 45a	Pêcher : 1ha 83a Abricotier : 1ha 33a Prunier : 1ha 15a Cerisier : 0ha 14a
Arbres à pépins	5ha	Poirier : 2ha 76a Pommier : 2ha 10a
Arbres à pépins	284 arbres	En bordure des allées 01 ligne de chaque côté Poirier
Grenadiers	0ha 75a	/
Plaqueminier	0ha 10a	/
Figuier	295 arbres	Plantés en terrasses et en lignes
Amandier	854 arbres	Plantés en terrasses, en ligne et en bordure des allées.
Olivier	398 arbres	Plantés en terrasses et en lignes et en bordure; distance entre chaque arbre 6m 50 et parfois 8m.
Caroubier	30 arbres	Plantés sur trois (03) terrasses et en lignes (8m de distance entre chaque arbre)
Pacancier	175 arbres	Plantés en ligne en bordure des fossés des différentes allées. Distance de plantation 12m entre les arbres.

(Chalabi, 2014)

2. Situation géographique et climatique de la wilaya de SKIKDA

La wilaya de Skikda est située à l'Est de l'Algérie (36°53'N 06°54'E, 42 m) et s'étend sur 4137 km² soit approximativement 1/432 de la surface de l'Algérie. La région est limitée au nord par la méditerranéenne, au sud par la wilaya de Mila, Constantine et Guelma, à l'est par la wilaya d'Annaba et à l'ouest par la wilaya de Jijel.

Le climat de la wilaya de SKIKDA est de type méditerranéen, elle appartient aux domaines bioclimatiques humide et subhumide. L'étage humide couvre toute la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'est et au sud, il est à variante douce ou tempérée au littoral et froide à l'intérieur.

L'étage subhumide couvre le reste de la Wilaya, notamment les plaines, la variante chaude ou douce se localise sur le littoral et la variante tempérée ou froide à l'intérieur. La région de Skikda est l'une des régions les plus arrosées de l'Algérie (DSA,). Nombreuses espèces fruitières exotiques ont été acclimatées au niveau des jardins de l'Université de Skikda (Chalabi, 2014).

3. Lieu d'étude

Notre travail s'est déroulé au niveau des vergers agrumicoles qui sont au nombre de 4 de l'Université de Skikda ainsi que certains vergers privés (3 vergers), situés dans la zone d'EL Hadaiek. Les vergers de l'Université sont en fait une collection variétale et des vergers de production. Les illustrations suivantes (**Figure N°16**) montrent les vergers sur lesquels nous avons effectué notre étude.



Figure N°16: les différents vergers prospectés.

4. Matériels et méthodes

4.1 Matériel végétal utilisé

Plusieurs vergers agrumicoles ont été prospectés, d'abord ceux de l'université et à l'extérieur de l'Université trois vergers ont été étudiés. En période de printemps avec des températures allant jusqu'à 25 C°, est la meilleure période pour étudier les symptômes surtout sur le feuillage. En effet, des enquêtes ont été réalisées au niveau de quatre vergers au niveau de l'Université et deux vergers privés situés dans la localité d'El-Hadaiek concernant le type de porte-greffes utilisé, les variétés touchées par des problèmes de maladies, les itinéraires techniques suivi etc.

4.2 Méthode de travail

L'étude basée sur une étude symptomatologique consistait à des sorties en période de printemps période propice pour l'extériorisation de symptômes (**Roistacher C.N., 1991**). La méthode de travail adoptée est celle basée sur les observations visuelles et l'étude des symptômes qu'affichent les arbres en fonction des symptômes décrits sur les maladies affectant les agrumes, entre autres, la tristeza. Les symptômes sont plus faciles à lire en période de printemps, quand les températures avoisinent les 22 à 25C°, période propice pour la réplication virale. Plusieurs sorties ont été effectuées sur les vergers prospectés en étudiant les arbres surtout ceux affichant des symptômes se rapprochant à ceux décrits pour la tristeza, à savoir, le dépérissement d'un côté de l'arbre sur une seule branche par exemple, ou la moitié de l'arbre ou le dépérissement peut toucher l'arbre complet. Des symptômes d'affaiblissement des arbres en général, les chloroses, les symptômes de forme en cuillère des feuilles etc. Ce sont donc certains symptômes parmi ceux décrits pour la tristeza. Rappelant également que tous les symptômes ne sont pas spécifiques. L'étude basée sur des observations visuelles concernait :

- Aspect général des arbres.
- Symptômes sur feuilles.
- Symptômes sur branches.
- Symptômes sur tronc.

