

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Université Abdelhamid
Ibn Badis- Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de vie**



**جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة**

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présentés par

TARI Meryem

MASTER 2 EN AGRONOMIE

Spécialité : Amélioration des productions végétales

THÈME

**Étude d'influence de deux espèces de porte-
greffes « Citrus Volkameriana et Citrange
Carrizo » sur la reprise de greffage de deux variétés
d'agrumes, l'Orange Washington Navel, et
Clémentine Orograndé**

Soutenu publiquement le **27/06/2019**

DEVANT LE JURY

Président:	M^r. GHOULAMALLAH Amine	MAA U. Mostaganem
Examineur :	M^r. DABBA Mohamed El Bachir	MCA U. Mostaganem
Encadreur:	M^r.TADJA Abdelkader	MCB U. Mostaganem

Thème réalisé dans la pépinière EL-Nakhla –Ain Dafla

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes parents qui ont donné sens à mon existence, qui ont œuvré pour ma réussite par leur amour inestimable, leurs soutiens, conseils et leurs assistances et présences dans ma vie, qui peuvent être fières d'avoir trouvé les résultats de longues années de sacrifice pour m'aider toujours à avancer.

Mes chers sœurs et frères

Mes neuvous et ma nièce

Mes belles-sœurs

Mes chères proches amies Zahra Ines Sarah Dalila Kawter Ahlam

Tous mes collègues de la promotion d'agronomie (2018/2019) et surtout celle d'APV.

A la pépinière EL-NAKHLA Et surtout mon oncle EL-HADJ

A tous personnes que n'aurions nommées ici et tous que connue moi.

Meryem

Remerciements

Je teins, en premier lieu à remercier Dieu le tout puissant qui m'a donnée le courage, la volonté, la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, Monsieur A. Abd El-Rahman qui m'a toujours soutenu et encouragé de près ou de loin à l'élaboration et ce mémoire.

je tiens à remercier sincèrement et à exprimer mon profond respect et toute ma gratitude à mon promoteur Mr. TADJA Abdelkader, pour l'orientation, la confiance, la patience, le précieux conseil, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer durant toute la période de préparation de ce mémoire.

Je n'oublie pas d'associer à mes remerciements les responsables de la pépinière EL-NAKHLA à Ain defla, surtout Mr. Hamzaoui Mahdi pour leur aide et encadrement.

Je remercie aussi les membres de jury, pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant de juger mon travail.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents mes sœurs et mes frères.

Je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Meryem

Résumé

Parmi les cultures les plus appréciées en Algérie, l'agrumiculture occupe une place très importante et constitue un intérêt économique de valeur. L'utilisation variée de plusieurs porte-greffes peut répondre à des problèmes d'exploitation de terres agricoles élargis, des stress salin, l'économie d'eau, amélioration des affinités avec des variétés de greffon. La compatibilité est l'un des critères très importants dans de choix du porte-greffes

Notre essai est réalisé dans la pépinière EL-Nakhla, afin d'étudier la compatibilité et affinité par le suivi de taux de reprise au greffage de deux variétés greffons d'agrumes (Orange Washington Navel , Clémentine Orograndé) greffées -en écusson- sur deux porte-greffes nouveaux (Citrus Volkameriana, Citrange Carrizo).La comparaison entre les différentes associations nous a donné ces résultats :

- La serre multi-chapelle a un rôle important d'assurer des conditions de milieu favorable tel que la température et l'humidité, lorsque on 'a choisi la période de greffage en hiver.
- La meilleure association de point de vue durée de reprise au greffage et l'état de développement est élevée est Citrus Volkameriana X Clémentine Orograndé, c'est la combinaison entre le PG le plus vigoureux et la variété la plus vigoureuse. Ces résultats pouvant déterminer un bon choix pour les pépiniéristes agrumicoles.

Mots-clés : Agrumes ; Citrus Volkameriana ; , Citrange Carrizo ; Orange Washington Navel ; Clémentine Orograndé ;Porte-greffe .

Abstract :

Among the most popular crops in Algeria, citrus cultivation occupies a very important place and constitutes a valuable economic interest. The varied use of several rootstocks can address expanded farmland exploitation problems, salt stress, water saving, improved affinities with graft varieties. Compatibility is one of the most important criteria in choosing the rootstocks.

This study aims at investigating the compatibility and affinity by the follow-up of graft recovery rates of two graft varieties of citrus fruits (orange Washington Navel , Clémentine Orograndé) grafted – in shield – on two new rootstocks (Citrus Volkameriana , Citrange Carrizo).Our work is carried out in the nursery El-Nakhla . The comparison between the different associations gave us these results :

- The multi –chapel greenhouse has an important role to ensure favorable environmental conditions such as humidity, when the grafting is chosen in winter.
- The best association of point of view recovery time to grafting and development status is high is Citrus Volkameriana X Clémentine Orograndé , it is the combination between the most vigorous rootstock and the most vigorous variety .

The result of our study seems to be a good choice for citrus nursery growers.

Keywords: Citrus fruits, Citrus Volkameriana , Citrange Carrizo , Orange Washington Navel , Clémentine Orogrande , rootstock

SOMMAIRE

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Liste des figures

Listes de tableaux

Liste des abréviations

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction	1
I. Généralité sur les agrumes	4
I.1. Origines et distribution géographique des agrumes	4
I.2. Importance économique.....	6
I.2.1. Dans le monde.....	6
I.2.2. Les principaux producteurs d'agrumes dans le monde	7
I.2.3. Les zones géographiques de production d'agrumes.....	7
I.2.4. Dans la région (bassin méditerranéen)	8
I.2.5 En Algérie	9
I.3. Taxonomie des agrumes.....	12
I.4.3- Composition variables et âges des vergers	13
Chapitre II Caractéristiques générales des agrumes	14
II.1-Morphologie	14
II.1.1. La partie souterraine :.....	14
II.1.2. La partie aérienne :	14
II.1.2.1-Le système aérien.....	14
II.1.3. Morphologie et anatomie du fruit	17
II.2-Amélioration variétale des agrumes	20
II.2.1-Diversité phénotypique chez les agrumes	20
II.2.2. Ploïdie et cytogénétique des agrumes.....	21
II.2.3. Système de reproduction chez les agrumes	21
II.2.4. Amélioration des porte-greffes	22
II.3-Diversité génétique des agrumes	23
II.3.1- Génétique des agrumes	23
II.3.2- Les origines de la diversité des agrumes.....	23
II.3.3-Diversité inter-générique.....	24

II.3.4- Diversité interspécifique du genre Citrus de nombreux hybrides naturels	24
II.3.5-Diversité intra-spécifique : croisements inter-variétaux et sélections de mutations spontanées.....	26
II.3.6-L'exploitation de la diversité par l'homme: créer de la variabilité	27
II.4-La création et la sélection de variétés chez les agrumes	29
III. Exigences pédoclimatiques des agrumes :	30
III.1-Exigences climatiques.....	30
III.1.1-Pluviométrie	30
III.1.2- Température	31
III.1.3-Gelée	31
III.1.4-Vent	32
III.1.5- Hygrométrie	32
III.2-Exigences édaphiques	32
III.2.1-Texture et structure.....	32
III.2.2-composition.....	33
III.2.3-PH.....	34
III.2.4-La pente et son exposition.....	34
IV-Création d'un verger d'agrumes :	34
IV.1- Choix du matériel végétal :	34
IV.1.1. Le porte-greffe :.....	34
IV.1.2. Choix de la variété :	36
IV.2- Choix du site de plantation :	37
IV.3-Aménagement du site pour une nouvelle plantation:	37
IV.3.1. Travaux préliminaires :	37
IV.3.2. Installation de brise-vents :	38
IV.3.3. Préparation du sol :	38
IV.4-Mise en place de la culture :	39
IV.4.1. Densité de plantation :	39
3.4.2. La plantation proprement dite:	39
V-Contraintes de l'agrumiculture en Algérie	41
V.1-Contraintes hydriques	41
V.2-Vieillessement du verger	41
V.3-Contraintes techniques	41
V.4- Principes contraintes sanitaires.....	41
V.4.1-Maladies virales.....	42
V.4.2.-Maladies bactériennes.....	43
V.4.3- Maladies cryptogamiques	43
V.4.4- Ravageurs.....	45
V.4.5- Maladies physiologiques.....	47

V.4.6- Protection phytosanitaire	47
VI- Variété d'agrumes.....	48
VI.1-Les objectifs d'amélioration des cultivars	48
VI.2- Les critères de choix de variété	48
VI.3- Les variétés cultivées d'agrumes.....	49
VII. Les porte-greffes d'agrumes	50
VII.1. Les critères d'amélioration des porte-greffes.....	50
VII.2. Les critères de choix des porte-greffes	50
VII.3- La sélection des porte-greffes	51
VII.4-Les principaux porte-greffes d'agrumes.....	52
VII.5- Les porte-greffes conventionnels utilisés en Algérie	53
VIII-Techniques de multiplications des agrumes	54
VIII.1-Multiplication sexuée	54
VIII.1.1-Semis.....	54
VIII.2-Multiplication végétative.....	54
VIII.2.1-Bouturage	54
VIII.2.3-Le marcottage	54
VIII.2.3-Greffage.....	54
VIII.3-Production de plants par semis-greffage	55
VIII.3.1-Obtention des porte-greffes	55
VIII.3.2-Greffage des plants	55
VIII.4-Cycles de développement.....	55
VIII.4.1-Croissance végétative :.....	55
VIII.4.2-Fructification	56
IX-Greffage des agrumes	56
IX.1. Pourquoi greffer ?	56
IX.2-Les avantages du greffage.....	56
IX.3- Les techniques de greffage utilisées chez les agrumes.....	57
IX3.1- La greffe en écusson.....	57
IX.3.2. La greffe en placage d'un œil en copeau 'chip budding'.....	60
IX3.3- La greffe en fente simple (ou en fente herbacée).....	61
IX.3.4- La greffe en couronne perfectionnée dite 'Du Breuil'	62
IX.4. Matériel de greffage.....	63
IX.5- Les conditions de réussite de greffage.....	63
IX.6- Mécanisme de soudure ou Callogénèse.....	65
IX.6.1. Explication physiologique de l'opération de greffe	66
IX.6.2- L'affinité entre le greffon et le porte-grefe.....	68
IX.7- Les incompatibilités au greffage	69

IX.8. Le surgreffage.....	72
IX.9-Les interactions entre le porte-greffe et la variété greffon	73
IX.9.1-Influence intrinsèque du porte-greffe et la variété greffon	73
IX.9.2.Influences réciproques de la variété greffon et du porte-greffe sur la nutrition de l'arbre	75

PARTIE EXPERIMENTALE

I-Matériel et méthodes	78
I.1-Objectif de l'essai.....	78
I.2-Lieu de l'expérimentation.....	78
I.3-Les service de la pépinière.....	79
I.4-Critères de choix de la qualité du porte-greffe :	79
II-Matériel végétal	80
II.1-Caractéristiques des porte-greffes étudiés.....	80
II.1.2. Comparaison entre les porte-greffes étudiés.....	80
III-Protocole expérimental	83
III.1-Presentation de l'essai.....	83
III.2-Préparation des plants avant greffage	84
III.3-Le greffage	85
III.4-Entretien des plants après greffage	86
IV-Résultats et discussion	88
IV.1-Résultats.....	88
IV.1.1-Les paramètres mesurés.....	88
IV.1.2- Les paramètres considérés sur le taux de réussite.....	88
IV.1.3- La hauteur de point de greffe	88
IV.1.4- Température et humidité moyenne.....	88
IV.1.5- Nombre de feuilles dans la pousse principale.....	88
IV.1.6- Nombre de pousses principales.....	88
IV.1.7- Durée de reprise au greffage	90
IV.1.8- La reprise au greffage	90
IV.2-Longueur moyenne de la pousse principale.....	92
IV.2-Etude et interprétation statistique	94
IV.3-Discussion	94
Conclusion.....	97

Références bibliographiques

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Origines phylogéniques des limes et citrons

Figure 2 : Région d'origine, dispersion et zones de diversification des agrumes cultivés.

Figure 3 : Part de la production de Fruits, agrumes par région

Figure 4 : Répartition des superficies agrumicoles par région
Figure 5 : Répartition des superficies agrumicoles par groupe de variétés

Figure 6 : Production d'agrumes (tonnes) en Algérie depuis 1962

Figure 7 : Classification des agrumes et origine génétique des Citrus cultivés

Figure 8 : Coupes transversale (A) et longitudinale (B) schématiques d'une clémentine

Figure 9 : Un verger d'agrumes

Figure 10 : Diversité phénotypique des fruits d'agrumes

Figure 11 : Structuration de la diversité génétique du genre Citrus

Figure 12 : Croisements contrôlés dans le groupe des petits agrumes de type mandarine et clémentine

Figure 13 : Technique du greffage en écusson

Figure 14 : Technique du greffage en placage

Figure 15 : Technique du greffage en fente herbacée

Figure 16 : Technique du greffage en couronne

Figure 17 : Coupe transversale d'un tronc d'arbre

Figure 18 : Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes

Figure 19 : pépinière EL-NAKHLA Ain Dafla

Figure 20: Différence qualité de porte greffe

Figure 21 : Tige de Volkameriana

Figure 22 : Tige de Citrange carrizo

Figure 23 : Feuille de Citrus Volkameriana

Figure 24 : Feuille de Citrange Carrizo

Figure 25 : plants d'essai de notre étude (avant le greffage).

Figure 26 : les étapes de greffage

Figure 27 : plants d'essai greffé

Figure 28 : plant d'essai après le développement de pousses

Figure 29 : Représentation schématique d'un plant greffé (Gacem H., 2007)

Figure 30 : l'évolution de la croissance : pousse principale

Figure 31 : Floraison au lieu de la naissance de pousse principale (exceptionnelle)

Figure 32 : la durée de reprise au greffage

Figure 33 : Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés

Figure 34 : les étapes de reprise au greffage

Figure 35 : Causes d'échecs de greffage observées

Figure 36 : longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrus Volkameriana .

Figure 37 : longueur moyenne de la pousse principale chez Citrange Carrizo.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Parts de variétés d'agrumes (%) dans la production mondiale.

Tableau 2 : Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017.

Tableau 4: Densité de plantation et nombre de plants par hectare pratiqué en Algérie

Tableau 5: Les principales variétés cultivées d'agrumes

Tableau 6 : Les principaux porte-greffes d'agrumes

Tableau 7 : Comparaison entre les normes phytotechniques avec porte-greffes étudiés

Tableau 8 : exigences de portes greffes étudiés aux conditions pédoclimatiques

Tableau 9 : performances agronomiques sur le greffon (variété)

Tableau10 : Sensibilité et tolérance aux principales maladies

Tableau 11 : comportement de porte-greffe en pépinière

Tableau 12 : Morphologie des porte-greffes utilisés

Tableau 13 caractéristiques agronomiques de variétés étudiées

Tableau 14: les paramètres mesurés

Tableau 15 : moyennes de Température et Humidité

Tableau 16 : Nombre de feuilles dans la pousse principale

Tableau 17 : Nombre de pousses principales

Tableau 18 : durée de reprise au greffage (jour)

Tableau 19 : pourcentage de reprise au greffage (développement de la nouvelle pousse)

Tableau 20 : longueur moyenne de la pousse principale

Tableau 21 : Etude statistiques de résultat

LISTE DES ABRIVIATIONS

°C : Degré Celsius

C : Citrange

Cm : Centimètre

CNCC : Centre National de Certification et de Contrôle des Semences et de Plants.

CTV : Citrus Tristeza Virus

DR : Durée de Reprise

FAO : Food and Agriculture Organization

ha : Hectare

LPP : Longueur de la pousse principale

mm : millimètre

m3 : mètre cube

NPK : Engrais azoté phospho-potassique

O : Orograndé

PG : Porte-greffe

PS : Pousse de sève

SRA : Station de Recherches Agronomiques de San Giuliano

T : Poncirus Trifoliata

TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen

USDA : United States Department of Agriculture

V : Citrus Volkameriana

W : Washington Navel

Z : Citrange Carrizo

μ : Micron

% : Pourcentage

Introduction

Introduction

Les agrumes se rencontrent aujourd'hui sur les cinq continents, leur distribution naturelle était à l'origine centrée sur l'Asie du sud-est, dans des régions à climat chaud et humide. Le mot « agrume » quant à lui provient du latin (acrumen), qui désignait dans l'antiquité des arbres à fruits acide, Les agrumes sont très sensibles aux maladies cryptogamiques, et ont aussi beaucoup de ravageurs qui causent des dégâts énormes et influent sur la rentabilité des vergers d'agrumes algériens (**Bâches 2012**).

L'Algérie est l'un des principaux pays producteurs d'agrumes dans la région méditerranéenne. Le secteur algérien des agrumes joue un rôle clé en termes économiques (**Schimmenti et al. 2013**). En 2013, la superficie cultivée était de 41 382 ha pour les oranges, 12 115 ha pour les tangerines, les mandarines, les clémentines et satsuma, et enfin 3 897 ha pour les citrons et limes (**FAOStat, 2013**). Pays exportateur d'agrumes juste après l'indépendance, l'Algérie n'arrive plus aujourd'hui à satisfaire ses besoins nationaux (**Bâche 2012**). Après avoir connu un essor grandissant, les Citrus algériens subissent, depuis quelques années, un déclin considérable de la production et de la qualité des fruits. Parmi les causes de ce déclin, les maladies et les ravageurs, tiennent une place prépondérante **LOUSSERT R., 1989**

Pour une amélioration des méthodes traditionnelles, on doit faire appel à la production hors sol et sous abri pour une meilleure qualité de plants, ces techniques qui sont conditionnées par le choix de matériel végétal performant.

L'agrumiculture est sans cesse menacée par de nouveaux problèmes. La technique de greffage était une alternative à la culture des agrumes « franc de pieds » très exposée à la gommose à *Phytophthora* sp. Ainsi, vers le milieu de 19ème siècle, on s'aperçut que le bigaradier était résistant à cette grave maladie en plus de ses qualités d'adaptation à de nombreux types de sols et la productivité des variétés greffées. La 95 % des plantations agrumicoles sont réalisées sur le bigaradier dans la région méditerranéenne.

Cette situation fut maintenue jusqu'aux années 30, avec l'apparition de la Tristeza, maladie virale qui se manifeste par la décimation des plantations, des milliers d'arbres dépérissent ainsi dans un laps de temps très court.

Les travaux de recherche ont été alors orientés vers l'étude et la sélection d'autres porte-greffes, en priorité résistants à cette maladie et présentent des qualités aussi bonnes.

En effet, la gamme des porte-greffes en substitution du bigaradier s'élargit progressivement, cependant, il n'y a pas de porte-greffe parfait qui répond aux contraintes croissantes imposées par les stressés biotiques et abiotiques (**Gacem H., 2007**).

Notre travail consiste à étudier comparativement l'influence de deux porte-greffes d'agrumes hors le bigaradier, à savoir le Citrus Volkameriana, Citrange Carrizo, sur la reprise au greffage et sur le comportement en pépinière de deux espèces d'agrumes, l'Orange washington Navels, Clémentine orograndé , par écussonnage en hiver.

Partie bibliographique

I. Généralité sur les agrumes

I.1. Origines et distribution géographique des agrumes

Tous les auteurs s'accordent sur le fait que le pool génétique original des agrumes a pris naissance au Sud-Est asiatique il y a plusieurs millénaires. Les études phylogénétiques par Scora (1975) et **Barrett et Rhodes (1976)** ont suggéré que la diversité des agrumes se structure uniquement autour des trois espèces "vraies" : pamplemoussiers *C. maxima* (L.) Osb. Mandariniers (*C. reticulata* Blanco) et cédratiers (*C. medica* L.). La différenciation entre ces taxons sexuellement compatibles s'explique par un processus de fondation dans trois zones géographiques (pamplemoussiers : archipel malais et Indonésie, cédratiers : Nord-est de l'Inde et régions voisines de Birmanie et de Chine, mandariniers : Vietnam, la Chine du sud et le Japon (**Webber et al., 1967; Scora, 1975**) et par une évolution allopatrique (spéciation qui a lieu quand deux populations ou plus d'une espèce sont physiquement séparées ainsi elles ne peuvent pas se croiser) (**Nicolosi et al., 2000**). Des études moléculaires récentes ont conclu à l'implication d'un quatrième taxon additionnel ancestral, *C. micrantha* Wester (**Nicolosi et al. 2000; Froelicher et al., 2011**). L'apparition des autres espèces cultivées : oranges, bigaradiers, citronniers, pomelos, limettiers, a eu lieu ensuite par hybridation entre ces taxons de base mis en contact par les échanges commerciaux et les migrations humaines (**Herrero et al. 1996b; Federici et al., 1998; Ollitrault et al., 1999; Nicolosi et al., 2000**). Alors que les origines asiatiques des oranges et mandarines ou méditerranéenne de la clémentine sont bien établies, on sait depuis cette année seulement que le citron jaune est né en Méditerranée d'un mariage entre le cédrat (parent mâle) et la bigarade (parent femelle) (**INRA., 2016**).