4.3 Protocole d'échantillonnage

Le protocole de notre travail est basé sur des observations d'abord sur l'ensemble du verger ensuite dans la rangée et par la suite arbre par arbre. Il faut rappeler qu'une attention a été donnée pour les cas d'arbres affichant des symptômes très spécifiques tels que les dépérissements (**Figure N°17**).

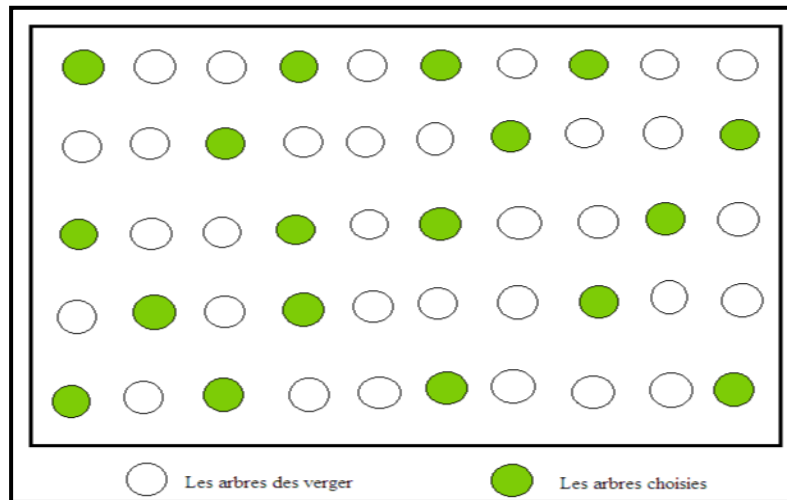


Figure N°17 : Protocole d'échantillonnage aléatoire.

5. Résultats et discussion

5.1 Aspect général des vergers

Tous les vergers agrumes concernés par la prospection à l'Université et en dehors de l'Université, étaient visités en présence de notre encadreur et le technicien responsable de l'Université. Plusieurs sorties a été effectuées depuis le mois d'Avril. Un constat basé sur la collecte d'informations auprès des propriétaires des vergers de l'Université ainsi que ceux détenus par deux privés dans la localité d'El-Hadaiek. 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. Cependant, une remarque peut être directement faite qui concerne l'état général des vergers des deux exploitations privés qui représente des arbres bien entretenus en bon état sanitaire, par contre ceux des vergers de l'Université, et malgré l'âge des plantations, une absence quasi-totale des travaux du sol avec une panoplie de mauvaises herbes et la présence de cas d'arbres affichant des complexes de maladies.



Figure N°18 : aspect général de quelques vergers prospectés.

5.2. Etude symptomatologique des vergers prospectés

Tous les symptômes affichés par les arbres sur le feuillage, les branches ou même le tronc ne sont pas spécifiques. Les signes et symptômes qui apparaissent sur la plante peuvent également varier selon le type de maladie, le type d'hôte, le degré de résistance aux maladies, les conditions environnementales, les carences minérales, les ravageurs et les conditions climatiques difficiles.

5.2.1. Etude de symptômes sur le feuillage

Le verger de l'exploitation N°1 (M.Zair) est caractérisé par un bon état sanitaire, les observations faites sur le feuillage des arbres étudiés montrent un aspect normal et une teinte normale des arbres, cependant il y a lieu de citer quelques petits problèmes liés à la présence de cochenilles, l'enroulement des feuilles et quelques attaques de pucerons très minimes (**Figure N°19, Figure N°20, Figure N21**).



Figure N°19 : jaunissement et enroulement des feuilles sur de nouvelles pousses d'agrumes.



Figure N°20 : illustration mentant à la fois des pucerons noir et vert sur feuille d'agrumes avec la présence des galeries sinueuses creusées par la mineuse des feuilles de citrus.



Figure N°21 : présence de pou rouge (cochenille) sur feuilles d'agrumes.

Cependant, sur l'ensemble des vergers de l'Université (4 vergers) prospectés, la situation est très diverse, presque la quasi-totalité des arbres affichent des symptômes sur le feuillage, plusieurs symptômes ont été observés de l'enroulement, la crispation, la présence de pucerons (noir, vert), la présence de beaucoup d'autres insectes tels que, les cochenilles les aleurodes, les araignées, les fourmis etc. Les chloroses et d'autres colorations anormales sont aussi parmi les symptômes rencontrés sur les arbres prospectés.

Ces colorations peuvent être induites par des facteurs abiotiques ou biotiques, parfois on ne peut distinguer facilement les anomalies du feuillage.



Figure N°22 : décoloration des feuilles d'agrumes.

Toute cette gamme de ravageurs et de pathogènes pouvant être impliqués dans les symptômes observés et qui pourraient être associés à telle ou telle maladie et l'absence d'entretien (fertilisation, travaux du sol, destruction de mauvaises herbes...) facilite la dégradation des vergers.

Des symptômes autres que le jaunissement, la présence de tiges érigées vers le haut, des symptômes rappellent les balais de sorcière qui sont décrit pour la maladie de quarantaine non existante en Méditerranée (Balais de sorcière) induite par un Phytoplasme (*Phytoplasma maaurantifolia*) (**Figure N°23**) (**Bové J.M., 1995**).



Figure N°23 : Tiges érigées vers le haut formant un balai de sorcière.

5.2.2. Etude de symptômes sur les branches

Sur la totalité des arbres étudiés au niveau des quatre vergers de notre Université, certains symptômes ont été déjà décrits dans les travaux des étudiants précédents (2006,2014....), ces symptômes rappellent ceux décrits sur la psorose à savoir des craquellements d'écorce, sur les branches et le tronc, l'ensemble des vieux arbres sont touchés par ce détachement d'écorce (psorose écailleuse) décrite sur les arbres après 50 ans d'âge (**Roistacher C.N., 1991**).

Un autre problème récent à ces vergers (4 à 5 ans), est le dépérissement qui touche parfois une branche d'un arbre, parfois la moitié et parfois il est généralisé sur l'arbre (**Figure N°24**).



Figure N°24 : arbre d'agrumes desséché.

Ce même symptôme est présent parfois sur une rangée complète, nous avons noté ce dépérissement sur les 4 vergers de l'Université, le mode de présence de ce dessèchement est peut-être une contamination par l'intermédiaire de pucerons qui sont considérés comme des vecteurs de maladies, entre autres, les maladies virales. Ce dépérissement rappellent les symptômes décrits pour la tristeza causés par la souche (*Quik decline*), en effet des dessèchement peuvent survenir sur un coté de l'arbre, sur la moitié ou complètement sur l'arbre, si le vecteur est présent dans la zone, des rangées complètes peuvent être contaminées (**Roistacher C.N., 1991**).

5.2.3. Etude de symptômes sur le tronc

La présence de symptômes et d'anomalies sur le tronc peut renseigner sur beaucoup de pathologies, entre autres, les maladies cryptogamiques, les maladies virales, mais certains symptômes peuvent être spécifiques tels que le craquellement sur le tronc qui rappellent les symptômes associés à la Psorose écailleuse (**Figure N°25**).



Figure N°25 : craquellement d'écorce.

Dans la majorité des pathologies observées sur les quatre vergers de l'Université, le symptôme frappant sur les troncs d'arbres est liée à cette Psorose déclarée il y a des années surtout s'agissant des arbres très vieux.

Par contre les arbres des autres vergers semblent en très bon aspect on se basant sur les observations visuelles.