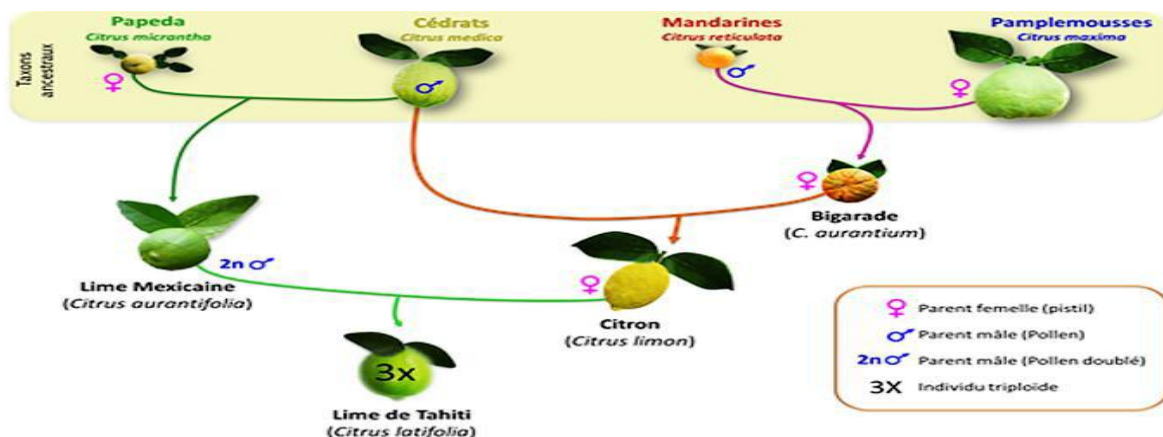


Figure 1 : Origines phylogéniques des limes et citrons (INRA, 2016).

- ✓ L'oranger commun (*Citrus sinensis*) et le bigaradier (*Citrus aurantium*) sont considérés comme les hybrides entre les pools génétiques des pamplemoussiers et des mandariniers.
- ✓ Le limettier mexicain (*Citrus aurantifolia*) résulte probablement d'une hybridation directe entre un cédratier et *C. micrantha* (un papéda).
- ✓ Les citrons (*Citrus limon*) dériveraient d'une hybridation entre un cédratier et un bigaradier.
- ✓ Le pomelo (*Citrus paradisi*) serait un hybride entre un pamplemoussier et un oranger.

La recherche en généalogie des agrumes est cependant complexe à cause de la grande diversité et de l'éloignement des centres d'origine. La localisation précise des zones d'origine des différentes espèces a fait l'objet de controverse. Les zones de diversité actuelle et les études historiques témoignent en faveur de trois zones de diversification primaires des agrumes (**Webber et al.1967; Scora, 1975**) :

- ✓ Le nord-est de l'Inde, le nord de Birmanie et le sud de Chine seraient les zones de diversification du cédrat (*C. medica*) et d'apparition de la lime (*Citrus aurantifolia*), du citron (*Citrus lemon*), du bigaradier (*Citrus aurantium*) et de l'orange (*Citrus sinensis*).
- ✓ L'archipel Malais et l'Indonésie auraient constitué le centre d'origine du pamplemousse (*Citrus grandis*).
- ✓ Les mandariniers se seraient diversifiés sur une vaste zone couvrant le Vietnam, la Chine du sud et le Japon.



Figure 2 : Région d'origine, dispersion et zones de diversification des agrumes cultivés. (Jacquemond et al., 2013).

I.2. Importance économique

Les agrumes représentent la première catégorie fruitière en terme de valeur en commerce international ; cette importance est justifiée par leur :

- ❖ Consommation comme des produit frais ou après leur transformation (jus ; sirop,... etc.).
- ❖ Grande qualité nutritive riche, en vitamine C, B6, et constituent une source de fibres d'acide ascorbique et folique, du potassium et du calcium ;
- ❖ Effet bénéfique sur la santé en contribuant dans la diminution des risques de maladies cardio-vasculaires et d'autres maladies **(ITAFV, 2014)**.

I.2.1. Dans le monde

La culture des agrumes a pris naissance il y a probablement 4000 ans dans les régions subtropicales du continent asiatique et de l'archipel Malais. Le commerce international des agrumes frais a débuté il y a deux siècles environ. Aujourd'hui cultivés sur plus de 3 millions d'hectares et dans plus de 100 pays aux climats tropicaux, subtropicaux et méditerranéens, les agrumes constituent la principale culture fruitière dans le monde. L'amélioration de la production est principalement due à la croissance des terres cultivées consacrées aux agrumes. Un autre facteur expliquant l'importance de l'agrumiculture à l'échelle mondiale réside dans la valeur thérapeutique des fruits d'agrumes et la conscience de leurs bienfaits pour la santé. La libéralisation du commerce ainsi que les avancées technologiques en matière de stockage et de transport, ont engendré une mondialisation de l'industrie des agrumes. L'industrie mondiale du jus de fruit est aussi dominée par les jus d'agrumes.

Selon les données mondiales du Département des agrumes Américain de l'Agriculture USDA, la production mondiale d'agrumes tous produits confondus s'élève à plus 90 Mt pour la campagne 2016/17 avec un TCAM de 1,2% durant la période 2007-2017.

En général, la production mondiale des agrumes se décline en quatre catégories ainsi réparties:

Tableau 1 : Parts de variétés d'agrumes (%) dans la production mondiale. **(USDA, 2016)**.

Variétés d'agrumes :	Part dans la production mondiale
Oranges	54%
Tangerines, Mandarines	31%
Citrons	8%
Pamplemousses	7%

I.2.2. Les principaux producteurs d'agrumes dans le monde

La Chine est le premier producteur d'agrumes dans le monde avec une part de 34% et un volume de 29,5 millions de tonnes, elle est suivie par le Brésil avec une part de 22%. L'UE arrive au 3ème rang suivi par le Mexique (6,7 millions de tonnes) et les Etats unis (4,6 millions de tonnes). Le Maroc occupe le septième rang, suivi par la Turquie avec une part de 1,6%. (USDA, 2016). Quant à l'Algérie, elle occupe la 18ème place dans le rang mondiale, avec une production de 1.2 millions de tonnes par ans (FAO, 2013).

Tableau 2 : Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017. (USDA, 2016).

Pays	Production en tonnes	Part en %
1-Chine	29500000	34%
2-Brésil	19217000	22%
3-Union européen	10766101	13%
4-Mexique	6775000	7,9%
5-USA	4601311	5,4%
6-Egypte	3000000	3,5%
7-Maroc	2315040	2,7%
8-Turquie	1399000	1,6%

I.2.3. Les zones géographiques de production d'agrumes

Bien que l'aire moderne de culture des agrumes soit très vaste, le Brésil, le Bassin méditerranéen, la Chine et les Etats-Unis contrôlent à eux seuls les deux tiers de la production mondiale d'oranges, de petits agrumes, de citrons et limes et de pamplemousses et pomelos, la part la plus importante de la production se concentre dans les pays de l'hémisphère Nord, où la récolte s'échelonne d'octobre à Mi-juin (Jacquemon *et al.* 2013).

- ❖ L'Asie constitue le premier producteur mondial d'agrumes frais, avec une part de production de 55.4%.
- ❖ Ensuite, viens l'Afrique avec une part de production de 36.5%.
- ❖ Les deux continents américains qui représentent une part de production de 7.7%.

❖ Enfin, l'Europe et l'Océanie représentent une part de production de 0.5 (FAOSTAT, 2016).

Part de la production de Fruits, agrumes nda par région

Moyenne 2010 - 2016

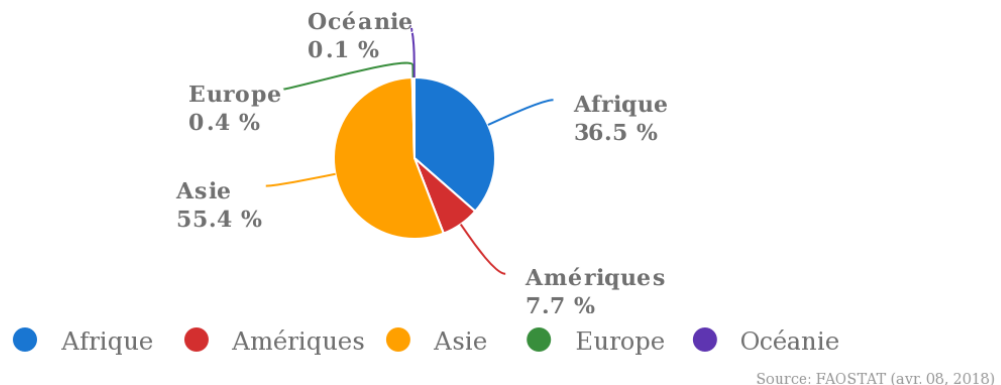


Figure 3 : Part de la production de Fruits, agrumes par région. Source (FAOSTAT, 2018).

I.2.4. Dans la région (bassin méditerranéen)

La Méditerranée fait partie des principales zones de production agrumicoles dans le monde. Elle figure en troisième position, avec 17 millions de tonnes, derrière la Chine et le Brésil. Le taux de croissance des exportations du bassin méditerranéen a augmenté significativement ces dernières années d'environ 2,5% par an au lieu de 1,2% entre 1975 et 1995 (Imbert, 2007).

Le bassin méditerranéen a su tirer profit de ses nombreux atouts pour développer une stratégie visant à s'imposer sur le marché mondial des agrumes frais. Les clés de ce succès sont un climat favorable à la production de fruits de première qualité, une gamme variétale en constante évolution, la mise en place d'importantes règles de protection phytosanitaires et enfin la recherche et le développement de nouveaux marchés (Europe de l'Est, Chine, Moyen-Orient). Ainsi, un agrume frais sur deux échangés dans le monde provient de cette région (Imbert, 2005). La transformation reste pour les producteurs de cette zone un outil de régulation du marché en permettant d'absorber et de valoriser les écarts de triage (Imbert, 2008).

Le profil variétal est largement dominé par les oranges (50%) suivies des « petits » fruits avec près de 20% (Imbert 2005). Deux types de pays producteurs peuvent être distingués. Des pays producteurs-consommateurs tels que l'Italie, l'Egypte, la Turquie ou la Grèce qui représentent dans l'ensemble 40% de la production méditerranéenne mais plus de 70% de la consommation régionale. Enfin, des pays producteurs-exportateurs, notamment

l'Espagne, le Maroc et Israël qui représentent 50% de la production méditerranéenne et près de 75% des exportations.

I.2.5 En 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.....) (**Farhat *et al*, 2010**).

Cette culture revêt une importance stratégique pour l'Algérie comme source d'approvisionnement en fruits et des débouchés sur le marché international des produits agrumicoles. Sur le plan social, la culture des agrumes emploi en moyenne 140 jours/ha/an, sans compter ceux générés par l'environnement de ce secteur (transformation, commercialisation) (**I.T.A.F, 2002**).

Le verger agrumicole algérien est particulièrement concentré dans les plaines Littorales et Sublittorales, où les conditions de sol et de climat sont favorables (Younsi, 1990).

Selon ce même auteur les principales zones agrumicoles sont localisées comme suit :

- ❖ La plaine de la Mitidja.
- ❖ Le périmètre de la Mina et du Cas Chélif.
- ❖ Le périmètre de l'Habra.
- ❖ La plaine d'Annaba.
- ❖ La plaine de Skikda.

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. (Fig4).

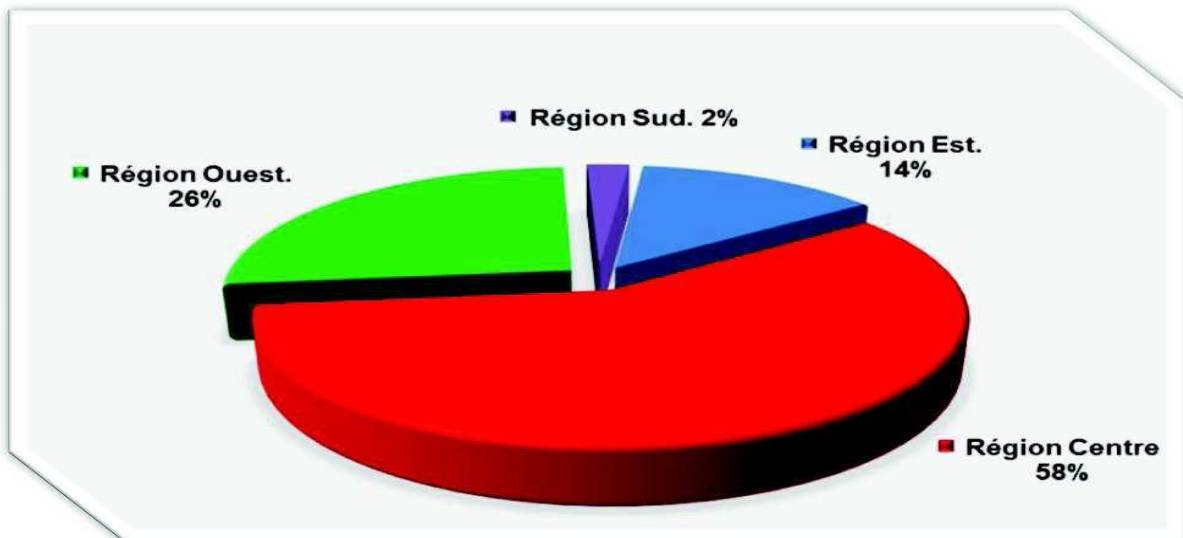


Figure 4 : Répartition des superficies agricoles par région (MADRP, 2013).

1.2.5.1. La composition variétale

En Algérie, Le verger agrumicole est constitué de tous les groupes Citrus avec une prédominance des oranges, qui occupe à lui seul, 73% de la surface agrumicole totale, suivies du groupe des clémentiniers avec 16% de la surface agrumicole puis du groupe citronniers avec 6,9% et des mandariniers avec un taux de 4%. Ce groupe, auquel on reproche le manque de résistance du fruit aux intempéries et aux conditions de transport, n'est plus beaucoup planté, et en dernière place, le groupe des pomelos avec 0,1% de la superficie totale (régression des superficies plantées annuellement) (Fig5).

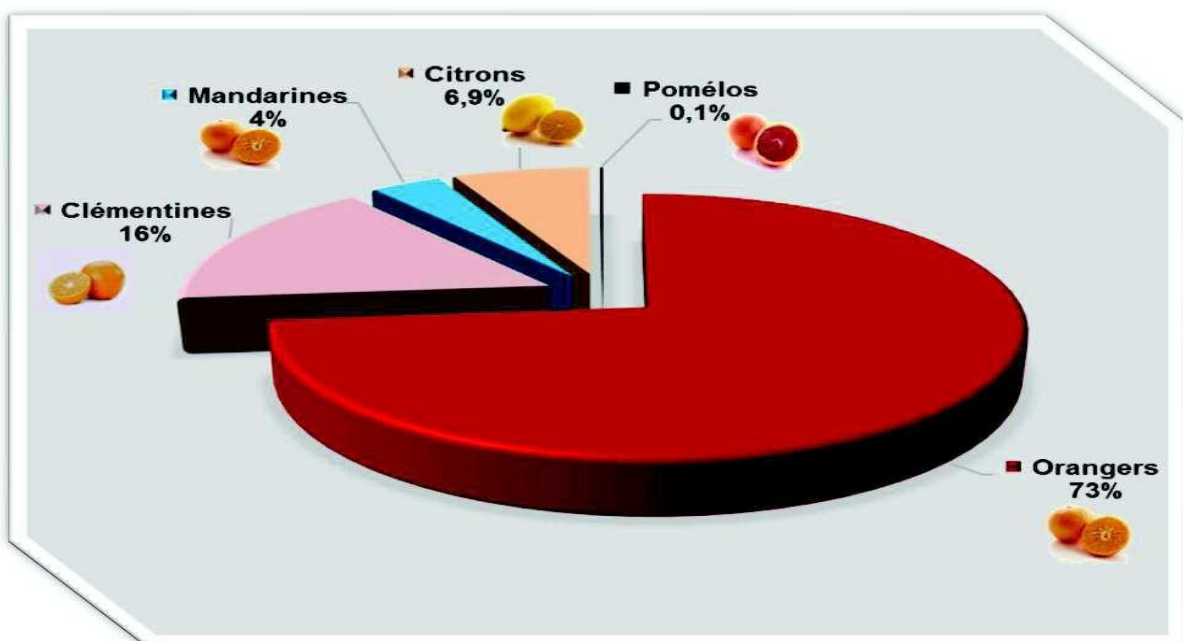


Figure 5 : Répartition des superficies agricoles par groupe de variétés (MADRP, 2013).

1.5.2.2. La production en chiffres

La culture des agrumes en Algérie remonte à une époque lointaine. Son développement a pris de l'ampleur à partir du XIV^{ème} siècle avec l'arrivée des musulmans d'Andalousie. L'essor du commerce des produits agrumicoles se situe au XIX^{ème} siècle avec le déclin de l'agrumiculture Espagnole.

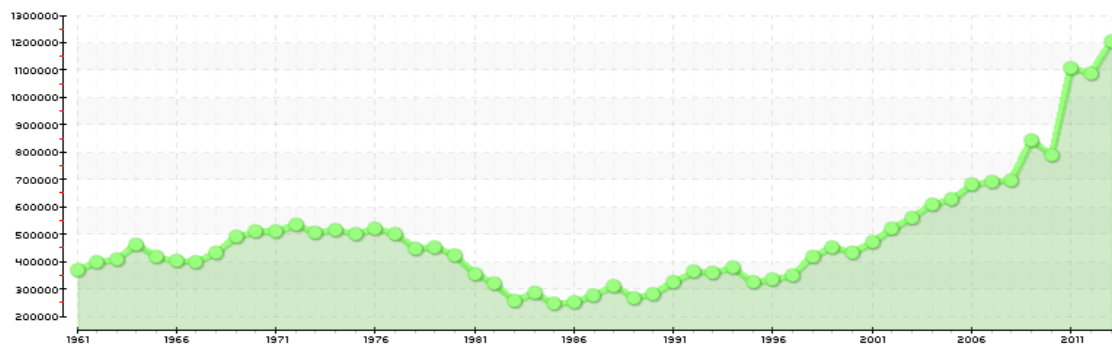
Durant les années soixante l'Algérie exportait, en moyenne, 25% de sa production. La période 1970/80 a connu la réorientation de la production destinée à l'exportation vers la satisfaction de la demande du marché intérieur.

De la fin des années 80 jusqu'à 1999, l'agrumiculture a connu une régression dont les effets sont : un arrêt de développement, une érosion du savoir-faire due à un délaissement des vergers. Avec l'avènement des différents programmes, dès 1999, l'agrumiculture au même titre que les autres filières a bénéficié d'une relance grâce à des mesures incitatives aussi bien financières, socio-économiques, technico-scientifique qu'organisationnelles.

Le programme du renouvellement économique et rural vise l'augmentation et l'amélioration qualitative de la production pour la satisfaction des besoins de la population et l'exportation. Un regain d'intérêt vers l'agrumiculture a été enregistré ces dernières années. Les agrumiculteurs sont fortement encouragés par le programme national du développement agricole. Ainsi, la superficie agrumicole totale a connu une progression ; elle est passée de 46010 ha en 2000 à 64766 ha en 2013 soit une augmentation de 30% selon les derniers recensements fournis par Le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Ces accroissements en superficie sont accompagnés avec des augmentations sensibles dans la production agrumicole où la production totale en agrumes de l'année 2013 a atteint 1.204.801 tonnes de toutes variétés confondues (**MADRP, 2013**).

La culture des agrumes représente pour notre pays un segment stratégique. Selon les dernières statistiques (**FAO, 2016**), l'agrumiculture couvre actuellement une superficie totale de : 58749 ha. La production totale avoisine les 1203752 tonnes toutes variétés confondues pour un potentiel de 1,5 à 2 millions de tonnes dès l'entrée en production des jeunes vergers.

Algérie - Production d'agrumes (tonnes)



Source : FAO
Années : 2015
Création : Actualitix.com - Tous droits réservés



Figure 6 : Production d'agrumes (tonnes) en Algérie depuis 1962 (FAOSTATS d'après ACTUALIX.COM, 2015).

I.3. Taxonomie des agrumes

Les agrumes comportent une grande diversité d'espèces. Cette diversité n'est pas complètement explorée et exploitée. En fait, les agrumes appartiennent principalement à trois genres botaniques sexuellement compatibles : *Fortunella*, *Poncirus* et *Citrus*. Ces trois genres avec huit autres genres appartiennent à la sous-tribu des *Citrinae*, tribu des *Citreae*, sous famille des *Aurantioideae*, famille des *Rutaceae* et l'ordre des Géraniales (Swingle, 1967).

Les espèces appartenant au genre *Fortunella* donnent des fruits dont la peau est comestible. Le *Poncirus* est monospécifique. Il est utilisé surtout comme porte-greffe du fait des tolérances qu'il porte à plusieurs contraintes biotiques (Gommose à *Phytophthora*, Tristeza, nématodes...) et aux basses températures.

Le genre *Citrus* est celui qui regroupe un très grand nombre d'espèces y compris la plupart des espèces cultivées et comestibles. Le nombre d'espèces appartenant à ce genre varie en fonction des classifications des taxonomistes. En effet tandis que Swingle (1967) y répertorie seize espèces, Tanaka (1961) y décrit cent cinquante-six espèces. La classification de Tanaka (1961) reste la plus utilisée, même si tout le monde s'accorde à dire que celle de Swingle se rapproche le plus de la définition d'une espèce. En 1997, Mabberley a proposé une autre classification qui regroupe les six genres inter-fertiles des agrumes : *Poncirus*, *Fortunella*, *Citrus*, *Eromocitrus*, *Microcitrus* et *Clymenia* en un seul genre nommé *Citrus* (Mabberley, 1997).

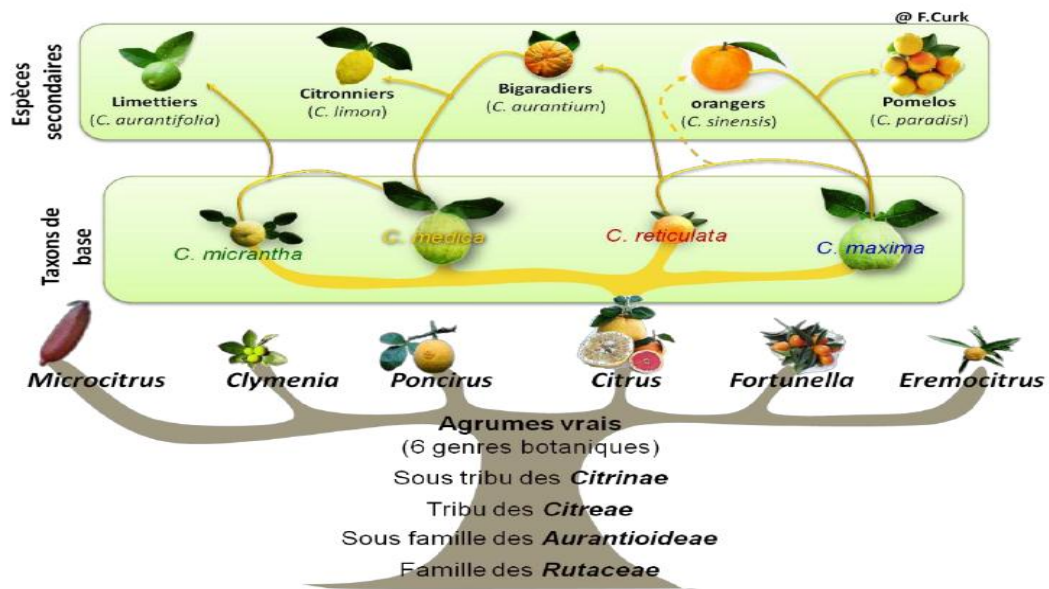


Figure 7 : Classification des agrumes et origine génétique des Citrus cultivés (Khefifi, 2015).

En référence à la classification de (Swingle, 1967), on distingue huit principaux groupes taxonomiques : *C. medica* (L.) (cédratiers), *C. reticulata* Blanco (mandariniers), *C. maxima* (L.) Osb. (pamplemoussiers), *C. sinensis* (L.) Osb. (orangers), *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (limettiers), *C. paradisi* Macf. (pomelos), *C. limon* (L.) Burm. F. (citronniers), *C. aurantium* (L.) (bigaradiers).

Classification de genre *Citrus* :

Classification de Cronquist (1981) :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Sapindales

Famille : Rutaceae

Genre : *Citrus* L.

I.4.3- Composition variables et âges des vergers

Le verger agrumicole est constitué par divers groupes d'agrumes, avec spécialement celles appartenant aux oranges et clémentine. La gamme variétale du groupe des oranges est la plus importante, avec une prédominance des variétés précoces, telle que le

Washington Navel et le Thomson Navel (50% de la superficie couverte).

Par ailleurs, le rythme de plantation et renouvellement des vergers reste insignifiante, ceci, malgré les efforts de l'Etat en matière de soutien pour la filière Agrumicole.

II. Caractéristiques générales des agrumes

II.1-Morphologie

II.1.1. La partie souterraine :

- ✓ Les racines principales : les racines sont très solides et ont également pour fonction de maintenir au sol un arbre généreux dont la frondaison présente, par sa persistance et son abondance, une forte prise au vent ;
- ✓ Les racines secondaires : elles absorbent les éléments minéraux indispensables à l'alimentation de l'arbre en éléments nutritifs (Richard, 2004).

II.1.2. La partie aérienne :

II.1.2.1-Le système aérien

La partie aérienne est essentiellement constituée par la variété (cultivar) de l'espèce cultivée et constituée du tronc, à partir duquel se développent les branches charpentières, puis les ramifications qui porteront les feuilles, les fleurs et les fruits.

II.1.2.1.1- Le tronc

Son développement est limité en hauteur à quelque dizaine de centimètres par la première taille de formation qui a pour effet de favoriser le développement des futures charpentières. C'est au niveau du tronc que se situe la ligne de greffe résultant de l'association de la variété et du porte-greffe, le point de greffe est plus ou moins apparent.

II.1.2.1.2-Les ramifications

Elles constituent l'armature de l'arbre. Les branches charpentières, limitées à 3; 4 ou 5 par la taille de formation, prennent naissance sur le tronc. Elles doivent être d'égale vigueur afin de favoriser le développement équilibré de la frondaison.

Les charpentières se divisent en sous-charpentières (ou sous mères) qui à leur tour porteront les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères. A l'intérieur de la frondaison,

peuvent parfois se développer des rameaux verticaux de grande vigueur, pourvus de larges feuilles associés à des épines ulcéreuses. Ces rameaux appelés gourmands, grands consommateurs de sève, peuvent compromettre l'alimentation d'une sous mère.

II.1.2.1.3-Les feuilles

La feuille est le lieu de la photosynthèse qui aboutit à des composés organiques (sucres, protéines) formant la sève, utilisée par le végétal pour alimenter ses cellules.

Tous les *citrus* sont les arbres à feuilles persistantes, ce qui est un caractère d'adaptation à des hivers peu rigoureux. Seul le *Poncirus trifoliata* perd des feuilles en hiver, ce qui lui permet de mieux résister aux basses températures hivernales ; son utilisation comme porte greffe est donc recommandé dans les zones à climat méditerranéen continental.

Les feuilles de *citrus* présentent une grande variabilité de tailles et de formes non seulement entre les espèces et les variétés, mais également suivant leur âge et l'âge de l'arbre. En général les jeunes arbres sont pourvus de feuilles plus larges et plus grandes que les arbres adultes.

Certaines espèces de citrus ont des feuilles qui portent à leur base un aileron plus ou moins développé, et souvent associé à l'aisselle de la feuille avec une épine plus ou moins ulcéreuse (bigaradier, pomelo, orangé). Par contre, pour d'autres espèces l'aileron est absent, et l'épine peu développée (citronnier, mandarinier, clémentinier).

La feuille est généralement composée de 2 parties :

- Le limbe : qui contient les cellules chlorophylliennes responsables de la photosynthèse.
- Le pétiole : passage des vaisseaux conducteurs de sève de la tige vers le limbe.

II.1.2.1.4. Les fleurs

L'époque de floraison et de fructification varie selon les espèces et le climat : les fleurs apparaissent de mars à mai et les fruits mûrissent de novembre à mars. Il faut donc 6 à 10 mois pour qu'une fleur se transforme en fruit mûr. Les agrumes sont des plantes auto fertiles, il n'y a donc pas de pieds mâles ou femelles. Pour fructifier, l'action du vent et des insectes est suffisante. La floraison en grappes ou en fleurs isolées selon les espèces est très abondante et suivie d'une grande chute normale de fleurs.

Les fleurs de *Citrus* sont composées:

- 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 coloré en pourpre chez certaines espèces (citronniers, pomelos limettiers) ; ils forment la corolle.

- de 20 à 30 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 pleine floraison des arbres. Les grains de pollen, de couleur jaune brillant, sont pourvus de nombreux sillons microscopiques qui leur permettant de se fixer le stigmate du pistil.

- 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.

II.1.2.1.5. Les fruits

Les fruits de principales espèces et variétés cultivés de *Citrus* diffèrent par la 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. On peut distinguer les parties suivantes :

- L'écorce :

Elle constitue la partie non comestible du fruit. Chez les oranges, les mandarines et les clémentines, elle reste peu développée, alors que chez les cédrats ou les pamplemousses elle constitue la majeure partie du fruit. Cette écorce est formée de l'épicarpe et de mésocarpe externe et interne. A maturité du fruit, c'est l'épicarpe (ou épiderme) qui se colore en orangé ou jaune, L'épicarpe et le mésocarpe externe constituent le flavédo où se trouvent localisées les glandes oléifères riches en huiles essentielles. Le mésocarpe interne constitue l'albédo, plus ou moins épais, de couleur blanchâtre et de texture spongieuse.

- La pulpe :

C'est la partie comestible du fruit, elle est formée par l'endocarpe. Cet endocarpe est constitué par un ensemble de poils ou vésicules renfermant le jus, et qui sont regroupés en quartiers et un navel à l'intérieur chez les oranges navels.

Le nombre de quartiers varie de 5 à 18 :

- 9 à 11 pour les oranges

- 8 à 11 pour les citrons

- 12 à 15 pour les pomelos

- Les pépins :

Ils proviennent, comme toutes les graines, de la fécondation ou fusion de deux cellules sexuelles (ou gamètes) : d'une part l'anthérozoïde du grain de pollen et d'autre part l'ovule de l'ovaire.

II.1.3. Morphologie et anatomie du fruit

Tous les fruits des agrumes ont la même structure. Seuls la dimension et la forme changent d'une espèce à une autre. Il s'agit d'un point de vue biologique d'une baie charnue.

Le fruit est composé de deux parties: la peau également appelée péricarpe et la pulpe appelée aussi endocarpe. Le péricarpe est composé d'un épicarpe qui correspond au flavédo et d'un mésocarpe qui correspond à l'albédo (**Ladanyia, 2008**). Le flavédo représente la partie externe colorée (vert, jaune, orange...) contenant les glandes à huiles essentielles.

L'albédo quant-à-lui représente la partie interne de la peau composée de tissus spongieux de couleur blanchâtre. Au milieu de l'endocarpe se trouve l'axe central du fruit (columelle) qui est entouré par les segments. Ces derniers sont composés de vésicules à jus nommés aussi sacs à jus (**Salunkhe et Kadam, 1995 ; Spiegel-Roy et Goldschmidt, 1996 ; Ladanyia, 2008**).

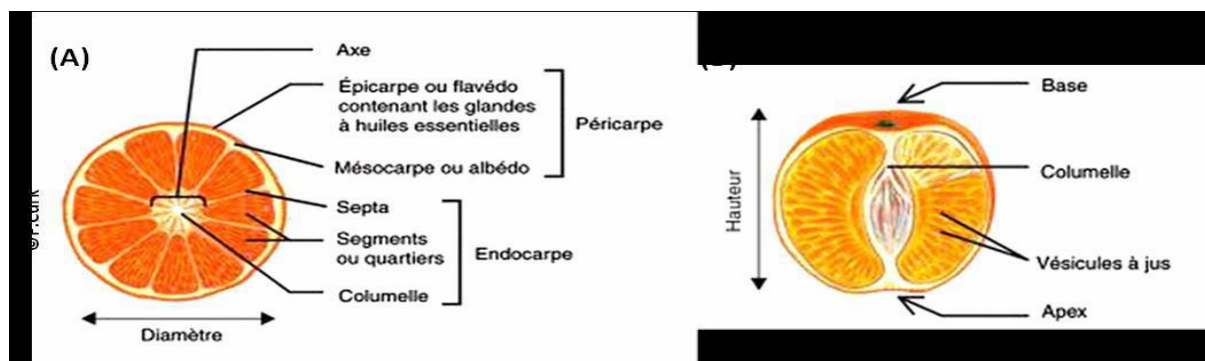


Figure 8 : Coupes transversale (A) et longitudinale (B) schématiques d'une clémentine (**Khefifi, 2015**).

II.3.1-Morphologie et rôle des ramifications

• Règles morphogénétiques des agrumes :

La formation des rameaux est régie par une dominance apicale marquée, où le méristème du bourgeon terminal de la pousse en formation inhibe le développement des bourgeons latéraux par la production de substances hormonales (auxines). Cela se traduit par le fait qu'une pousse feuillée se développe dans un premier temps sans se ramifier. Au fur et à mesure de la croissance de la pousse, les bourgeons se forment en même temps que les

feuilles, en position axillaire (à l'aisselle de la feuille). Chaque bourgeon, qu'il soit apical (terminal) ou latéral (axillaire) contient :

- **Construction de la charpente :**

Les premières années le rôle essentiel de la ramification est de permettre la construction d'une charpente solide et adaptée à la variété et à son mode de culture. Par la taille dite de formation, l'homme contraint et oriente la structuration naturelle. Sur le tronc prennent naissance les branches charpentières, qu'on limite à 3, 4 ou 5, qui elles-mêmes se subdivisent en sous-charpentières. Celles-ci se ramifient en rameaux végétatifs et fructifères, qui se développent et se renouvellent chaque année. À l'âge adulte, les agrumes atteignent une forme plus ou moins sphérique en fonction des variétés, et leur feuillage devient très dense du fait de l'émission de nombreux rameaux à chaque pousse végétative. À l'intérieur de la frondaison, peuvent parfois se développer des rameaux verticaux de grande vigueur, appelés « gourmands » en raison de leur grande consommation de sève. Si aucune taille n'est réalisée, ces gourmands peuvent dépasser rapidement la frondaison pour former, au-dessus d'elle, un nouvel étage posant problème dans la conduite culturale du verger.

- **Circulation et répartition des flux vers toutes les parties de la plante en croissance :**

Le tronc et les ramifications peuvent être considérés comme un appareil circulatoire double. Dans un sens il amène jusqu'aux feuilles les solutions d'éléments nutritifs puisés dans le sol et qui constituent la sève brute, et dans l'autre sens, il met à la disposition des organes utilisateurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits) la sève élaborée nécessaire pour la croissance, la fructification et la constitution de réserves. Ainsi, ce sont tous les types de ramification qui assurent la circulation de la sève. On voit bien alors la relation entre l'efficacité « alimentaire » et la qualité du « système de circulation » (complexité, rameaux chétifs, mal placés, en nombre trop important, etc...). C'est bien un des rôles de la taille annuelle que d'optimiser ce système.

- **Accumulation des réserves :**

L'ensemble du tronc et de la ramure constitue un volume élevé de divers tissus susceptibles d'accumuler des réserves importantes et de jouer le rôle de régulateur ou de tampon entre, d'une part, les possibilités de nutrition et, d'autre part, les besoins exprimés par les parties consommatrices pour assurer le développement et la fructification. Ce pouvoir tampon peut expliquer par exemple le décalage entre l'application de certaines matières

fertilisantes et l'observation de son effet. Comme toutes les espèces du genre Citrus, le clémentinier est un arbre à feuillage persistant, ce qui lui permet de conserver une capacité et une activité photosynthétique tout au long de l'année. La durée de vie d'une feuille est au maximum de trois ans, ce sont surtout les jeunes feuilles qui ont la meilleure efficacité photosynthétique, mais ce sont les feuilles plus âgées qui ont la meilleure capacité de stockage (sous forme d'amidon principalement mais également de sucres solubles).

II.3.2- Croissance végétative

Sous climat de type tropical, le développement végétatif des agrumes est relativement continu. Dans les régions à hivers marqués (climat méditerranéen) ou avec des périodes de sécheresse (conditions subtropicales) la croissance devient discontinue. Sous climat méditerranéen, c'est en période hivernale 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 le clémentinier, appelées « pousse de printemps », « pousse d'été » et « pousse d'automne ». La pousse de printemps, la plus importante est celle sur laquelle se développent normalement les bourgeons. Les pousses d'été et surtout d'automne sont celles qui contribuent à la croissance végétative de l'arbre et à la production des rameaux qui seront porteurs de fleurs et de fruits l'année suivante.

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. La durée de croissance et la longueur finale de ces pousses dépendent de la saison, des conditions environnementales, de la disponibilité des éléments nutritifs et de la variété. Cependant le nombre d'entre-nœuds que comportera cet axe est prédéfini dans le bourgeon. Ces différentes poussées de croissance correspondent à des périodes d'intense activité au niveau de l'absorption racinaire et de l'activité photosynthétique: la plante doit alors pouvoir disposer des éléments nutritifs dont elle a besoin, d'où l'importance de l'irrigation et des apports fractionnés d'engrais azotés. Quant à l'activité photosynthétique, elle est optimum à des températures comprises entre 25 et 30°C, et est fortement réduite dès que l'on atteint les 35°C (**Jacquemond C. et al, 2009**).



Figure 9 : Un verger d'agrumes (Khefifi, 2015).

II.2-Amélioration variétale des agrumes

II.2.1-Diversité phénotypique chez les agrumes

La diversité agro morphologique des agrumes est considérable (Figure 10). Elle concerne aussi bien les caractères organoleptiques et pomologiques que les résistances aux facteurs biotiques ou abiotiques. Ainsi, cette diversité ouvre des perspectives intéressantes pour l'utilisation des ressources génétiques en amélioration variétale. Elle est fortement marquée entre les espèces.



Figure 10 : Diversité phénotypique des fruits d'agrumes (www.jardiniersprofessionnels.com).

Cette variabilité se manifeste particulièrement au niveau des fruits. Le diamètre des fruits peut varier de quelques millimètres chez certains kumquats et micrantha à plus de 30 centimètres pour certains pamplemoussiers. L'épaisseur de l'albedo quasi inexistant chez les mandariniers constitue la majeure partie du fruit chez les cédratiers. La coloration du fruit, due à la présence de métabolites secondaires, les flavonoïdes (anthocyanes) et/ou les caroténoïdes (lycopène, bêta carotène, volaxanthine...) varie du jaune/vert chez les limettiers, les cédratiers, les citronniers, les pamplemoussiers au rouge/orange chez les orangers et mandariniers voire au violacé chez les Microcitrus. La pulpe peut également présenter des couleurs et des teneurs en acidité variables entre les espèces. Les agrumes présentent un port variable en fonction des espèces allant du buisson à l'arbre. Au niveau foliaire, les feuilles des Citrus sont majoritairement mono foliées, persistantes et présentent des tailles et formes variables suivant les espèces. Seuls les Poncirus se caractérisent par des feuilles totalement trifoliées et caduques.