5.2 Discussion

Vue que ces vergers-là sont mal entretenus, évidemment qu'on va les trouver dans un état pareil. L'interprétation des symptômes nous a permis d'évoquer un bon nombre de maladies et de ravageurs qu'on a rencontrés durant notre étude. Ces maladies peuvent être virales à viroïdes, bactérienne ou bien fongique et parfois un complexe de maladies. On ne peut pas identifier l'origine de ces maladies en se basant uniquement sur des observations car la plus part des symptômes manifestés ne sont pas typiques. Beaucoup de viroses passent inaperçues à cause de leur caractère insidieux ou leur manifestations discontinues. L'arboriculteur ou le pépiniériste peut donc à son insu multiplier des végétaux infectés. L'observation visuelle des symptômes ne permet donc pas de porter un diagnostic certain. Cependant on peut appuyer les contrôles visuels par la réalisation des analyses sérologiques ou bien moléculaires qui indiqueront avec certitude la présence ou pas de l'agent pathogène. Les dommages causés aux cultures par un ravageur dépendent de la densité de sa population des conditions climatiques qui favorisent plus ou moins sa multiplication et d'autres facteurs comme nourriture, compétition, prédation...etc.

Les contrôles visuels demandent du temps et de l'attention en revanche ils permettent d'estimer directement au verger l'importance d'un ravageur ou d'une maladie, et de suivre l'évolution des dégâts.

D'une manière globale, les vergers de l'université représentent des foyers d'infection de toute sorte de maladies.

Conclusion générale

Conclusion générale.

Les agrumes constituent une culture stratégique économiquement importante, cependant l'état sanitaire en général reste très peu connu et maîtrisé. Nombreuses sont les affections virales, bactériennes, cryptogamiques et de type virus similaires connues sur les agrumes en Algérie et rapportées par Bové (1995), mais la tristeza demeure le fléau qui menace les agrumes dans le monde entier ou l'on cultive les agrumes et notre pays ne fait pas l'exception. Cette maladie n'avait pas constitué un problème pour l'agrumiculture algérienne dans le passé, mais selon des études récentes, le centre du pays a connu une dissémination du virus dans des foyers isolés, aussitôt après des mesures de quarantaine ont été prises et des vergers contaminés ont été assainis par incinération des arbres positifs au virus du CTV, les services concernés à savoir INPV, CNCC, ITAFV et les services agricoles de chaque wilaya ont travaillé en concertation pour bien gérer ce problème.

Récemment avec l'introduction du *Toxoptera citricida* (2005) dans le pourtour méditerranéen les choses en vraiment changé concernant le contrôle, la lutte et le monitoring. Les pays du Bassin méditerranéen ont adopté des protocoles spécifiques pour le contrôle des vergers et des pépinières, l'Algérie est membre dans le réseau (MNCC), des schémas de contrôle et de surveillance ont été élaborés pour faire face à cette maladie, surtout en présence du *T.citricida* déclaré en 2005 dans la méditerranée.

Ce vecteur est très dangereux il peut anéantir toute une culture dans un pays et peut également introduire des souches exotiques très virulentes. Récemment dans le cadre des travaux de recherches

Dans l'Ouest du pays, des souches exotiques ont été caractérisées à partir du matériel végétal infecté par le virus de la tristeza. Cette introduction de souches sévères témoigne de la sévérité du problème.

Dans cette perspective, notre objectif visait un contrôle sur quelques vergers agrumicoles, pour la détection du CTV par analyse au laboratoire, vu la non réception du Kit CTV pour la DTBIA (*direct tissu blot immunoassay*), nous étions obligé d'orienter notre recherche sur l'étude de l'état sanitaire de quelques vergers agrumicoles de l'Université et d'autres vergers privés, le principe de cette étude

Visait une étude symptomatologique basée sur des observations visuelles avec interprétation des symptômes en fonction des données bibliographiques sur les maladies virales transmissibles par greffage chez les agrumes, entre autres, la tristeza.

Les résultats que nous avons obtenu par visite et étude de l'état sanitaire des vergers prospectés, montrent un symptôme foudroyant affiché sur plusieurs arbres, ce symptôme décrit des dessèchement observés sur les branches, parfois la moitié de l'arbre et atteint et parfois un dépérissement complet sur bon nombre de plants et sur des rangées entières.