II.2.2. Ploïdie et cytogénétique des agrumes

Les agrumes et les genres apparentés, à grande majorité diploïdes, ont un nombre de chromosomes de base n égal à 9, soit $2n = 2x = 18$ (Krug, 1943). Des phénomènes de polyploïdisation naturelle peuvent survenir, mais seuls quelques polyploïdes naturels ont été identifiés, tels que *Fortunella hindsii* (Praloran, 1971), tétraploïde ; *Citrus latifolia* (Nogler, 1984), triploïde ; *Clausena excavata*, allotétraploïde (**Froelicher, et al. 2000**) et *Glycosmis pentaphylla*, hexaploïde (**Richards, 1986**). Le comportement méiotique des agrumes ainsi que leurs hybrides interspécifiques et inter génériques est généralement régulier, et les irrégularités méiotiques sont peu fréquentes (**Cavalcante, et al. 2000**).

II.2.3. Système de reproduction chez les agrumes

Les agrumes sont caractérisés par une floraison abondante. Pour la majorité des espèces, elle a lieu en début de printemps dans l'hémisphère nord, néanmoins certaines variétés telles que le citronnier Eureka, sont capables de fleurir plusieurs fois par an. La période de floraison pour une même variété peut varier d'une zone géographique à une autre et selon les températures au moment de l'induction florale en fin d'hiver. En revanche, les Poncirus fleurissent plus précocement (un mois plus tôt) et le développement des bourgeons floraux précède celui des bourgeons végétatifs. Les agrumes du genre *Fortunella* possèdent la floraison la plus tardive, soit environ deux mois après la floraison des Citrus. Ces écarts de

précocité de floraison contribuent à l'accroissement de la différenciation génétique entre ces trois genres.

La fleur est de type hermaphrodite, formée de 3 à 5 sépales qui constituent le calice, de 4 à 8 pétales blancs ou légèrement pourpres qui constituent la corolle et enfin des appareils reproducteurs mâles (étamines) et femelles (pistil et stigmate). Chez certaines espèces comme *Poncirus trifoliata*, *Citrus limon*, *C. aurantifolia* et *C. medica*, le pistil peut être absent ou atrophié chez un bon nombre de fleurs. La proportion de fleurs portant des anthères vides est également variable suivant le cultivar et les conditions de culture.

Le stigmate est réceptif quelques jours avant l'anthèse et plusieurs jours après. Chez certains cultivars, l'autopollinisation est facilitée par la proximité entre l'anthère et le stigmate ou par la déhiscence précoce des anthères. Cependant, l'allopollinisation par le biais d'insectes est la stratégie la plus commune grâce au pouvoir attractif des fleurs (l'attrait de la corolle, le parfum, le nectar abondant, le pollen). On assiste à une chute de fleurs et de jeunes fruits tout juste noués souvent dans des proportions importantes (90% chez le citronnier, 95% chez l'oranger et le clémentinier).

La reproduction chez les agrumes peut se faire selon deux voies : sexuée et asexuée (Koltunow, et al. 1995). Le système de reproduction des agrumes se caractérise par une grande diversité de comportement. La polyembryonie et l'apomixie de nombreux génotypes constituent sans doute sa plus grande originalité et ont sans doute limité considérablement les brassages génétiques en induisant, dans les semis, des fréquences très élevées de multiplication conforme du génotype maternel. A l'inverse, l'auto incompatibilité a dû favoriser la recombinaison dans les populations mono-embryonnaires.

II.2.4. Amélioration des porte-greffes

La sélection de porte-greffe à multiplication végétative est une nécessité agronomique pour garantir la production et assurer son développement dans différentes régions du monde présentant des conditions agro-environnementales contrastées. Le travail de création et de sélection a pour but de trouver des porte-greffes adaptés aux caractéristiques des sols et aux différents pathogènes qui s'y trouvent. Dans le bassin méditerranéen, les principaux problèmes rencontrés sont la salinité, l'alcalinité des sols calcaires, le virus de la Tristeza, les nématodes et le *Phytophthora*. Jusqu'à l'arrivée de la Tristeza, le principal porte-greffe utilisé était le bigaradier car il était l'un des rares à tolérer, dans une certaine mesure, la salinité, les

pH élevés, et les sols calcaires (Grosser, et al. 2004). Toutefois, les arbres greffés sur bigaradier sont plus vulnérables aux maladies causées par certaines souches du virus de la Tristeza des agrumes (Rao, et al. 2008). De nouveaux porte-greffes offrant une bonne compatibilité avec les cultivars d'agrumes locaux et tolérants à ces diverses contraintes doivent être trouvés. D'intéressants caractères de tolérance vis-à-vis de stress biotiques et abiotiques existent dans les espèces du genre *Citrus* et des genres apparentés. La recombinaison génétique, utilisable pour exploiter cette diversité génétique, est limitée par la biologie de la reproduction des agrumes et la forte hétérozygotie de la plupart des cultivars et porte-greffe. En revanche, l'hybridation somatique apparaît comme étant une voie plus favorable au cumul des caractères d'intérêt agronomique et de tolérances à des pathogènes tels que la Tristeza et le *Phytophthora*.

Le porte-greffe doit être également compatible au greffage avec la variété et favoriser le développement durable d'arbres capables de produire des fruits en grandes quantités et de bonne qualité (Khan et Kender 2007). Les porte-greffes permettent de moduler le comportement de l'association porte-greffe/cultivar pour de nombreux caractères. Ainsi pour l'ensemble des zones de culture, la sélection d'un porte-greffe conférant à l'association porte greffe/ cultivar une résistance ou une tolérance à la Tristeza est une priorité. La majorité des pays producteurs s'orientent vers la reconversion de leur verger en utilisant des porte greffe tolérants ou résistants à cette maladie. Cependant, il apparaît que la plupart des porte greffe tolérant sont mal adaptés à plusieurs autres contraintes. L'objectif majeur est de créer de nouveaux porte-greffes cumulant des tolérances aux contraintes biotiques et abiotiques tout en conférant un niveau de qualité élevée aux fruits.

II.3-Diversité génétique des agrumes

II.3.1- Génétique des agrumes

La majorité des agrumes sont diploïdes (deux lots de chromosomes) et présentent un total de 18 chromosomes. Toutefois les semis de porte-greffe comportent des plants avec un nombre doublé de chromosomes (36), appelés tétraploïdes: Ces tétraploïdes naturels confèrent une meilleure tolérance à la sécheresse ou au stress salin.

II.3.2- Les origines de la diversité des agrumes

La complexité relative de la classification d'agrumes résulte, entre autres, d'une large diversité morphologique et de la compatibilité sexuelle des espèces du genre *Citrus*. Par

ailleurs certaines variétés cultivées se sont vues élevées au rang d'espèces, bien qu'elles soient issues de croisements entre deux espèces différentes et qu'elles ne puissent se reproduire naturellement par fécondation. La taxinomie de Swingle et Reece est plus en adéquation avec la notion d'espèce, c'est pourtant celle de Tanaka qui est la plus souvent utilisée. Elle offre en effet une dénomination latine, et donc une forme d'appellation standardisée, à des variétés cultivées, bénéficiant souvent de multiples appellations locales. Le développement récent des outils d'analyse, et notamment ceux affiliés à la variation du génome, ainsi que les connaissances sur la biologie de la reproduction ont contribué à éclaircir l'origine et l'évolution des espèces cultivées du genre *Citrus* (**Jacquemond C. et al, 2009**).

II.3.3-Diversité inter-générique

Les combinaisons hybrides naturelles entre les 3 genres botaniques semblent rares, du moins très peu d'exemples sont connus. Le calamondin (*Citrus madurensis* Lour.), un agrume morphologiquement proche des mandariniers, très utilisé comme arbre d'ornement en horticulture, découlerait d'un croisement entre un *Citrus* et un *Fortunella*. La rareté de ce type de croisements peut être expliquée par l'effet cumulé de différents facteurs :

- Le cloisonnement géographique au cours de l'évolution, durant des millénaires ; par exemple le *Poncirus*, de par ses caractères spécifiques d'adaptation aux températures gélives (chute des feuilles en saison froide...), est originaire de régions plus septentrionales de Chine que les *Citrus*.
- Un décalage entre les époques de floraison des 3 genres.
- Des facteurs génétiques limitant l'association croisée, par exemple des combinaisons de gènes défavorables, ralentissant la croissance des hybrides ou engendrant des stérilités ne permettant pas l'obtention de nouvelles générations

(Jacquemond C. et al, 2009).

II.3.4- Diversité interspécifique du genre *Citrus* de nombreux hybrides naturels

Les résultats de nombreux travaux, axés sur la variabilité morphologique ou la variabilité génétique, convergent vers l'existence de 3 taxons à l'origine de l'ensemble des *Citrus* cultivés, qui se seraient diversifiés dans trois zones géographiques distinctes : les pamplemoussiers seraient en effet originaires de l'archipel Malaisie ; les cédratiers auraient évolué dans le nord-est de l'Inde et dans des régions voisines ; les mandariniers se seraient diversifiés dans une région qui couvre le Vietnam, la Chine du sud et le Japon.

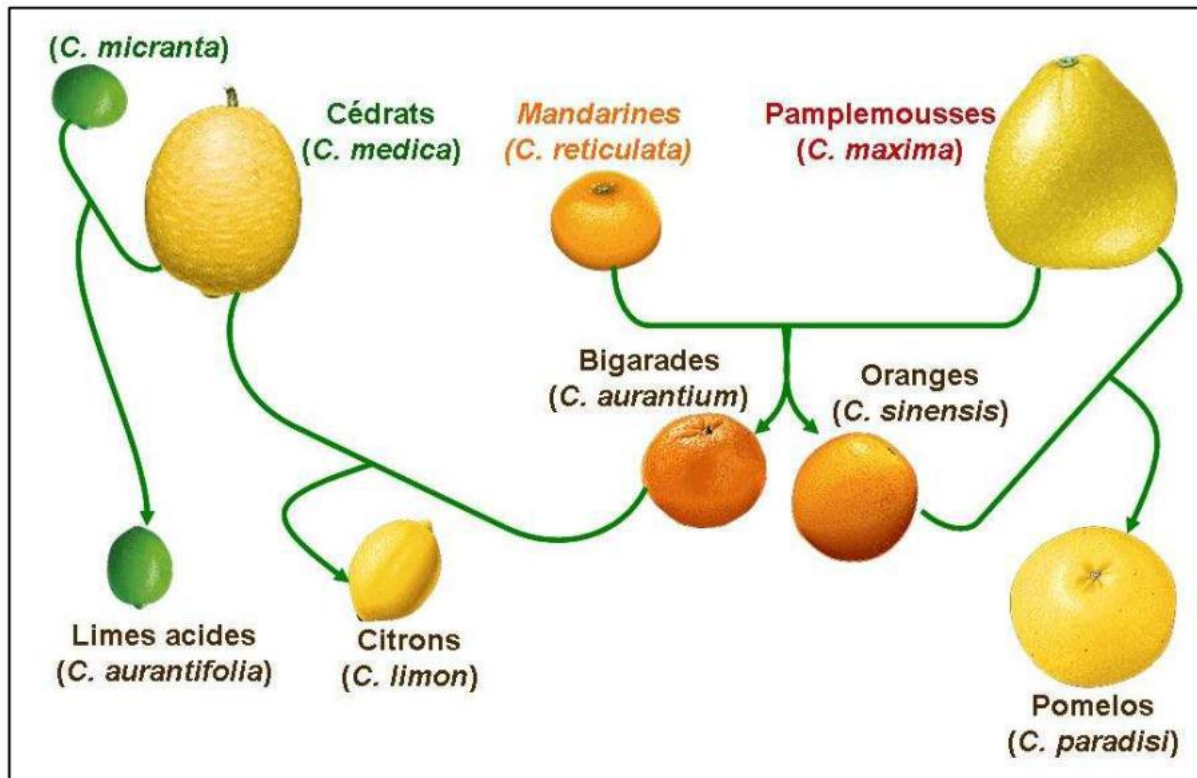


Figure 11 : Structuration de la diversité génétique du genre Citrus (**Jacquemond C. et al, 2009**)

Les autres espèces cultivées seraient ensuite apparues par recombinaison entre ces taxons de base, mis en contact au gré des échanges commerciaux et des migrations humaines. Les orangers et bigaradiers, proches des mandariniers, ont probablement eu un pamplemoussier comme parent femelle. Les pomelos, apparus dans les Caraïbes autour du XVII^{ème} siècle, résulteraient d'une combinaison hybride naturelle entre oranger et pamplemoussier.

Le citronnier, clairement apparenté aux cédratiers et limettiers, découlerait d'une hybridation d'un bigaradier et d'un cédratier. Le bergamotier, dont l'essence de zeste est très appréciée des parfumeurs, serait apparu en Calabre vers le XVI^{ème} siècle, après hybridation entre un citronnier et un bigaradier.

Le clémentinier est apparu en Algérie à la fin du XIX^{ème} siècle, à la suite d'un croisement naturel entre un mandarinier et un oranger cultivés. Le limettier Mexicain, produisant les fameux « citrons verts » ou limes, serait un cas à part puisqu'il aurait été engendré lors d'une combinaison entre un cédratier et une espèce étrangère au trio basique

pamplemousse - cédrat - mandarine : *Citrus micrantha* Wester. Ces hybrides ont été multipliés par deux voies différentes:

- La polyembryonnie, caractéristique naturelle d'une majorité d'agrumes : les pépins renferment des embryons dont un est en principe le produit de la fécondation (embryon zygotique) et dont les autres sont génétiquement identiques à l'arbre mère (car issus de tissus ovariens).
- Des techniques horticoles : le bouturage et, plus tard, le greffage.

Les possibilités de croisements entre espèces vraies et cultivées sont multiples et quasiment illimitées au sein du genre *Citrus*, et il est probable que l'on n'en connaisse qu'une infime partie de l'existant (**Jacquemond C. et al, 2009**).

II.3.5-Diversité intra-spécifique : croisements inter-variétaux et sélections de mutations spontanées

La diversité au sein d'une espèce est très variable selon les taxons et selon le niveau d'observation (morphologique ou génétique). Au sein de chacune des espèces ancestrales, mandarinier, pamplemoussier et cédratier, le mécanisme principal de diversification a été le croisement sexué.

Les cédratiers présentent un faible niveau de diversité génétique, qui s'explique par une évolution essentiellement réalisée par autofécondation. Le pamplemoussier, au contraire, se par une incapacité génétique à ce qu'une fleur soit fécondée par le pollen d'une fleur de la même variété: ce système favorise le brassage génétique, qui se traduit par une forte diversité génétique et morphologique chez les pamplemoussiers. Dans le groupe des mandariniers, l'auto-fertilité est très répandue, mais les croisements inter-variétaux ont été le principal moteur de leur diversification. Qu'ils soient issus d'espèces ancestrales (mandarines, pamplemousses, cédrats) ou d'hybrides naturels (clémentines, pomelos, orangers, citronniers), les groupes cultivés se sont diversifiés au cours des âges par des modifications spontanées de leurs gènes, que l'on nomme « mutations ». Il arrive qu'une mutation perdure et que, par ailleurs, elle arrive à modifier l'expression d'un gène. Un caractère morphologique ou physiologique peut alors être modifié. Il suffit alors qu'un œil avisé repère cette modification, généralement sur l'arbre adulte, et la considère suffisamment intéressante pour être conservée et multipliée par greffage. D'ordinaire, les mutations repérées sont celles qui affectent le méristème d'un bourgeon végétatif : les fruits portés par la branche issue de ce méristème peuvent alors être visuellement différents (nombre, calibre ou qualité). L'histoire de toutes les

formes variétales connues, comme par exemple la coloration de la pulpe des fruits (blanche, orange, rose, sanguine), n'est ainsi qu'une succession d'évènements aléatoires dont la probabilité d'apparition reste faible.

Néanmoins, la sélection humaine a pu conserver des dizaines, voire des centaines de formes différentes résultantes de ces variations naturelles. Ces variétés mutantes sont très dissemblables, dans la mesure où la sélection humaine a retenu essentiellement les formes visuellement observables. Le clémentinier est une bonne illustration de ce mode de diversification: malgré sa jeune existence (un siècle), il a connu depuis 50 ans une diversification importante, grâce à la sélection de mutations repérées en verger. Cette diversification concerne tant la période de maturité (production de septembre à mars) que la productivité, le calibre, la coloration et la qualité interne (**Jacquemond C. et al, 2009**).

II.3.6-L'exploitation de la diversité par l'homme: créer de la variabilité

Les possibilités de création d'hybrides « contrôlés » sont étroitement liées aux connaissances sur l'évolution des espèces, la reproduction des plantes et les lois de l'hérédité. Ces disciplines de la biologie n'ont vu le jour que lors de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle ; autant dire que jusque-là, les hommes n'ont eu qu'un rôle de sélectionneurs de la diversité naturelle.

On peut néanmoins mentionner la pratique du greffage qui, au début du XIX^{ème} siècle, est le premier exemple d'exploitation de la diversité génétique pour l'amélioration de la culture des agrumes. En effet, pour lutter contre le dépérissement par un champignon du sol (de type *Phytophthora*) les variétés cultivées (citronniers, orangers) sensibles à cette maladie et jusque-là multipliées par graines furent greffées sur des variétés résistantes (porte-greffe). Le choix du porte-greffe s'est porté sur le bigaradier (*Citrus aurantium* L.). Cette association entre deux variétés différentes (scion/porte-greffe) peut être considérée, comme la première manipulation des plantes ayant eu pour but de tirer parti des caractères bénéfiques des deux génotypes.

Chez les agrumes, les premiers croisements par pollinisation contrôlée furent réalisés aux USA à la fin du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècle, entre deux genres apparentés : *Poncirus* et *Citrus*. L'objectif des sélectionneurs était de créer des variétés d'orangers résistantes au froid, par introduction de ce caractère porté par le *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. Malheureusement, tous les hybrides réalisés n'ont pas produit de fruits comestibles.

En revanche, parmi eux, certains se sont révélés être d'excellents porte-greffe et sont encore très utilisés de nos jours (citranges Carrizo et Troyer). Ces deux hybrides combinent avantageusement certains caractères du *Poncirus* (tolérance ou résistances aux maladies, comme la Tristeza et la gommose à *Phytophthora*) et certains caractères de l'oranger (tolérance à des sols calcaires ou salins, pH basiques).

La création de variétés hybrides pour la production de nouveaux fruits se limite aux associations de taxons du genre *Citrus*, et concernent le plus souvent les variétés productrices de « petits » fruits de type mandarine pour le marché en frais. Plusieurs mandariniers ou hybrides de mandariniers, dont le clémentinier, ont été utilisés dans les croisements avec des pomelos (tangelos) ou des orangers (tangors). Parmi la multitude d'hybrides réalisés au cours des 50 dernières années, seuls quelques tangelos comme Mapo, Nova, Orlando ou Fortune ont eu un débouché commercial intéressant. En revanche, aucun d'entre eux n'a encore jusqu'ici rivalisé avec des hybrides spontanés en terme de qualité des fruits, hormis pour certaines périodes de maturité où aucune variété naturelle n'est disponible.

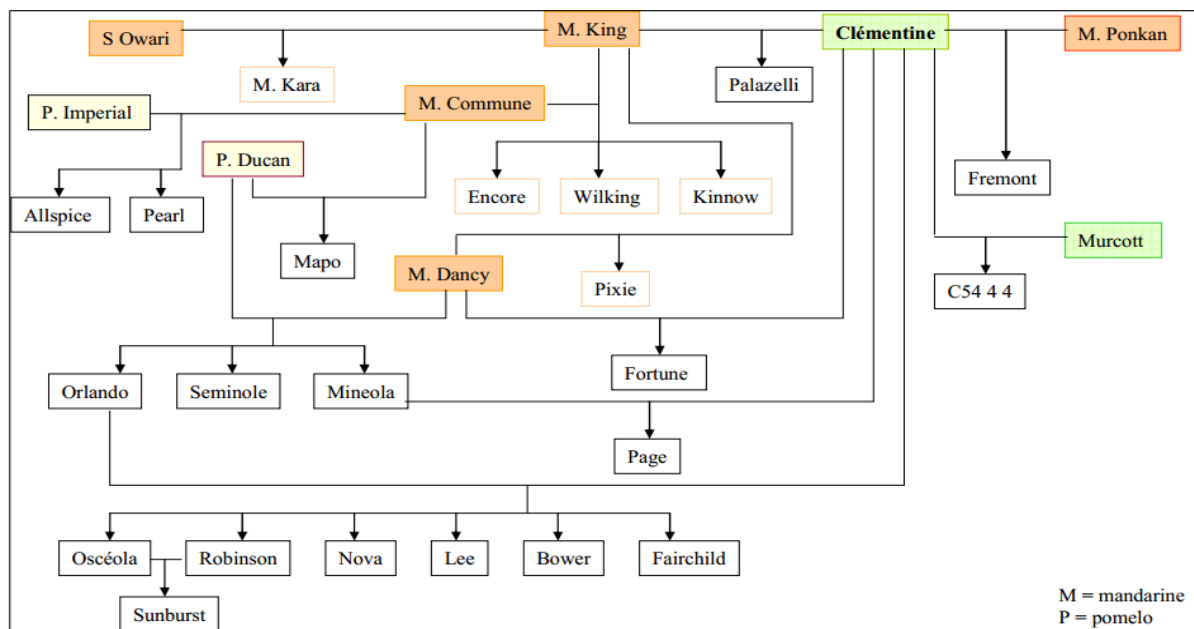


Figure 12 : Croisements contrôlés dans le groupe des petits agrumes de type mandarine et clémentine (Jacquemond C. et al, 2009)

Le développement de nouvelles technologies, telles que la culture in vitro ou la construction de cartes génétiques (étude de la localisation et de la régulation des gènes), apporteront probablement des solutions à l'amélioration génétique des agrumes cultivés (Jacquemond C. et al, 2009).

II.4-La création et la sélection de variétés chez les agrumes

La sélection humaine s'est manifestée, dans un premier temps, il y a plusieurs millénaires, sur la domestication des agrumes d'intérêt, et par la suite sur le maintien et la multiplication des variantes. Ce n'est qu'à partir du début du XIX^{ème} siècle que l'homme a réellement essayé d'orienter la création d'hybrides en contrôlant la pollinisation. Les projets d'amélioration variétale formulent plusieurs objectifs selon l'espèce, il s'agit d'élargir la saison de maturation (cultivars à maturation précoce ou tardive), la production de fruits sans pépins et faciles à éplucher (pour les mandariniers), la résistance au froid, une meilleure standardisation des fruits (forme et taille) et de la composition chimique du fruit, une maîtrise du comportement post-récolte et la résistance à la plupart des maladies et des ravageurs nuisibles. D'autres objectifs visent la diversification de la gamme variétale autour d'un idéotype (par exemple la clémentine). Les améliorateurs d'agrumes, tirant profit de la propagation végétative, mettent tout leur effort dans l'induction du polymorphisme dans un seul cycle à partir duquel ils font de la sélection clonale. La sélection concerne donc ou bien les mutations spontanées identifiées en verger, ou les génotypes obtenus par hybridation, la mutagenèse induite, ou encore après avoir eu recours aux différentes approches biotechnologiques (hybridation somatique, transformation) (Ollitrault et Navarro, 2012).

L'agrumiculture se base sur l'association de deux variétés : l'une formant le porte-greffe et l'autre formant le greffon. Les porte-greffes sont sélectionnés pour leur adaptation et leur meilleure tolérance aux contraintes biotiques et abiotiques. Par ailleurs les variétés doivent être productives et les fruits de bonne qualité (Praloran, 1971). Le développement de la culture des agrumes repose sur la création de nouveaux porte-greffes et de nouvelles variétés ayant la majorité des critères recherchés (**Luro et al., 2013**). L'amélioration génétique s'appuie sur les connaissances des diversités phénotypiques, des mécanismes reproductifs et de la diversité génétique (Ollitrault et Luro, 1997). En effet, c'est via l'exploitation des ressources génétiques que l'amélioration pourra sélectionner les variétés les plus propices à répondre aux attentes des agrumiculteurs pour faire face aux contraintes biotiques et abiotiques et à celles des consommateurs. Actuellement, les biotechnologies peuvent donner des résultats significatifs en amélioration par le transfert de gènes qui contrôlent la résistance aux maladies, insectes et herbicides, mais leur application pour l'amélioration des caractères quantitatifs, comme l'efficacité et l'efficacé ainsi que la qualité des fruits, ne semble se dégager dans l'immédiat. Pour cela, une intégration équilibrée des deux méthodes d'amélioration (conventionnelle et biotechnologies), est probablement le meilleur chemin à suivre pour le

développement de l'industrie des agrumes (Nicotra, 2001). La reproduction sexuée est principalement utilisée pour la diversification chez les mandarines et pour l'amélioration des porte-greffes (Forner et al., 2003). Les ressources génétiques effectivement exploitées par voie sexuée apparaissent restreintes et peu de cultivars commerciaux largement cultivés à travers le monde sont issus de programmes d'amélioration conventionnelle (**Ollitrault et Navarro, 2012**). En effet, plusieurs facteurs limitent l'utilisation de la voie sexuée comprenant entre autres (1) la polyembryonie, (2) la stérilité mâle et femelle, (3) l'auto-incompatibilité, (4) la forte hétérozygotie ou encore (5) la longueur de la phase juvénile.

III. Exigences pédoclimatiques des agrumes :

III.1-Exigences climatiques

III.1.1-Pluviométrie

A cause de ses fruits qui contiennent beaucoup d'eau, et ses feuilles de nature persistantes, la culture des agrumes est essentiellement une culture irriguée, les besoins annuels sont environs de 1200 mm pendant la saison estival.

Le climat méditerranéen est irrégulier pour la pluviométrie avec 2 périodes:

- ✓ Une période humide et fraîche (septembre à mars), durant laquelle les quantités de pluies tombées fournissent environ les 2/3 des quantités totales.
- ✓ Une période chaude et sèche (avril à août), qui coïncide au niveau de l'arbre à des périodes de croissances végétatives, de floraison, de fécondation, de nouaison et de croissance des fruits qui nécessitent de grands besoins en eau. Dans le Bassin Méditerranéen, l'irrigation est généralement nécessaire pendant la saison sèche, selon les années et l'âge des arbres. L'utilisation d'eaux caractérisées par une forte minéralisation est possible mais nécessitera des irrigations bien conduites et coûteuses (éviter les excès, installer un réseau de filtration performant) ; en revanche, le rendement en fruit baissera rapidement si la teneur en sels nuisibles s'accroît. Les éléments les plus nocifs susceptibles d'être présents dans l'eau d'irrigation sont : les chlorures (Cl), le sodium (Na), le magnésium (Mg) et le bore (B), ainsi que le calcaire (CaO) qui, au-delà de sa toxicité pour certains porte-greffe comme le *Poncirus*, a tendance à boucher les goutteurs (**Jacquemond C. et al, 2009**).

III.1.2- Température

Ce sont les conditions de température qui délimitent la zone de production des agrumes entre les 40^{èmes} parallèles Nord et Sud. Dans cette zone, l'Algérie regroupe des situations très diverses, variant du désert du Sud algérien aux régions littorales parfois très fraîches.

Rappelons que le zéro végétatif pour les agrumes se situe aux alentours de 13 °C, en delà ils entrent en repos végétatif ou en « dormance », de fin novembre à février dans la plaine de la Mitidja. Le seuil maximal végétatif est proche de 40 °C.

Les zones exposées aux gelées et mal ventilées, comme les bas-fonds, doivent absolument être évitées, surtout si l'on envisage de planter des variétés tardives. Si le site est régulièrement soumis à des températures froides, il est fortement conseillé de planter des variétés qui se récoltent avant la période des gelées. Par ailleurs, un greffage sur *Poncirus trifoliata* confère aux agrumes une relative tolérance au froid. Le seuil de tolérance des agrumes au froid dépend à la fois de l'intensité et de la durée du froid, mais aussi de l'époque à laquelle il se produit (des arbres en repos végétatif sont moins sensibles que des arbres en sève), et de l'organe considéré. La progression de la glace est relativement lente puisque des mesures ont montré que le gel des fruits et des feuilles ne se produit qu'une à quatre heures après que la température extérieure se soit abaissée en dessous de 0 °C, ce délai dépendant évidemment de l'intensité du froid.

Toutefois, dans les vergers d'agrumes du Bassin Méditerranéen, rares sont les températures inférieures à - 3 °C ; par ailleurs elles apparaissent le plus souvent pendant le repos végétatif hivernal et ont ainsi peu d'influence sur l'arbre. Les gels tardifs sont les plus dangereux.

Les températures basses ne semblent pourtant pas être un facteur limitant pour la culture des agrumes en Méditerranée. Dans le cas de la culture du clémentinier, les zones bénéficiant d'une régulation du climat due à l'influence maritime, la production de clémentines s'avère relativement constante d'une année à l'autre. Il en est autrement pour des zones continentales ou situées en fond de vallée. Les fruits qui mûrissent à une température plus élevée restent verts ou jaunâtres, et peut occasionner des brûlures sur les feuilles et les fruits (**Jacquemond C. et al, 2009**).

III.1.3-Gelée

Les agrumes craignent les gelées printanières et gelées tardives d'hiver coïncidant avec les stades critiques (floraison, maturité des fruits de certaines variétés de clémentiniers et mandariniers).

A des températures inférieures à -1 et -2°C, des dégâts se manifestent sur les fruits tandis qu'à des températures inférieures à -3 et -4°C des dégâts sur les parties aériennes apparaissent et en dessous de -8°C l'arbre dépérit.

III.1.4-Vent

Le vent fort est l'un des premiers ennemis des agrumes, il diminue l'hygrométrie en fin d'hiver et au printemps, et défavorise ainsi la floraison et la nouaison chez la plupart des agrumes et particulièrement chez le clémentinier. Il provoque des lésions sur les fruits par frottements (marbrures) et une défoliation à laquelle sont très sensibles un grand nombre de variétés d'agrumes dont les citronniers, cédratiers, clémentiniers... Ainsi, les zones trop venteuses sont absolument à éviter. L'implantation de haies brise-vent est nécessaire dans les zones régulièrement sujettes à des vents violents.

III.1.5- Hygrométrie

L'humidité excessive de l'air ambiant lorsqu'elle persiste peut être gênante pour les agrumes en entraînant un développement de la fumagine, des moisissures, un développement des cochenilles..., 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.

III.2-Exigences édaphiques

La réalisation d'analyses de sol permettant d'étudier sa structure et sa composition est indispensable.

III.2.1-Texture et structure

Les agrumes peuvent être cultivés sur une très large gamme de types de sol, si le porte-greffe est judicieusement choisi.

On estime cependant que les sols les plus aptes à l'agrumiculture doivent être composés de :

- 5 à 20 % d'argile (particules < 2 μ)
- 15 à 20 % de limon (particules de 2 à 50 μ)
- 20 à 30 % de sable fin (particules de 50 à 200 μ)
- 30 à 50 % de sable grossier (particules > 200 μ)

Les meilleures conditions pour les agrumes consistent en une terre légère en surface, facilitant le travail du sol et le développement des racines, et un sous-sol de terre franche, riche et de perméabilité moyenne :

- Éviter les structures asphyxiantes (terres trop lourdes) comme les sols trop argileux ou présentant une perméabilité en eau inférieure à 5 centimètres par heure. Les sols trop humides sont asphyxiants et potentiellement vecteurs de maladies graves (gommoses à *Phytophthora*, pourridiés,...). Le choix du porte-greffe peut néanmoins atténuer les éventuels défauts du sol ; le *Poncirus* par exemple supporte mieux les terres argileuses et humides que les citranges, qui eux préfèrent les sols limoneux.

- Un sol d'une profondeur de 1 m est largement suffisant pour permettre au pivot de s'implanter. Il faut que ce sol repose sur des couches assez perméables pour qu'il ne soit pas rapidement saturé par une pluie. Certains terrains nécessitent l'installation d'un réseau de drainage, afin d'éviter toute stagnation d'eau, facteur de pourritures racinaires.

De même, la présence d'une nappe phréatique située à faible profondeur est une situation à problèmes. De fortes pluies ou une mauvaise gestion de l'irrigation peuvent provoquer des remontées d'eau, et une submersion prolongée ou répétée des racines peut être fatale pour les arbres.

- Les sols à structure instable dont les couches superficielles se désagrègent sous l'effet des arrosages et des pluies, provoquant la formation d'une croûte de battance, doivent être considérés avec précaution. Ce type de sol est facilement identifiable : il laisse ruisseler une eau boueuse. Plusieurs techniques existent cependant pour pallier ce problème, comme le broyage du bois de taille, qui formera un mulch, ou encore le semis d'engrais verts ou la mise en place d'un enherbement permanent dans les vergers adultes.

III.2.2-composition

L'analyse chimique de la terre de la parcelle renseigne l'agrumiculteur sur la fertilité du sol et en particulier sur ses teneurs en matières organiques, en azote (NO_3), en phosphates (P_2O_5) et en potasse (K_2O). Suivant les résultats de l'analyse, on détermine les besoins en fumure de fond organique et minérale. La teneur en calcaire actif du sol et son pH sont importants à connaître pour guider dans le choix du porte-greffe. Rappelons que le *Poncirus trifoliata*, est très sensible au calcaire actif du sol et aux pH élevés. Les indications données pour la composition en sels nocifs de l'eau restent valables pour le sol ; on ne connaît pas encore de porte-greffe bien adapté aux sols salins qui permettent la production de fruits de qualité.

III.2.3-PH

Les agrumes s'accommodent à des pH plutôt acides variant entre 6,5 à 7 qui sont favorables à une bonne assimilation des éléments minéraux plutôt qu'avec des Ph basiques supérieurs à 7,5 provoquant des troubles alimentaires carences en fer, magnésium, manganèse, cuivre,...

III.2.4-La pente et son exposition

L'implantation d'un verger sur un terrain en pente est toujours envisageable. Le suivi des courbes de niveau, ou l'installation de terrasses si le dénivelé apparaît trop important (pente > 10 %) sont des techniques qui ont fait leurs preuves. Cependant, une pente de terrain trop prononcée ou irrégulière entraîne des frais supplémentaires de mise en place et d'exploitation du verger.

L'orientation, qui modifie plus ou moins l'influence du climat, doit également être prise en compte. Une pente exposant le verger au sud-est est idéale. Le nord est à éviter en zones froides (**Jacquemond C. et al, 2009**).

IV-Création d'un verger d'agrumes :

La mise en place d'un verger d'agrumes nécessite des investissements importants à l'installation. Le verger occupe le sol plusieurs dizaines d'années, la moindre anomalie technique est lourde de conséquences et l'échec ne se manifeste que quatre à cinq années après la plantation.

IV.1- Choix du matériel végétal :

Les vergers d'agrumes seront constitués de plants conformes aux normes phytosanitaires et pyrotechniques en vigueur.

IV.1.1. Le porte-greffe :

Le choix du Porte-greffe tient compte du pouvoir d'adaptation de ce dernier aux conditions édaphiques, ainsi que sa résistance aux différentes maladies virales (CTV, Psorose, Cachexie, Exocortis), Nématodes et champignons (Phytophthora).

Tableau 3 : Les principales caractéristiques des porte-greffes

Porte-greffe	Aptitudes et comportement des porte-greffes	Sensibilité aux maladies et parasites
<p>Bigaradier <i>Citrus aurantium</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -Une bonne affinité avec les principales variétés cultivées. -Une multiplication par semis/greffage très facile -Une grande souplesse d'adaptation aux conditions édaphiques; -Relativement tolérant aux chlorures. -Assez tolérant au calcaire. - Induit une qualité de fruit acceptable avec une productivité moyenne. - Bonne affinité avec toutes les variétés sauf le kumquat et la Satsuma. - Résiste à la sécheresse - Craint l'excès d'eau et les sols lourds. 	<ul style="list-style-type: none"> -Sensible à la Tristeza sauf en association avec le citronnier, - Sensible au Mal secco et aux nématodes, -Tolérant au Blight, et l'Exocortis -Résistant à la gommose à <i>Phytophthora</i>
<p>Citrangle Carrizo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Un hybride de même type que le C. troyer, avec enracinement pivotant, dense et profond, porte-greffe vigoureux, le plus utilisé actuellement. - Supporte les sols moyennement humides; - Peu tolérant au calcaire et aux chlorures. - Productivité élevée, de bonne qualité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensible à l'Exocortis - Tolérant à la Tristéza. - Tolérant aux nématodes

	- Confère à la variété greffée une bonne résistance au froid.	
<i>Citrus volkameriana</i>	- Bon porte- greffe, très compatible avec les citronniers et les pomélos. - Bon enracinement - Bonne résistance au froid. - Très vigoureux, hâte la mise à fruits. - Adapté aux sols secs et aérés. - Résistant aux chlorures. - En pépinière plein champs il est très sensible aux fortes gelées.	-Tolérant à la Tristéza et à l'Exocortis . - Résistant à la gommose

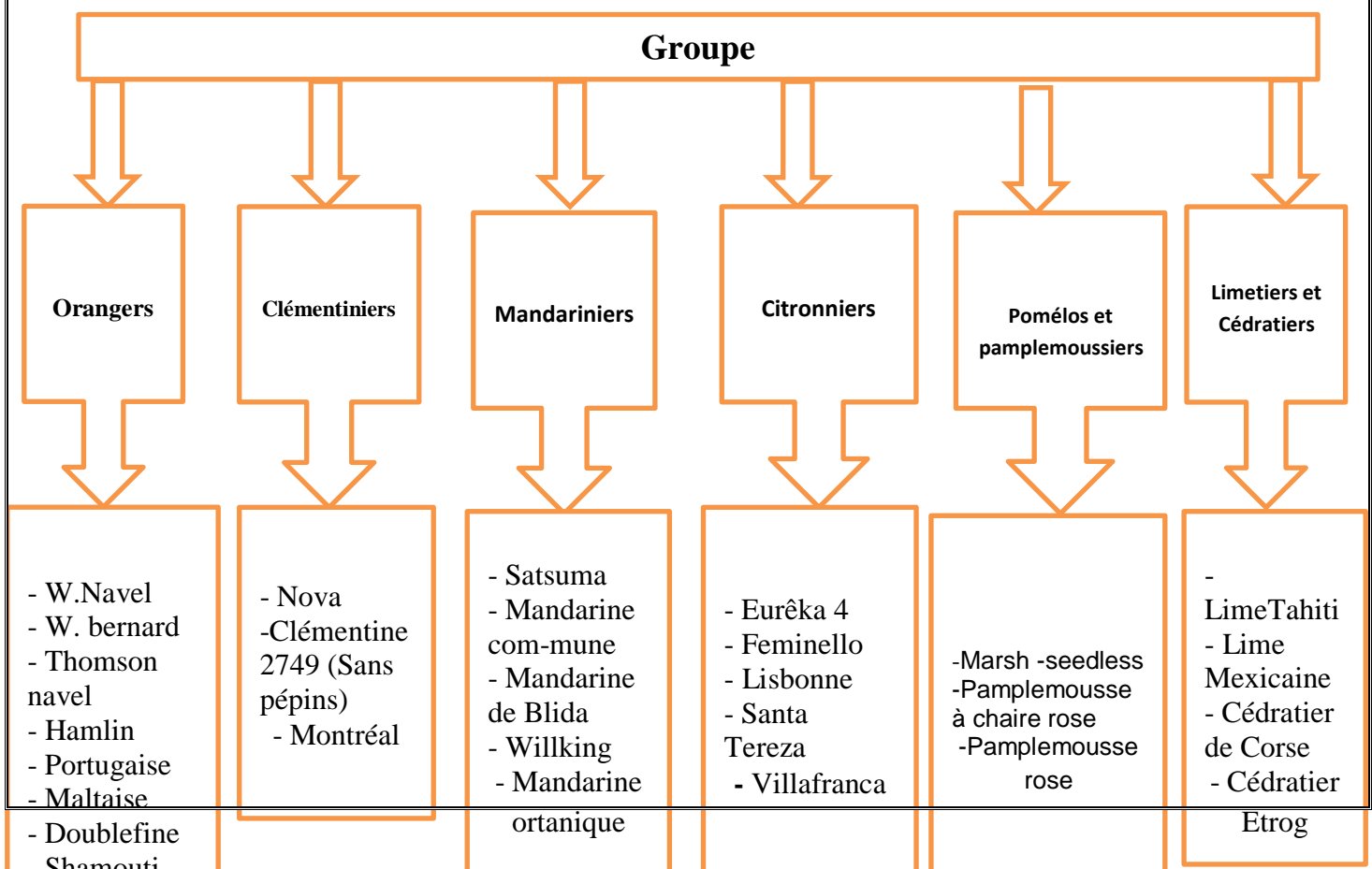
IV.1.2. Choix de la variété :

Le choix variétal fait appel aux critères suivants:

Critères commerciaux : à savoir la destination et l'utilisation des fruits à l'état frais ou pour l'industrie (transformation) ;

Critères de conservation en froid et résistance au transport.