Ces symptômes rappellent le dépérissement rapide des agrumes causé par le virus de la tristeza. Rappelant aussi que les arbres des cinq vergers prospectés et étudiés ne présentaient pas ce problème il y a quelques années de là (3-5 an), certes les plantations sont anciennes mais les arbres se portaient bien , à part certains problèmes liés à la présence de maladies cryptogamiques ou autres Psorose, ainsi que des attaques d'insectes, pucerons, cochenilles , aleurodes, la mineuse etc. Tous les ingrédients sont présents, d'abord le bigaradier porte greffe qui constitue une association très sensible au virus de la tristeza avec tous les cultivars des agrumes, la présence d'une gamme importante de pucerons sur agrumes. Vu l'ampleur des symptômes de dessèchement observés sur plusieurs arbres, il serait donc nécessaire de tester la présence du virus de la tristeza, pour soit confirmer notre diagnostic ou infirmer la présence de cette maladie.

Bibliographie

A. M. D'Onghia K.Djelouah, C. N. Roistacher Citrus tristeza virus and Toxoptera citricidus : a serious threat to the Mediterranean citrus industry [Ouvrage]. - 2009. - IAM Bari: CIHEAM (Centre international de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) : p. 244 p. - (Série B Studies and Research, N° 65, Options Méditerranéennes).

ACI ACI et la relance de l'agrumiculture en Algérie [Article]. - Mars 2017. - MCI (Cultiver l'avenir). - n° 11.

agrimaroc agrimaroc [En ligne] // <https://www.agrimaroc.ma/citrus-tristeza-virus-agrumes/>. - 13 mars 2019. - consulté 2022.

agrimaroc Agrimaroc [En ligne] // <https://www.agrimaroc.ma/citrus-tristeza-virus-agrumes/>. - 13 Mars 2019. - consulté 2022.

Ali -Arous S Guenaoui Y., Djelouah K., Current status of citrus of citrus tristeza virus (CTV) and its vectors in Chlef valley (Algeria). // Book of proceeding of the VIII International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2017". - 5-8 Octobre 2017. - p. 1064. - Jahorina, Bosnia and Herzegovina. ISBN 978-9999-718-1-3.

Anonyme Agrumes [Article] // Bulletin de Santé du Végétal . - Guyane : [s.n.], Octobre 2015. - Ministère chargé de l'agriculture, ONEMA, Agricultures & TERRITOIRES, Ecophyto DOM. - 7.

Anonyme Bulletin de Santé du Vegetal [Article] // Les risques sanitaires sur agrumes. - Mayotte : [s.n.], Mai 2017. - Ministère de L'Agriculture et de l'Alimentation, ECOPHYTO PIC, RITA MAYOTTE et LPA de Coconi. - 5.

Anonyme Citrus tristeza virus // NIMP 27. Annexes 15. - Rome : [s.n.], Janvier 2019. - FAO, CIPV.

Anonyme Fruits et légumes biologiques des régions tropicales [Conférence] // Conférence des Nations Unies pour le Commerce et le Développement. - New-York et Genève : Nations Unies, 2003.

Anonyme Guide des Agrumes [Ouvrage]. - 2008. - Institut Klorane.

Anonyme Guide Pratique de Défense des Cultures [Ouvrage]. - Paris : [s.n.], 1999. - ACTA.

Anonyme La culture des agrumes en Polynésie Française. - 2018. - CIRAD, AGAP et INRA.

Anonyme La rousse agricole (le monde agricole au XXI^{ème} siècle) [Ouvrage] / éd. Majorel Mathile et Olivaux Nora Schoott et Thierry. - 2002. - La rousse/ VUEF.

Anonyme Le Guide (traité pratique de jardinage) [Ouvrage]. - 1997. - Clause Jardin.

Anonyme Mémento de l'agronome [Ouvrage]. - 2002. - Ministère Français des Affaires étrangères, CIRAD et GRET.