Critères agronomiques : la précocité et la productivité des variétés.



IV.2- Choix du site de plantation :

Au préalable, avant de planter, il est nécessaire d'étudier le projet sur tous ses aspects et de s'entourer du maximum de précautions à travers une étude pédoclimatique (analyses physico-chimiques du sol, analyses nématologiques, analyse et disponibilité des ressources hydriques avérées, la mise en place de brise-vents)

Drainage :

L'état de drainage du terrain est un point particulièrement important qui est lié à la texture et structure du sol mais également à la topographie du site. Ainsi, on préférera des parcelles situées en zones de plaines de bonne drainante.

Eau :

Il est utile avant toute plantation, de s'assurer de l'existence d'une ressource en eau suffisante. Schématiquement, dès que la période déficitaire se fait sentir, il faudrait prévoir des apports d'eau complémentaires par l'irrigation.

IV.3-Aménagement du site pour une nouvelle plantation:

IV.3.1. Travaux préliminaires :

Les différentes opérations à effectuer sont les suivantes :

- Désinfection obligatoire en cas de présence de nématodes phyto parasites ;
- Extirpation des souches et des racines (cas des parcelles ayant déjà été occupés par des espèces arboricoles).

- Etablissement d'un réseau de drainage efficace (enterré ou à ciel ouvert)
- Aménagement d'accès à la parcelle.
- Mobilisation des ressources hydriques (forages, puits, bassins d'accumulation, prise d'eau sur périmètres irrigués).

IV.3.2. Installation de brise-vents :

Lorsque le verger n'est pas protégé, la constitution de rideaux d'arbres autour de la parcelle est souvent indispensable pour éviter les effets néfastes des vents dominants (vents marins en particulier). 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-vents 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-vents (8 à 10 m). Il est fortement conseillé d'implanter le brise-vents au moins un an avant la plantation du verger pour les espèces à croissance rapide (casuarina) et au moins 2 à 3 années pour les espèces à croissance lente (cyprès)

IV.3.3. Préparation du sol :

Dans un souci de qualité, le travail du sol devra être effectué par temps sec et après un ressuyage. La préparation du sol a pour but de faciliter l'implantation et le développement racinaire des plants. Une succession d'opérations doit donc être envisagée.

a. Travaux du sol avant plantation :

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

- Un défoncement ou le routage croisé sur une profondeur de 80 cm à 1m, la période d'exécution s'étale de juin à septembre (en été, avant les pluies d'automne).
- Rééquilibrer chimiquement, par une fumure de fond. Les amendements à apporter seront définis au vu des résultats d'analyses de sol pratiquées sur des échantillons prélevés à 25 et 50 cm de profondeur.
- Un labour moyen de reprise sur une profondeur de 25 à 40 cm entre septembre et octobre est indispensable.

b. Préparation pour une plantation par trou isolé:

Si une préparation intégrale mécanisée n'est pas possible, l'arboriculteur pourra s'orienter sur une préparation au trou isolé. Après piquetage des emplacements on procède au creusement manuel ou mécanique des trous de plantation. Celui-ci devra alors avoir un volume suffisant (minimum de 1 m³) pour permettre une bonne exploration des racines.

IV.4-Mise en place de la culture :

IV.4.1. Densité de plantation :

Le dispositif de plantation devra respecter le développement futur des arbres et permettre des interventions mécanisées et la réalisation de certaines opérations nécessaires telles que la taille et la récolte. Il devra permettre également un bon ensoleillement des arbres. Les distances de plantation varient suivant les variétés et les porte-greffes utilisés. Le tableau - 04- donne les distances à respecter dans les principales situations.

Tableau 4: densité de plantation et nombre de plants par hectare pratiqué en Algérie

Densités	Nombre d'arbres à l'hectare	
Clémentiniers/ Mandariniers sur poncirus T	4 x 4	625
Orangers sur Bigaradier et/ou Citranges	6x4	417
	5x5	400
	6x5	333
Citronniers/ Pomélos sur Volkamériana et/ou Citrus Macrophylla	6x6	278
	6x3	555
	6x2	833

Nb : d'autres densités sont pratiquées récemment en Algérie allant jusqu'à 1250 arbres/ha soit du 4x2.

3.4.2. La plantation proprement dite:

a. Les opérations à effectuer:

- Discage, nivelage, Traçage et piquetage
- Confectionner un trou de bonnes dimensions.
- Manuellement de 0,80 à 1 mètre cubes.
- Mécaniquement, pour des raisons pratiques et économiques, cette opération peut être également réalisée à l'aide d'une tarière.

- Conserver la couche supérieure du sol : les 30 à 40 cm de la couche superficielle.
- Mélanger la terre conservée à d'autres éléments (fumier bien décomposé ou autres amendements).
- Poser le plant au fond du trou et bien le centrer en utilisant un règle dite « règle de planteur » en suite combler en dessus avec de la terre de façon que le point de greffe soit à 30 – 35 cm au-dessus de la surface du sol et contre les vents.
- Terminer de recouvrir le trou, puis tassez en piétinant (éviter la motte du plant).
- Aménager une cuvette de 30 ou 40 cm de diamètre pour retenir l'eau d'irrigation.
- Un tuteur sera bien utile pour un arbre formé sur tige au dans un endroit exposé aux vents.
- L'arrosage de l'arbre (50 litres/ plant environ) est important pour hydrater le plant, faire tasser la terre entre les racines et chasser les éventuelles poches d'air.

b. La plantation sur butte :

La plantation des agrumes sur butte se fait de façon à améliorer l'écoulement des eaux de surface et à limiter les risques d'accumulation d'eau au pied de l'arbre durant la saison des pluies. Placer le plant dans le trou, en gardant le dessus de la motte au niveau du sommet de la butte (planter au-dessous du collet).

- Dans tous les cas, il est conseillé de tuteurer les jeunes plants.

Choix du tuteur : choisir un tuteur résistant et qui ne se ré-enracine pas facilement afin de ne pas concurrencer le jeune plant ;

- Choisir un lien biodégradable (raphia naturel), afin d'éviter les risques d'étranglement quand l'arbre se développe. Une ligature lâche en forme de (∞) est recommandée.
- Poser le tuteur en biais, face aux vents dominants.
- Eliminer le tuteur quelques mois après la plantation. **(ITAFV La culture des agrumes)**

V-Contraintes de l'agrumiculture en Algérie

V.1-Contraintes hydriques

L'une des contraintes fondamentales est la faiblesse des ressources hydriques mobilisées sans lesquelles il est impossible de conduire une agrumiculture intensive.

Cette situation est aggravée par les pertes importantes occasionnées par l'état défectueux des réseaux de distribution et d'utilisation de techniques d'irrigation traditionnelle.

A cela s'ajoute le changement climatique caractérisé par l'irrégularité et la faiblesse des pluies aggravées par la hausse des températures (Melkhir, 2005).

V.2-Vieillessement du verger

Le verger agrumicole est caractérisé par un faible niveau de renouvellement des plantations, 54,46% des plantations sont âgées de plus de 30 ans, avec un niveau de productivité en deçà du seuil de rentabilité économique (Kherraz, 2008)

V.3-Contraintes techniques

Les producteurs font preuve d'une faible technicité qui ne leur permet pas de respecter les itinéraires techniques pour une bonne conduite culturale. De plus, l'arrachage anarchique provoqué par l'urbanisation, la salinité des terres, le manque de main d'œuvre seraient à l'origine des baisses enregistrées dans la production des agrumes. (BOUTHIBA, 2014).

V.4- Principes contraintes sanitaires

Les maladies constituent un très gros problème pour la culture des agrumes. Les principales maladies sont les maladies à virus, dont plus de 60 sont déjà connues.

Les principales maladies à virus chez les agrumes sont la Tristeza et l'Excortis entraîne une décoloration de la feuille, une baisse de rendement et la mort des branches. La partie basse du tronc de l'arbre malade va dépérir. L'écorce d'un arbre infecté par le virus Excortis se fendille et s'écaille. Les virus se propagent par les boutures et les greffons, par les outils (de taille) et par les mains. La Tristeza se propage aussi par les pucerons. Une fois qu'un arbre est infecté, il ne peut plus guérir et il doit être détruit le plus rapidement possible pour ne pas former un foyer d'infection pour les autres arbres. Pour prévenir la propagation des maladies à virus, il faut prendre les précautions suivantes :

- Utilisez du matériel végétal sain.
- Brûlez tous les arbres infectés, ou soupçonnés de l'être.

- Désinfectez les outils entre chaque arbre, en les plongeant dans une solution de 1/10 d'eau de Javel et 9/10 d'eau.
- Si la Tristeza sévit dans votre région, combattez les pucerons.

En général, les dégâts qu'occasionnent les maladies et les parasites ont un réel impact économique des agrumes.

V.4.1-Maladies virales

Les maladies à virus sont considérées comme les pathologies les plus dangereuses et les plus inquiétantes sur les agrumes. Parmi ces maladies, on cite :

V.4.1.1- Tristeza (*Citricollet*)

C'est la maladie à virus qui est présente dans la majeure partie du monde citricole, elle est reconnue comme la maladie la plus dangereuse des citrus. Elle est transmise par greffage et bouturage et par les principaux vecteurs de la maladie :

- Le puceron brun ou puceron tropical (*Toxoptera citricidus*).
- Le puceron vert (*Aphis spiraecola*) et le puceron du melon ou puceron du cotonnier (*Aphis gossypii*) mais restent relativement peu actifs. Ces deux pucerons sont largement répandus dans le Bassin méditerranéen.

V.4.1.2. Exocortis (*Citrus Exocortis Viroid*)

Le terme d'« Exocortis » signifie « écaillage de l'écorce ». C'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, citrumelos et Citranges sont particulièrement sensibles à l'Exocortis. Elle est uniquement mécanique et a lieu soit lors du greffage de greffons provenant d'un arbre contaminé, soit au moment de la taille ou de la récolte par l'utilisation d'outils souillés avec la sève d'un arbre malade.

V.4.1.3-Psorosis (*Citrus psorosis virus*)

Cette maladie affecte principalement les orangers, les mandariniers, les clémentines et les pomelos ; les citronniers ne sont pas touchés. C'est une maladie grave : bien qu'elle n'entraîne pas la mort des arbres, elle les affaiblit, les fruits restent de petit calibre et les chutes sont importantes (**Loussert, 1987**).

V.4.1.4- Cachexie (*Citrus cachexia viroid*)

Appelé aussi Xyloporose, maladie à viroïde répandue pratiquement dans toutes les régions agrumicoles du monde. Cette maladie affecte aussi bien les porte-greffes hybrides du poncirus (C. Troyer, et C. Carrizo), que certains greffons de variétés d'oranges, mandarines et Clémentines.

V.4.2.-Maladies bactériennes

V.4.2.1- Stubborn (*Spiroplasma citri*)

C'est un mycoplasme (micro-organisme à structure proche de celle des virus et des bactéries). Le mycoplasme peut être transmis en pépinière par greffage. En verger, il peut être transmis d'arbre malade à des arbres sains par les cicadelles, plus spécialement par les 2 espèces *Circulifer tenellus* et *Neoliturus haematoceps*. C'est la maladie la plus répandue et la plus grave, surtout lorsqu'elle est associée à une autre virose principalement la Psoros.

4.2.2- Chancre bactérien d'agrumes (*Xanthomonas campestris PV.Citri*)

- Infecte toutes les parties aériennes de la plante.
- Les lésions, taches ponctuelles au départ, deviennent soit de petites pustules surélevées soit des éruptions.

V.4.2.3- Xanthomonas

Provoque le chancre des agrumes. Le symptôme est la formation d'un tissu brun spongieux sur les branches, les feuilles et les fruits. On prévient la maladie en utilisant des cultivars résistants. Il n'existe aucune méthode de lutte chimique contre le chancre bactérien ; la seule manière de traiter la maladie est de déraciner et de détruire tous les arbres infectés de la région.

V.4.3- Maladies cryptogamiques

Les maladies d'origines cryptogamiques qui s'attaquent aux agrumes sont assez nombreuses. Elles touchent les différents organes végétatifs des Citrus (les racines, le tronc, le fruit,...).

V.4.3.1- Pourriture sèche des racines (*Fusarium sp*)

- Mort brutale des arbres.
- Dépérissement unilatéral des arbres.
- Pourriture sèche des racines avec une coloration brune ou marron.

V.4.3.2- Pourridié des racines

A la suite d'une blessure ou sur certaines sensibles, le mycélium de différents champignons peut envahir les racines, provoquant l'arrêt de la circulation de la sève et par suite la mort de l'arbre.

V.4.3.3- Gommose à *Phytophthora* (*Gummosis - Citrus brownrot*)

C'est l'un des principaux agents pathogènes des grumes. L'utilisation de porte-greffe s'est révélée, vers 1850 l'unique moyen de protéger les agrumes, dont toutes les variétés commerciales sont très sensibles à la gommose à *Phytophthora*.

Plusieurs facteurs sont connus pour favoriser une attaque : un sol très humide et chaud (25 °C), des blessures sur l'écorce, ainsi que la sensibilité du porte-greffe et de la variété greffée. Lors de pluies ou d'irrigation par aspersion, des spores présentes sur le sol ou des débris peuvent être projetées sur les fruits ou les branches basses et contaminer les tissus.

V.4.3.4- Mal secco (*Phomatraceiphila*)

Cette maladie cryptogamique est causée par *Phoma-tracheiphila*, champignon qui se développe dans les tissus conducteurs et entrave la circulation de la sève causant un dessèchement des grosses branches et dépérissement total de l'arbre en un ou deux ans.

V.4.3.5- Fumagine

Cette maladie est généralement la conséquence d'une forte attaque de cochenille et de puceron, ou d'aleurode. En effet, ces insectes rejettent sur les feuilles et les rameaux, un miellat sur lequel le champignon responsable de la fumagine (*Capnodium citri*) trouve un milieu favorable à son développement.

V.4.3.6- Anthracnose

Cette maladie, causée par le *Colletotrichum gloeosporioides*, attaque principalement les arbres affaiblis souffrant d'un déséquilibre alimentaire minéral ou hydrique. Elle se propage à la faveur des premières pluies automnales et provoque un dessèchement caractéristique des jeunes rameaux et les extrémités des branches provoquant la chute des feuilles. De petites taches foncées apparentes sur les feuilles et rameaux desséchés.

V.4.3.7- Blight

Décrit dès 1896 en Floride, le Blight a causé des pertes importantes en Amérique. Il est probablement absent du Bassin méditerranéen. L'agent causal reste à ce jour inconnu. Des greffages expérimentaux de racines d'arbres malades sur des racines d'arbres sains ont permis

de transmettre la maladie, mais la transmission n'a pas été obtenue avec des greffons de rameaux ou des yeux, ni en plantant un arbre sain dans le sol d'un arbre malade.

Les arbres atteints ont un aspect flétri, les vaisseaux du xylème étant obstrués. De nombreux gourmands se développent sur les troncs. Généralement, les arbres ne meurent pas, mais deviennent improductifs. En fonction des porte-greffes, l'apparition des symptômes est plus ou moins rapide, mais une fois la maladie établie, sa sévérité est la même (**Jacquemond C. et al, 2013**).

V.4.4- Ravageurs

Les insectes se développent sur les oranges de l'arbre et sont extrêmement nombreux, non seulement ils causent de graves dégâts, mais ce sont des vecteurs de maladies virales et bactériennes.

4.4.1. Pucerons (*Aphis spiraecola*)

Ce puceron de petite taille est de couleur vert clair à jaune vert. Les pucerons ailés sont généralement plus foncés, brun le plus souvent sauf l'abdomen qui est verdâtre.

Les coccinelles sont les principaux ennemis des pucerons notamment *Coccinella algerica* que l'on rencontre en grand nombre dans les populations de pucerons notamment dans les vergers agrumicoles. Au début du printemps on la retrouve surtout sur des plantes basses spontanées et cultivées. Egalement, on peut rencontrer un autre prédateur important : les syrphes. Ce sont beaucoup plus les larves de ces syrphes qui sont les plus voraces des pucerons

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

V.4.4.2. La mineuse des feuilles des agrumes (*Phyllocnistis citrella*)

La mineuse des feuilles des agrumes est l'une des principales contraintes de la production des agrumes. La durée du cycle biologique est sous la dépendance des facteurs climatiques. Au cours de la période estivale, il varie de 14 à 17 jours. En période hivernale, il est de l'ordre de 52 jours. La durée totale du cycle est de 13 à 15 jours à des températures variant entre 26 et 28°C. En Algérie, la durée du cycle biologique sur citronnier et oranger est de 20 jours à une température de moyenne de 21 à 22°C et humidité relative proche de 50%.

V.4.4.3- Cochenilles (Coccus)

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

Se nourrit de la feuille des agrumes. On peut la combattre avec des méthodes de lutte biologique. Par lutte biologique, on entend l'utilisation des ennemis naturels du parasite. Les ennemis naturels de la cochenille sont la guêpe *Aphytis* et, dans les régions humides, les champignons *Aschersonia* et *Fusarium*. Les champignons et les guêpes arrivent parfois à supprimer naturellement les cochenilles.

Si ce n'est pas le cas, vous pouvez apporter des guêpes dans le verger ou arroser les arbres avec une culture de champignons.

Malheureusement, il est souvent très difficile de se procurer des guêpes ou des champignons. Nous espérons que ces moyens seront plus facilement accessibles dans l'avenir.

V.4.4.4- Acariens

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

V.4.4.5- Cératite (mouche méditerranéenne des fruits)

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

V.4.4.6- Aleurodes (mouche blanche)

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

V.4.4.7- Nématodes

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

V.4.5- Maladies physiologiques

V.4.5.1- Les symptômes des carences

• **Azote** : la carence se traduit par une :

- Une réduction de la taille de l'arbre et une teinte vert jaunâtre du feuillage.
- Un port dressé des arbres.
- Un mauvais développement des bourgeons et des pousses.
- Une coulure des fleurs.
- Une diminution de la teneur en protéines.

• **Phosphore** : la carence se manifeste sur les arbres par les symptômes suivants :

- Feuillage en générale foncé, mat, prenant des teintes pourprées en bordures.
- Réduction de la taille des pousses.
- Retarde la floraison en perturbe la fécondation et la maturation des fruits.

• **Potassium** :

- Apparition sur le feuillage des tâches qui s'étendent en prenant un aspect bronzé tandis que la base reste verte.
- L'arbre prend un aspect desséché.
- Obtention des petits fruits (diminution du calibre).

• **Oligo-éléments** : les carences en oligo-éléments se manifestent comme suit :

- Des décolorations variées du feuillage.
- Un raccourcissement des jeunes pousses.
- Une réduction de la qualité des fruits.
- Un abaissement du rendement.

V.4.6- Protection phytosanitaire

Les ravageurs et les maladies occasionnent des dommages à l'arbre qui demandent des contrôles et interventions réguliers. Pour remédier aux attaques d'insectes, différents traitements à base de produits chimiques sont conseillés aux agrumiculteurs.