Bachès Bénédicte et Michel Agrumes [Ouvrage] = Comment les choisir et les cultiver facilement. - 2021. - Ulmer.

bacteries-champignons.blogspot bacteries-champignons.blogspot [En ligne] // <http://bacteries-champignons.blogspot.com/2012/03/les-agrumes-induction-florale.html>. - consulté 2022.

bacteries-champignons.blogspot bacteries-champignons.blogspot [En ligne] // <http://bacteries-champignons.blogspot.com/2012/03/les-agrumes-induction-florale.html>. - Mars 2012. - consulté 2022.

Benttayeb Zine-Eddine Performance du greffage des arbres fruitiers [Ouvrage]. - 2011. - Office des Publications Universitaires.

Bounab Djamel Eddine Chaabi Yamina Etude de la variabilité morphologique au sein d'une collection d'agrumes cultivée à l'Est Algérien, W. Skikda [Mémoire de Maste]. - Université des Frères Mentouri Constantine : [s.n.], 2018.

Bové J.M. Virus and virus like diseases in the Near East region [Ouvrage]. - 1995. - FAO Rome : p. 518P.

BSVguyane Bulletin de Santé du Végétal guyane [En ligne] // <https://bsvguyane.wordpress.com/virus-de-la-tristeza/>. - 2018. - consulté 2022.

Camille Jacquemond Franck Curk, Marion Heuzet, coord Les clémentiniers et autres petits agrumes [Ouvrage]. - 2013. - Quae : p. 17.

Chalabi Ramdane espèces fruitières de l'ancienne école d'agriculture de Skikda : recensement et sauvegarde. [Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme Magister en Agronomie.]. - Université 20 aout 1955-SKIKDA. : [s.n.], 2014.

David More Joh White Encyclopédie des arbres [Ouvrage]. - 2005. - Flammarion.

Déco.fr Déco.fr [En ligne] // <https://www.deco.fr/jardin-jardinage/maladie-plante-parasite/le-pourridie>. - 21 Mars 2019. - Consulté 2022.

desjardins-inspirations desjardins-inspirations [En ligne] // <https://www.desjardins-inspirations.fr/les-agrumes/>. - 2021. - consulté 2022.

Dhouibi Mohamed Habib Introduction à l'entomologie: morphologie, anatomie, systématique et biologie des principaux ordres d'insectes [Ouvrage]. - 2002. - Centre de Publication Universitaire.

DSA La production d'agrumes de la williya de SKIKDA, données statistique. - 2021.

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations [En ligne] // <http://www.fao.org>. - 2022. - consulté 2022.

fellah-trade fellah-trade [En ligne] // <https://www.fellah-trade.com/fr/filiere-vegetale/fiches-techniques/agrumes>. - 2022. - consulté 2022.

Franck Curk François Luro, Patrick Ollitrault L'expédition des hespérides, ou comment les agrumes ont conquis le monde [Article] // Les plantes en voyage !. - 6 Juin 2019. - Montpellier.

Frezal M. Rapport sur la présence en Algérie de la tristeza et de la xylophagie des citrus. [Ouvrage]. - 1957. - C.R.Acad.Agric.France, : 34 : pp. 190-193.

Gautier Michel La culture fruitière [Ouvrage] = L'arbre fruitier. - 1993. - Tec & Doc-Lavoisier : Vol. 1.

Gautier Michel La culture fruitière [Ouvrage] = L'arbre fruitier. - 1993. - Tec & Doc-Lavoisier : Vol. 1.

Gautier Michel L'arboriculture fruitière [Ouvrage]. - 1978. - Hachette.

Hacina Madoui Dekar Aicha et Benzine Challam L'essentiel en biologie cellulaire [Ouvrage]. - 2019. - Office des Publications Universitaires. - Cours illustrés à l'usage des étudiants de 1^{ère} année des sciences Médicales, des sciences Biologiques et des sciences Vétérinaires..

ITAFV Institut technique d'arboriculture fruitière et de la vigne. // La culture des agrumes.. - 2013. - DFRV 2013.. - p. 20P.

ITAFV Rapport sur le dépistage du Citrus tristeza closterovirus (CTV) au niveau du pare à bois agrumicole.ITAF.CNNCC,INTV.Ministère de l'agriculture,Alger 2003, Algérie.. - 2002.