Il existe trois types d'interventions pour la protection :

- Traitement d'hiver (préventif).
- Traitement curatifs.
- Traitement contre les mauvaises herbes (plantes hôtes).

VI- Variété d'agrumes

La recherche de variétés agricoles performantes, permettant d'assurer une production relativement stable d'un point de vue quantitatif comme qualitatif, a conduit à sélectionner les meilleurs individus au sein de populations cultivées et à les multiplier à l'identique. Ce schéma est valable pour les agrumes : un arbre sélectionné peut être multiplié par greffage et d'années en années permettre ainsi la plantation de milliers d'hectares de vergers. Le terme de clone, qui reflète la notion d'homogénéité et de stabilité, serait ainsi plus approprié pour définir nos variétés modernes.

Sous ce titre nous décrivons quelques variétés d'agrumes commercialisés... Leur comportement agronomique a de ce fait été évalué dans les conditions locales à SRA (acronyme de Station de recherches agronomiques de San Giuliano). La description du fruit, appelée « pomologie », a été réalisée sur arbres adultes. Quelques variétés issues récemment de travaux de biotechnologies sont également décrites, bien qu'elles ne se trouvent pas encore en masse sur les marchés (**Jacquemond C. et al, 2009**).

VI.1-Les objectifs d'amélioration des cultivars

- Une production plus importante et plus régulière.
- La diversification de la gamme variétale (précocité ou tardivité par rapport aux variétés déjà existantes).
- Les qualités des fruits.
- La résistance aux maladies et ravageurs.
- La résistance aux gelées printanières.
- Les qualités culturales (exemple : maturité groupée des fruits en vue de la récolte mécanique).

VI.2- Les critères de choix de variété

Le choix de la variété fait appel aux critères suivants:

- Critères commerciaux : à savoir la destination et l'utilisation des fruits à l'état frais ou pour l'industrie (transformation).
- Critères de conservation en froid et résistance au transport.
- Critères agronomiques : la précocité et la productivité des variétés.

VI.3- Les variétés cultivées d'agrumes

Les agrumes par leur diffusion et leur sélection sont constituées de centaines de variétés cultivées vers le monde pour plusieurs destinations de consommation, on cite quelques variétés dans le tableau 5 :

Tableau 5: Les principales variétés cultivées d'agrumes (Jacquemond C. et al, 2009 et autres)

Sous-groupe	Variétés	Caractéristiques
Les oranges <i>Citrus sienensis</i> (L) Obs		
Les navels		Orange Navelina, Orange Thomson navel, Orange Washington navel, Orange Cara Cara navel, Orange Lane Late navel
Les blondes		Oranger Valencia, Oranger Hamlin
Les sanguines		Orange Doublefine, Orange Moro, Orange Sanguinelli
Les Mandarines et leurs hybrides <i>Citrus reticulata</i> L.		
Communs		Mandarine Méditerranéenne
Satsumas		Satsuma Miho et Satsuma Wase
Tangelos		Tangelo Orlando, Tangelo Minneola
Tangors		Tangor Ortanique, Afourer, Tangor Ellendale, Tangor Murcott
Les Clémentines <i>Citrus reticulata</i> L.		
		Clémentine Nules, Clémentine Caffin, Clémentine Ragheb, Clémentine Monreal, Clémentine commune 63, Clémentine commune 92, Clémentine Muska, Nova
Les citrons <i>Citrus limon</i> L.		
		Citron Eureka Frost, Citron Feminello, Citron Panaché
Les limes <i>Citrus aurantifolia</i> L		
Les limes acides		Lime Mexicaine, Lime Tahiti

Les limes doux	Lime de Palestine, Limonette de Marrakech
Les Pamplemousses <i>Citrus maxima</i> L.	
Pamplemousse Goliath	
Les Pomelos <i>Citrus paradisi</i> L.	
Pomelo March, Pomelo Star Ruby	
Les Kumquats <i>Fortunella</i> sp. L.	
Le Nagami, Le Marumi	
Les Cédratiers <i>Citrus medica</i> L.	

VII. Les porte-greffes d'agrumes

VII.1. Les critères d'amélioration des porte-greffes

- L'aptitude à la multiplication par marcottage, bouturage ou une bonne production de semences selon les cas.
- La compatibilité au greffage avec les cultivars. La culture fruitière intensive implique l'emploi de porte greffe conférant au plant une faible vigueur.
- La résistance aux maladies et aux ravageurs.
- Les qualités agronomique (porte greffe susceptibles de s'implanter en conditions difficiles : asphyxie racinaire, résistance à la chlorose calcaire).

Il existe différentes techniques de clonage d'un végétal par multiplication végétative. Les deux plus classiques, communes à un grand nombre d'espèces fruitières, y compris les agrumes, sont la bouture et la marcotte. Cependant, il existe une particularité propre aux agrumes qui donne la possibilité de les multiplier à l'identique à partir des pépins : la polyembryonnie (**Jacquemond C. et al, 2009**).

VII.2. Les critères de choix des porte-greffes

Si le choix du greffon (la variété à multiplier) semble aisé, celui du porte-greffe est plus délicat mais tout aussi primordial. Ainsi, le greffon et le porte-greffe doivent être de la même espèce botanique (au pire de la même famille botanique), ceci afin d'obtenir une bonne affinité entre les deux. Pour les agrumes, la création et la sélection de porte-greffe mené dans de nombreux pays offrent des choix importants.

Constituant par définition le système racinaire de l'arbre, le porte-greffe permet d'adapter la variété à multiplier à son environnement de production. Pour cela il doit satisfaire à un certain nombre de caractéristiques :

- Le porte-greffe doit pouvoir être multiplié à l'identique par semis (polyembryonnie).
- Etre adapté au type de sol de la plantation à réaliser (caractéristiques physicochimiques, structure, maladies du sol...).
- Présenter une bonne affinité avec la variété.

Par ailleurs, la nature du porte-greffe influence fortement le développement de la variété et sa sensibilité aux attaques parasitaires et aux stress. Il est donc nécessaire de prendre en compte également d'autres facteurs pour lesquels l'espèce ou la variété de porte-greffe confère des caractéristiques différentes comme :

- La sensibilité aux maladies (Tristeza, Exocortis, Psorose...).
- La sensibilité à certains parasites du sol (*Phytophthora*, pourridiés, nématodes...).
- L'adaptation aux contraintes climatiques (froid, zone humide ou sèche...).
- Les performances agronomiques (vigueur, mise à fruits, rendements...).

La qualité du fruit (calibre, coloration, aspect et épaisseur de la peau, teneur en sucres, acidité, teneur en jus...) (**Jacquemond C. et al, 2009**).

VII.3- La sélection des porte-greffes

La grande majorité des porte-greffes présentés dans ce chapitre sont apparus spontanément, à la suite de mutations ou de croisements naturels. Quelques porte-greffes, sont issus de croisements dirigés.

Depuis plus de cinquante ans, le travail de sélection des porte-greffes pour le clémentinier a représenté une part importante de l'activité de la Station de recherches agronomiques (SRA) de San Giuliano. Après la prospection de porte-greffes potentiellement intéressants dans différents grands pays agrumicoles, ceux-ci ont été introduits sur la station de recherche. Des travaux d'assainissement et des tests sanitaires ont systématiquement été réalisés. Pour chacun des essais mis en place, un travail rigoureux de notations a été réalisé (vigueur, rendement, qualité des fruits...) sur des périodes de 10 à 20 ans, parfois plus. Les sélectionneurs attendent en général d'avoir au minimum une dizaine d'années de résultats pour être en mesure de conseiller aux agrumiculteurs un nouveau porte-greffe.

Agronomes, pathologistes, physiologistes et généticiens sont confrontés à la recherche du meilleur compromis possible entre des critères de productivité, de tolérance aux maladies ou encore de qualité des fruits. En effet, les résultats obtenus lors d'une évaluation au champ restent inhérents aux conditions pédoclimatiques locales et à l'itinéraire technique appliqué au cours des années d'essai (**Jacquemond C. et al, 2009**).

« *Chaque porte-greffe a son terroir, chaque terroir à son porte-greffe* »

VII.4-Les principaux porte-greffes d'agrumes

La recherche de nouveaux porte-greffes de meilleur adaptabilité et compatibilité est donnée une dizaine de variétés utilisées au monde (voir annexe 1), le tableau 3 ci-dessous cite quelques-uns :

Tableau 6 : Les principaux porte-greffes d'agrumes (**Jacquemond C. et al, 2009, et autres**)

Groupe	Espèce
<i>Les Citrus</i>	Bigaradier ou oranger amer
	Bigaradier Gou Tou
	Citrus Volkameriana
	Citrus macrophylla wester
	Mandarinier Cléopâtre
Les citranges	Citrance C 35
	Citrance Carrizo
	Citrance Troyer
<i>Les Poncirus</i>	Poncirus Trifoliata
<i>Les Citrumelos</i>	Citrumelo Swingle 4475
<i>Les Tangelos</i>	Tangelo Poorman

VII.5- Les porte-greffes conventionnels utilisés en Algérie

Le porte-greffe idéal n'existe pas, même pour une situation particulière. Il conviendrait, bien sûr de choisir de meilleur compromis possible. Ce choix devrait être basé sur le plus important facteur limitant à la production dans une région particulière, à des états locaux de climat et de sol, à un cultivar et une situation prévue (frais ou traité) (**Davies et Albrigo, 1990 ; Aubert et Vullin, 1997**).

Dans l'ensemble des pays agrumicoles, avant que n'apparaisse la Tristeza, les différentes espèces d'agrumes étaient greffés sur le porte-greffe bigaradier qui s'est révélé sensible à cette maladie, représentant un menaces pour les vergers insulaires. Ainsi, les pays agrumicoles ont été contraints d'orienter les travaux de recherche sur l'étude de porte-greffes tolérants à cette maladie et présentant des qualités bénéfiques comme le bigaradier (**Meziane, 1987**). Les porte-greffes répondants à ces profils n'existe pas. Cependant, certains présentent des particularités qui se rapprochent des qualités du bigaradier, mais la présence d'un ou plusieurs inconvénients est toujours observée.

Les gammes des porte-greffes utilisées en Algérie très réduite. Ainsi, le Poncirus Trifoliata et ses hybrides (Citrange Troyer et Citrange Carrizo) introduits en Algérie en 1982, sont tolérants à la Tristeza mais sensibles à l'exocortis (**Meziane, 1987**). Ces porte-greffes sont bien adaptés aux conditions pédoclimatiques particulières pour la culture des clémentiniers. Ces résultats ne sont pas toute fois transposables dans de nombreuses régions du bassin méditerranéen. En Algérie, le Poncirus trifoliata est réservé aux sols non calcaires, à pH avoisinant 7, et en greffant dessus des variétés indemnes d'Exocortis. Les Citranges sont dans le Centre et l'Est du pays (**Meziane, 1987**). Le Citrus Volkameriana donne également des associations à la Tristeza. Il est assez résistant aux chlorures, s'adapte bien aux sols secs mais aérés (**Aubert et Vullin, 1997**). C'est un très bon porte-greffe du Citronnier à utiliser dans les zones du Citranges et du Poncirus (**Meziane, 1987**).

Le mandarinier Cléopâtre, plus tolérant à la Tristeza possède plusieurs qualités similaires à celles bigaradier. Il utilisé comme porte-greffe de substitution dans plusieurs pays, il s'est révélé sensible à la gommose à phytophthora (**Meziane, 1987**).

D'autres espèces sont actuellement en essai en Algérie, ce sont le Citrumelo 1452 et le Citrumelo 4475 (Swingle).

VIII-Techniques de multiplications des agrumes

VIII.1-Multiplication sexuée

VIII.1.1-Semis

Ce type de propagation présente l'inconvénient de donner très souvent des plants différents de la plante d'origine. Les arbres obtenus par semis ne produisent de fruits que tardivement en comparaison avec ceux obtenus par les méthodes de multiplication végétative (semis-greffage). Le semis est utilisé surtout pour la production de porte greffe. **(Colombo, 2004 ;Richard ,2004).**

VIII.2-Multiplication végétative

VIII.2.1-Bouturage

Cette technique est utilisée surtout pour les espèces ornementales. L'avantage sa simplicité et le fait d'obtenir des plantes identiques à l'originale .mais, ce mode de multiplication, tout comme le marcottage, n'est guère employée en agrumiculture **(Colombo, 2004 ; Richard, 2004)**. Le plant obtenu par le bouturage ne sera pas résistant aux maladies, notamment la tristeza.

VIII.2.3-Le marcottage

Le marcottage est une méthode de multiplication des végétaux par la rhizogenèse sur une partie aérienne d'une plante mère. Certaines plantes se marcotent naturellement. En horticulture, le marcottage est souvent utilisé pour cloner les plantes ligneuses, dont le bouturage est difficile. On fait généralement le marcottage à la fin de l'été ou au début de l'automne. Il existe différentes méthodes de marcottage dont il se fait naturellement ou artificiel par couchage, en butte ou en cépée, et le Marcottage aérien.

Il existe plusieurs méthodes de marcottage :

- Le marcottage simple ou par couchage.
- Le marcottage par buttage ou par cépée.

Le marcottage aérien ou par enrobage **(Benettayeb z., 2011)**.

VIII.2.3-Greffage

C'est le mode de multiplication le plus utilisé.il a l'avantage de reproduire en de multiples exemplaires une variété dont les qualités ont été retenues. En effet, par greffage, on obtient des individus identiques aux plantes d'origine, plus homogènes, entrant en production plus rapidement.

Le greffage permet, également de surmonter certains problèmes de maladies et aide les plantes à s'adapter aux différents types de sol et conditions climatiques. (Colombo, 2004 ;richard ,2004).

VIII.3-Production de plants par semis-greffage

VIII.3.1-Obtention des porte-greffes

Les systèmes intensifs de production de plant d'agrumes sous serre (en hors sol) reposent au départ sur une procédure de germination des graines en serre. La température du substrat de germination doit être maintenue au-dessus de 18-20° C. En serre, le début du printemps reste la période idéale en Méditerranée pour semer les graines de porte-greffes (mars-avril), l'humidité relative peut varier entre 60% et 80 à 96%.(Jacquemond et al,2013).

VIII.3.2-Greffage des plants

Le greffage est une opération qui consiste à insérer intimement une partie d'un végétal (portion de rameaux ou œil), qui consiste le greffon, à une autre, appelée sujet ou porte-greffe. Afin de former après soudure un seul et même plant. Le porte-greffe est la partie inférieure de la plante qui porte les racines. Il est vigoureux et adapté aux conditions locales ; le greffon va porter la partie aérienne de l'arbre avec toutes les caractéristiques de la variété à multiplier. (Schippers,2004)

VIII.4-Cycles de développement

Le développement des agrumes se caractérise par la succession de deux phénomènes : la croissance végétative et la fructification.

VIII.4.1-Croissance végétative :

Elle est discontinue au cours d'une même année, trois types de pousses apparaissent (LOUSSERT, 1989) :

- La première poussée de sève (PS1) au printemps : c'est la prédominante (fin février-début mai). Elle est la plus importante, non seulement par le nombre et la longueur des rameaux émis, mais aussi par le fait qu'elle est la pousse florifère.
- La pousse d'été (PS2) (juillet-août) : généralement elle est moins importante que celle de printemps.
- La pousse d'automne (PS3) (octobre-fin novembre) : elle assure le renouvellement des feuilles.

VIII.4.2-Fructification

Elle est caractérisée par quatre phrases distinctes :

- Floraison : elle a lieu au printemps (fin mars-début mai). Le nombre de fleurs portées par un arbre est très important. il est estimé pour un arbre adulte d'oranger à 60000 (**Loussert, 1987**), mais seulement 1 % de ces fleurs donnera des fruits.
- Pollinisation et fécondation : elles ont lieu durant les mois mai et juin.
- Nouaison et fructification : le grossissement du fruit est très rapide après sa nouaison. Il a lieu en juin et dépend de l'Age de l'arbre, des conditions climatiques et de l'alimentation hydrique.
- Maturation des fruits : après une continuité de grossissement de juillet à septembre, le fruit atteint son calibre final en octobre. la maturité est marquée par un changement de couleur et par la qualité de teneur en jus de sa pulpe.

IX-Greffage des agrumes

IX.1. Pourquoi greffer ?

La multiplication des arbres fruitiers par le greffage a été découverte il y a quelques milliers d'années par l'observation dans la nature de soudures spontanées entre les arbres. Le greffage reste le moyen le plus facile et le plus sûr pour propager et conserver les ressources génétiques. C'est une opération qui a pour objet de combiner les caractéristiques avantageuses de deux plants différents en un seul plant (**CNCC, 2014**).

IX.2-Les avantages du greffage

- Reproduire et propager fidèlement de nombreux cultivars de végétaux d'ornement ou des variétés fruitières ne pouvant être reproduit par aucun autre moyen.
- Fixer des mutations sur les variétés fruitières, pour augmenter ou améliorer le nombre des variétés
- Adapter des arbres à la nature du terrain où ils doivent être plantés (climat et sol) en choisissant le bon porte-greffe.
- Cultiver des arbres selon la forme désirée en choisissant un porte-greffe de vigueur déterminée.
- Remplacer une variété par une autre sur un arbre déjà formé ou de restaurer une vieille charpente après rabattage (surgreffage).

- Diminuer l'invasion de certains parasites en greffant sur des porte-greffes résistants sélectionnés par des stations de recherche.
- Avoir une bonne résistance des arbres face aux maladies, car le choix du porte-greffe peut vous permettre de contourner certaines maladies du sol, si vous avez des variétés qui sont tolérantes avec un système racinaire résistants à ces maladies.
- Améliorer la qualité des fruits d'une variété fruitière (grosseur, goût, couleur, etc.)
- Accroître l'importance de la floraison d'un arbuste.
- Hâter la première mise à fruit d'un arbre, car si un arbre entre en production à 2 ans au lieu d'attendre 7 à 8 ans, vous avez gagné du temps et de l'argent.
- Possibilité pour l'agriculteur d'associer plusieurs variétés sur un même arbre.
- Le port réduit de l'arbre. Il est capital d'avoir des arbres courts et accessibles, car les arbres issus des semis directs vont très haut, ce qui ne facilite la cueillette, à un moment donné les fruits se détériorent en tombant. L'arbre greffé à un port ramassé et la récolte est plus facile.
- Préservation des espèces à disparue.
- En outre, la greffe (comme le clonage) prive la population greffée d'une grande partie de ses atouts évolutifs (faute de reproduction sexuée).

IX.3- Les techniques de greffage utilisées chez les agrumes

Le choix d'une technique de greffage peut être modulé en fonction du type de greffon et de porte-greffe disponibles (âge, état végétatif), mais il s'agit aussi d'une décision qui prend en compte les objectifs de production et les moyens du pépiniériste. Nous avons choisi de décrire ici les principales techniques utilisées dans le cas de la multiplication des agrumes (Jacquemond C. et al, 2009).

IX3.1- La greffe en écusson

La greffe en écusson est facilement praticable sur de jeunes porte-greffes d'un an, à condition que le diamètre de la baguette de greffon ne dépasse pas celui du porte-greffe. Le sommet du porte-greffe doit être rabattu quelques jours avant le greffage, puis feuilles et épines sont supprimées sur une quarantaine de centimètres en partant du collet. À l'endroit de la greffe, le plant doit avoir un diamètre minimal de 8 mm. Ce point de greffe doit être situé entre 25 et 40 cm au-dessus du collet, suivant le porte-greffe (le *Poncirus* peut être greffé à hauteur de 25-40 cm, les citranges entre 30 et 40 cm). Cette opération permet d'avoir en verger, un point de greffe suffisamment haut pour éviter les attaques de *Phytophthora* sur la variété greffée.