Kantar Rima Djaafri Sihem Les contraintes de production du citronnier dans la willaya de SKIKDA Perspective d'amélioration [Mémoire de fin d'études]. - Université 20 Aout 1955-SKIKDA : [s.n.], 2016.

Lee Richard F. sciencedirect [En ligne] // <https://www.sciencedirect.com/topics/immunology-and-microbiology/citrus-tristeza-virus>. - 2015. - consulté 2022.

Loussert Raymond Les agrumes [Ouvrage] = Arboriculture. - Paris : [s.n.], 1989. - Technique et documentation-lavoisier- Editions Scientifiques Universitaires : Vol. 1.

Luro François Les agrumes représentent une grande diversité [Article] = Histoire de plantes // Jardins de France / éd. Luro F.. - Juillet-août 2015. - Inra. - 636.

M.Bar-Joseph W.O.Dawson sciencedirect [En ligne] // <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744104006397>. - 2008. - consulté 2022.

maisondesagrumes maisondesagrumes [En ligne] //

<https://maisondesagrumes.com/2013/05/22/porte-greffe-des-agrumes/>. - 22 Mai 2013. - consulté 2022.

Mazza Giuseppe Agrumes : variétés et cultures, meme en pot [Ouvrage] / trad. Scaramella Bruno. - 1995. - Scienza & vita nuova et Gardenia.

Mohamed Amine Ferhat Brahim Youcef Meklate, Farid Chemat Citrus d'Algerie les huiles essentielles et leurs [Ouvrage] = Procédés d'extractions. - 2010. - Office des publications universitaire.

network Plant management Plant management network [En ligne] //

<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/citruscanker/>. - 12 aout 2002. - consulté 2022.

ooreka verger.ooreka [En ligne] // <https://verger.ooreka.fr/astuce/voir/669125/maladies-des-agrumes>. - consulté 2022.

Ouissam KHEN agronomie [En ligne] // <https://agronomie.info/fr/morphologie-et-physiologie-des-agrumes/>. - 2014. - consulté 2022.

P. Champagnat P. Barnola et Suzanne Premières recherches sur le déterminisme de l'acrotonie des végétaux ligneux [Article]. - 1971. - INRA et Annales des Sciences Forestières. - 28 : Vol. 1. - pp. 5-22.

plandejardin-jardinbiologique plandejardin-jardinbiologique [En ligne] //

<https://plandejardin-jardinbiologique.com/parasites-maladies-agrumes-traitements-bio.html>. - 2021. - consulté 2022.

plantix plantix [En ligne] // <https://plantix.net/fr/library/plant-diseases/300019/citrus-variegated-chlorosis>. - 2021. - consulté 2022.

plantix plantix [En ligne] // <https://plantix.net/fr/library/plant-diseases/800003/nematodes>. - 2021. - consulté 2022.

Ramade François Dictionnaire encyclopédique des science des la nature et de la biodiversité [Ouvrage]. - 2008. - Dunod.

Raven Evert et Eichhorn Biologie végétale [Ouvrage]. - 2014. - De Boeck Supérieur s.a. .

Rodriguez Ana Corujo toutcomment [En ligne] //

cuisine.toutcomment.com/article/origine-de-l-orange-et-histoire-14694.html. - 15 mars 2021. - consulté 2022.

Roistacher C.N. Graft transmissible diseases of citrus. Handbook for detection and diagnosis.. - 1991. - FAO Rome Eds., - p. 286P..

Rosario Xavier orangesetclementines [En ligne] //

orangesetclementines.com/2011/01/06/references-agrumes/. - 6 Janvier 2011. - consulté 2022.

Sanchez Catherine Agrumes [Article] // FRuiTROP. - Novembre/décembre 2015. - L'Observatoire des Marchés du CIRAD. - 237.

Selma Dehegani theses-algerie [En ligne] // <https://www.theses-algerie.com/1322300147147011/memoire-de-master/universite-abdelhamid-ibn-badis-mostaganem/etude-de-la-compatibilit%C3%A9-et-de-laffinit%C3%A9-de-quatre-vari%C3%A9t%C3%A9s-de-greffons-dagrumes-washington-navel-navelina-orogrand%C3%A9-nul>. - 2020. - consulté 2022.

Theatre Madadoc [En ligne] = Diary valy. Agenda agricole // <http://madadoc.irenala.edu.mg> / éd. SIRANALA. - 1994.

USDA Département Américain de l'Agriculture (USDA) [En ligne] // <http://www.usda.gov>. - 2021. - consulté 2022.

Verbel-Alonso Christine Citron et autres agrumes: un concentré d'astuces pour votre maison, votre santé, votre beauté. [Ouvrage]. - 2011. - Groupe Eyrolles.

Nom et prénom : Damèche Dalia.

Nom et prénom : Boulkertous Soumia.

Nom et prénom : Debbah Souad

Titre : Monitoring du CTV (Citrus tristeza virus) dans la wilaya de SKIKDA

Résumé :

Une étude symptomatologique basée sur des observations visuelles de quelques vergers agrumicoles situés dans la localité d'El-Hadaiek, cinq vergers de l'Université de Skikda et d'autres vergers privés. Des informations générales sur l'état des vergers et l'itinéraire technique ont été collectées auprès des propriétaires afin de dresser une situation sur l'entretien des arbres. Des enquêtes sur terrain ont été effectuées à partir du printemps période propice pour l'extériorisation des symptômes surtout sur le feuillage, et ce, en procédant à l'étude des arbres dans la rangée, par la suite les observations sont individuelles arbre par arbre, les symptômes de la tristeza sur feuilles sur tiges et branches charpentières ainsi sur le tronc ont été recherchés. Dans l'ensemble, l'état sanitaire qu'affiche les arbres est très dégradé suite à la présence de beaucoup de symptômes qui peuvent être associés à de nombreuses pathologies (pathogènes et ravageurs insectes), mais le symptôme qui nous a attiré est apparu selon les propriétaires de ces vergers ces dernières années (3 à 4 ans au plus), avant les arbres se portaient bien, depuis l'apparition de ce symptôme de dépérissement observé parfois sur une branche, parfois la moitié de l'arbre et enfin la présence des arbres qui affichent un dépérissement complet. Tous ces symptômes rappellent ceux causés par le virus de la tristeza (souche Quik decline). Cependant, ces symptômes peuvent être également produits par d'autres pathologies (nématodes, pourridié), seules les analyses au laboratoire peuvent confirmer ou infirmer ce diagnostic. Vu la déclaration récente de la présence de souches virulentes du CTV dans la région de l'Ouest dans la ville de Chlef (2019), il serait utile de contrôler les agrumes dans l'Est du pays par des monitorages.

Mots clés : Monitoring, Tristeza (CTV), Citrus, SKIKDA.

Abstract :

A symptom atological study based on visual observations of some citrus orchards located in the locality of El-Hadaiek, five orchards of the University of Skikda and other private orchards. General information on the state of the orchards and the technical itinerary were collected from the owners in order to draw up a situation on the maintenance of the trees. Field surveys were carried out from the spring, a favorable period for the exteriorization of symptoms, especially on the foliage, by studying the trees in the row, thereafter the observations are individual tree by tree, the symptoms of tristeza on leaves on stems and carpenter branches as well as on the trunk were sought. Overall, the health status displayed by the trees is very degraded due to the presence of many symptoms that can be associated with many pathologies (pathogens and insect pests), but the symptom that attracted us appeared according to the owners of these orchards in recent years (3 to 4 years at the most), before the trees were doing well, since the appearance of this symptom of decline observed sometimes on a branch, sometimes half of the tree and finally the presence trees that show complete dieback. All of these symptoms are reminiscent of those caused by the tristeza virus (quik decline strain). However, these symptoms can also be produced by other pathologies (nematodes, rot), only laboratory analyzes can confirm or invalidate this diagnosis. Given the recent declaration of the presence of virulent strains of CTV in the western region in the city of Chlef (2019), it would be useful to control citrus fruits in the east of the country by regular monitoring in state orchards and the private sector as well as citrus nurseries.

Année Universitaire : 2021/2022