Une incision en T est pratiquée sur la tige du porte-greffe, entre deux nœuds, et l'écorce est soulevée. Si le porte-greffe est bien « en sève », son écorce se décollera facilement. Le greffon est prélevé sur une baguette de l'année sous forme d'un blason ou écusson d'environ 2 cm de long sur 0,5 cm de large, sans prélèvement de bois. Le greffon est délimité, sur la baguette, par trois traits de greffoir dont le premier, horizontal, est fait au-dessus de l'œil ; les deux autres, verticaux, partent du trait horizontal puis se rejoignent au-dessous de l'œil en formant la pointe de l'écusson. Cette pointe peut être très légèrement retaillée, afin d'optimiser le contact entre son écorce et l'aubier du porte-greffe. L'écusson est glissé entre l'aubier et l'écorce dans la fente en T. Une fois en place, son bord supérieur doit être sectionné à nouveau, pour s'ajuster parfaitement contre l'écorce du porte-greffe.

La difficulté réside principalement dans le prélèvement du bourgeon sur le greffon. La présence d'une épine, située juste en dessous de l'œil, oblige parfois le greffeur à prélever un écusson légèrement plus épais, avec une languette de bois : sans cette précaution l'épine resterait liée à la baguette lors du soulèvement de l'écorce, laissant un trou au centre de l'écusson qui dessècherait la greffe. Si le greffeur décide de rabattre l'épine, il doit prendre la précaution de ne pas la couper au ras de l'œil, et de mastiquer la plaie. Ainsi, pour les variétés très épineuses on préférera la greffe en placage décrite dans le point suivant.

La greffe doit être solidement ligaturée, en commençant par le haut pour éviter le glissement de l'écusson hors de l'incision. Plusieurs tours de raphia sont réalisés en spirale autour du sujet. Un nœud ferme est réalisé sur la face opposée à l'écusson, pour ne pas risquer de déplacer celui-ci en tirant sur le raphia. L'œil peut être laissé découvert si l'hygrométrie est suffisamment élevée. Une vingtaine de jours plus tard, la ligature est coupée sur le côté opposé à l'œil (**Jacquemond C. et al, 2009**).

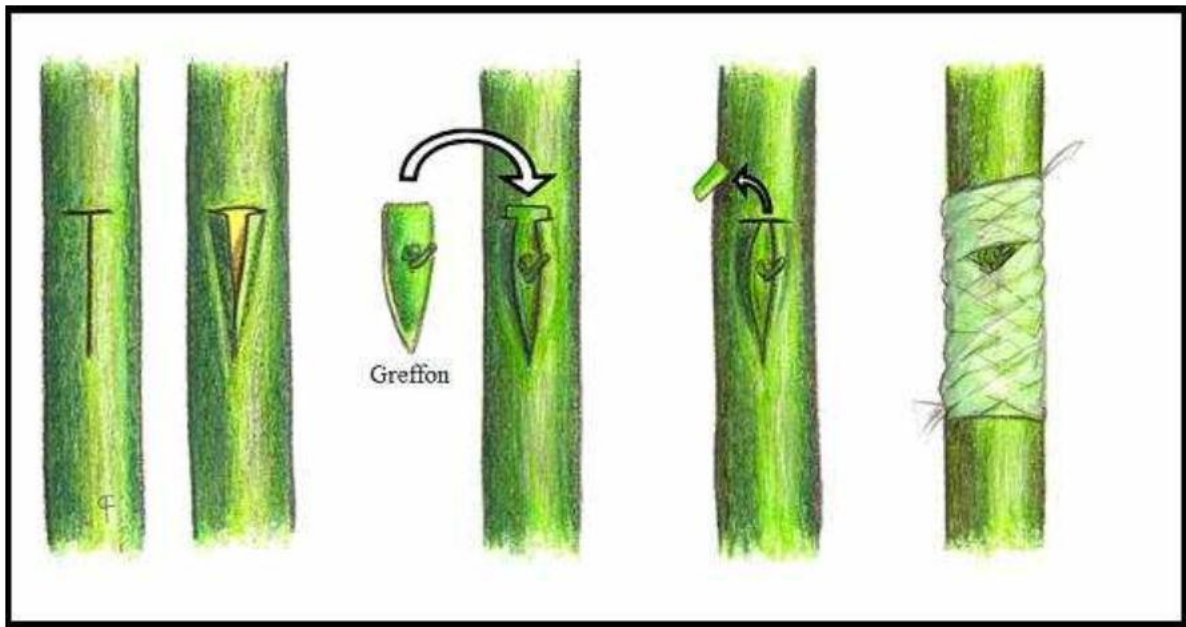


Figure 13 : Technique du greffage en écusson (Jacquemond C. et al, 2009)

Le greffage en écusson sous écorce se peut effectuer en trois époques selon l'espèce, l'objectif et les conditions :

- **L'écussonnage de printemps :** il est exécuté en mars-avril à l'aide d'écussons sur des rameaux récoltés en décembre-janvier puis conservés en jauge.

L'écussonnage de printemps est appelé « Greffage à œil poussant » (sève montante) car l'œil se développe 10 à 15 jours après greffage, exemples : cerisier, agrumes.

- **L'écussonnage d'été :** il s'opère en juin et début juillet à l'aide d'écusson levé soit sur des rameaux qu'on aura conservés. Soit sur des rameaux de l'année, partiellement lignifiés. Cette deuxième possibilité est plus répandue que la première surtout chez les arbres à noyau à croissance rapide comme le pêcher, le prunier, l'abricotier et l'amandier.

- **L'écussonnage d'automne :** il est exécuté de fin juillet à début octobre, les yeux greffons sont levés sur des pousses de l'année bien aoûtées puis greffés aussitôt

C'est un greffage « à l'œil dormant » (sève descendant) car l'écusson se soude au sujet au bout de 2 à 3 semaines mais n'entre en végétation qu'au printemps suivant.

L'écussonnage d'automne est plus utilisé que l'écussonnage de printemps et d'été. Il réussit bien aux agrumes ainsi que pommier, poirier, cognassier, néflier, amandier et olivier

(Benettayeb Z., 2011).

IX.3.2. La greffe en placage d'un œil en copeau 'chip budding'

Le placage d'œil est une méthode plus rapide que l'écussonnage. Elle a été développée avec l'augmentation de la production de plants d'agrumes en pépinière hors-sol. Elle peut être appliquée sans problème à des porte-greffes dont l'écorce se décolle difficilement, ou dans le cas de variétés qui développent des épines ou des rameaux à section triangulaire.

Les baguettes doivent présenter le même aspect et le même développement végétatif que la section de porte-greffe qui accueillera le greffon. En particulier, leur aoûtement doit être identique et les yeux bien apparents. De même que pour l'écussonnage, le porte-greffe doit être écimé plusieurs jours avant la greffe afin d'éviter l'augmentation du stress au moment du greffage, les feuilles et les épines étant rabattues sur une quarantaine de centimètres en partant du collet. Sur la tige du porte-greffe, une fine entaille se terminant par une base biseautée est pratiquée entre deux nœuds, en prélevant de l'écorce et de l'aubier. Cette entaille ne doit pas dépasser 2 mm d'épaisseur sur 2 cm de long.

Le greffon est également prélevé en biseau, de manière à ce que sa forme et ses dimensions soient complémentaires de l'entaille qui va l'accueillir sur le porte-greffe. Afin d'assurer la soudure des cambiums, le contact doit être parfait au minimum sur le bord inférieur du greffon et sur un de ses côtés. Le greffon ne doit en aucun cas être positionné au centre de l'entaille.

La ligature de la greffe doit être ferme, l'œil peut être partiellement recouvert. Comme dans le cas d'une greffe en écusson, ce n'est qu'une vingtaine de jours plus tard que la ligature est coupée sur le côté opposé à l'œil (**Jacquemond C. et al, 2009**).

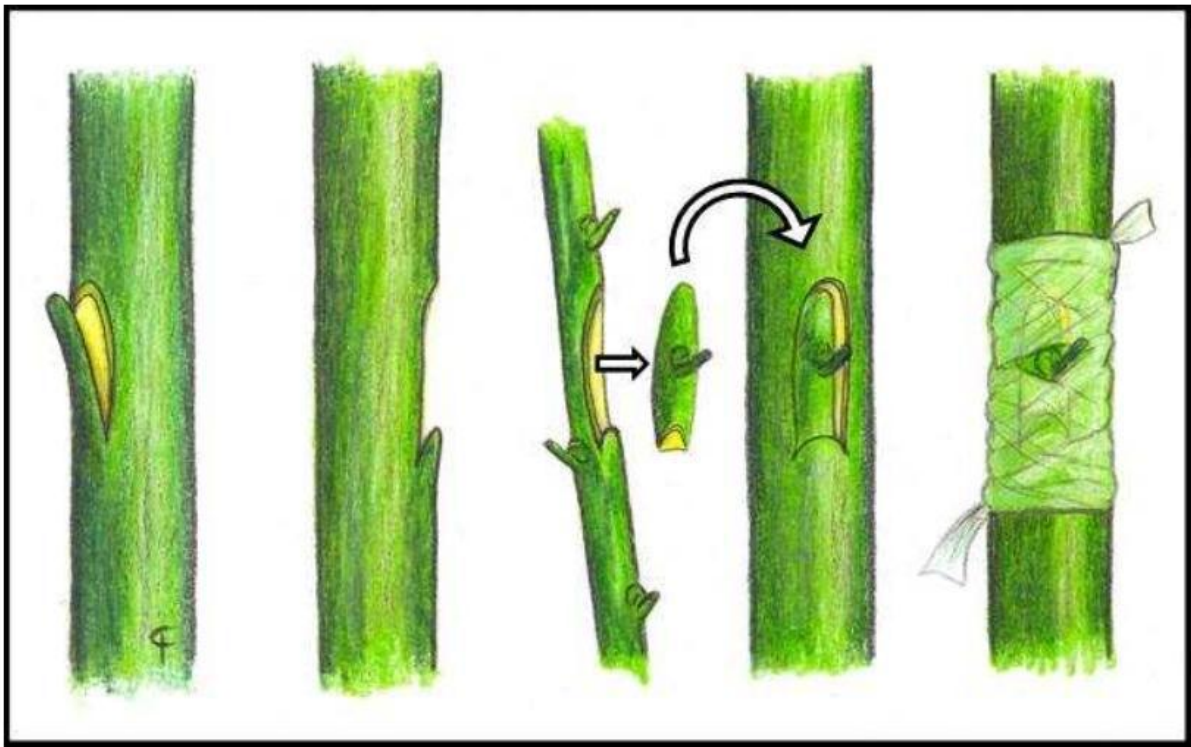


Figure 14 : Technique du greffage en placage (Jacquemond C. et al, 2009)

IX3.3- La greffe en fente simple (ou en fente herbacée)

De plus en plus utilisé dans certains pays, et à grande échelle (au Maroc par exemple), le greffage en fente herbacée est une technique assez récente permettant d'obtenir très rapidement des plants commercialisables. Elle se pratique sur de très jeunes porte-greffes, dès que le diamètre des tiges atteint 5 mm à hauteur de 35-45 cm. Les greffons sont prélevés sur des jeunes pousses, non aoûtées.

Le porte-greffe est écimé à hauteur de 35-45 cm, et fendu verticalement sur un centimètre. Le greffon est une section entière de jeune pousse, de même diamètre que le porte-greffe. Il est sectionné de manière à ce que l'unique œil soit situé en position centrale. Sa partie basale est taillée en double biseau, au scalpel, puis enchâssée dans la fente réalisée sur le porte-greffe. Le tout est ensuite soigneusement ligaturé à l'aide de Parafilm, en prenant soin de recouvrir également la plaie » » de taille située au sommet du greffon. La greffe est ensachée avec deux ou trois feuilles du porte-greffe, la respiration de la plante à l'intérieur du sac plastique créant une atmosphère humide propice au bon démarrage du greffon. Quinze jours après le sac est retiré, le Parafilm se dégradera plus tard. Dans les régions chaudes, ce type de greffage peut être réalisé sous abri pratiquement tout au long de l'année (Jacquemond C. et al, 2009).

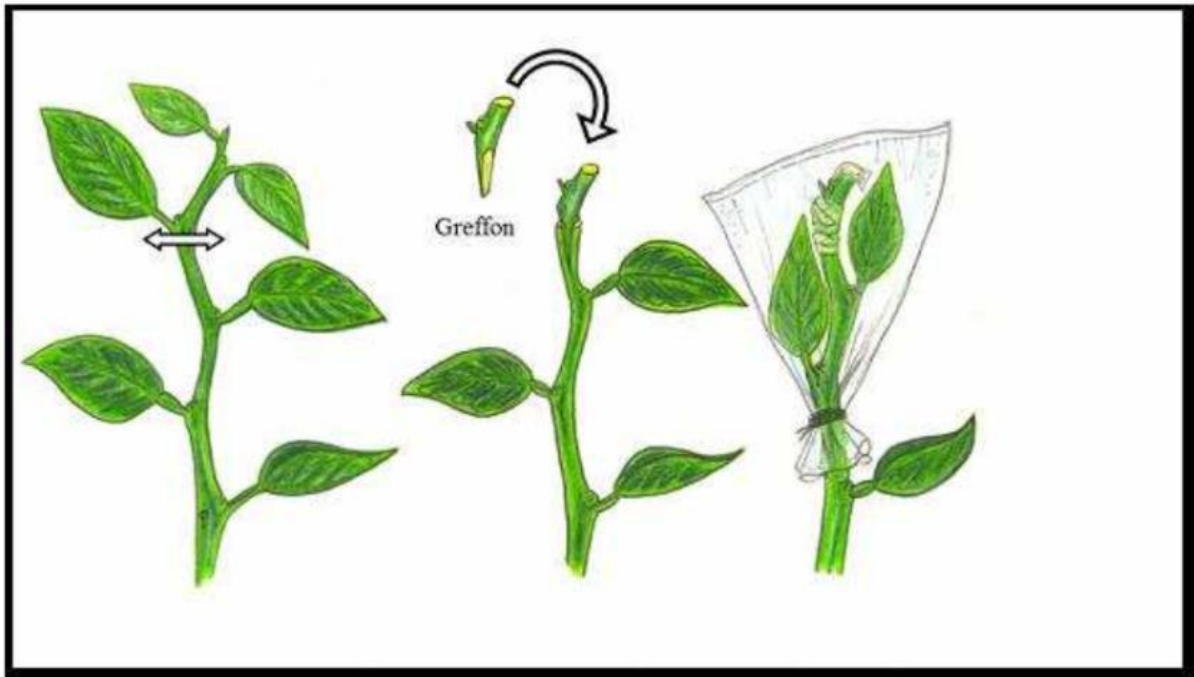


Figure 15 : Technique du greffage en fente herbacée (Jacquemond C. et al, 2009)

IX.3.4- La greffe en couronne perfectionnée dite 'Du Breuil'

La greffe en couronne se pratique principalement sur des porte-greffes âgés, de gros diamètre, dont l'écorce devient trop épaisse pour recourir à un greffage en écusson ou en placage. Le porte-greffe est rabattu entre 30 cm (*Poncirus*) et 40 cm (*Citrange*) au-dessus du collet. Partant de la section, une fente verticale est pratiquée sur quelques centimètres dans l'écorce, qui est décollée pour accueillir le greffon.

Le greffon est constitué d'une petite baguette comportant deux ou trois yeux. Sa partie basse est taillée très finement en « bec de flûte » ou en « tabouret » pour pouvoir être glissée dans la fente et recouverte par l'écorce du porte-greffe. Comme dans le cas de l'écussonnage, il est intéressant de retailler légèrement les bords du greffon avant de le glisser dans l'incision, pour optimiser la surface de contact .

La ligature de raphia doit être soigneuse. Les sections du porte-greffe et de la baguette greffée sont ensuite couverts de mastic afin d'éviter le dessèchement. Le tout est recouvert d'un sac plastique blanc ou de papier paraffiné, qui sera retiré quinze jours plus tard (Jacquemond C. et al, 2009).

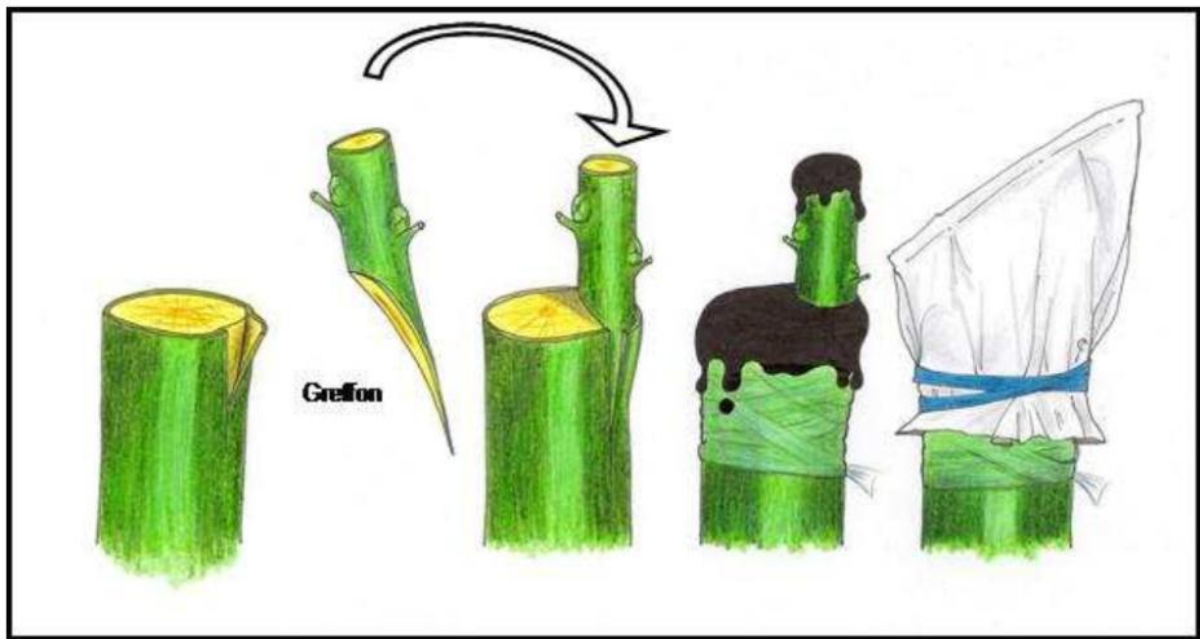


Figure 16 : Technique du greffage en couronne (Jacquemond C. et al, 2009)

IX.4. Matériel de greffage

- Couteau de greffage ou greffoir : muni d'une spatule qui sert à soulever l'écorce.
- Sécateur : permet de pratiquer l'habillage du porte- greffe avant le greffage et de le rabattre sur onglet après la reprise.
- Ruban de polyvinyle transparent : pour la ligature.
- Sachets transparents : pour isoler le greffon.
- Mastic : Sert à protéger les plaies contre les attaques fongiques, évite la dessiccation des tissus, favorise la cicatrisation après greffage ou après chaque taille.
- Eau de Javel ou alcool: Les outils de greffage doivent être désinfectés régulièrement pour lutter contre la transmission des maladies. Il faut éviter la souillure des outils par la terre et la sève séchée pour éviter de salir les plaies de greffage et pour s'assurer d'une coupe franche et nette (CNCC, 2014).

IX.5- Les conditions de réussite de greffage

Si la réussite des greffes dépend en grande partie de notre habileté, des conditions et des principes sont à connaître et à respecter pour assurer un bon pourcentage de succès :

- 1. Bonne affinités pour les parties à assembler**
- 2. Vigueur réciproque**
- 3. Assemblage minutieux**

Les zones génératrices ou cambium du sujet et de greffon doivent être en contact très intime.

4. Choix de technique de greffage convenable : on détaillera ces techniques séparément.

5. Choix de la bonne époque de greffage : La période de greffage dépend de l'état du matériel végétal utilisé. Pour que la greffe prenne, le porte-greffe doit être sorti de dormance, en phase de croissance végétative, mais l'œil (ou bourgeon) situé sur la baguette à greffer ne doit pas encore avoir débourré. **(Jacquemond C. et al, 2009).**

6. Propreté du matériel utilisé

Le greffage est une opération délicate, qui demande de la précision et quelques précautions élémentaires. Les agrumes sont susceptibles d'être contaminés par de nombreuses maladies de dégénérescence, occasionnées par des virus, des viroïdes, ou d'autres organismes procaryotes. Ces maladies peuvent être transmissibles de plante à plante au moment du greffage, et certaines d'entre elles se propagent simplement par contact avec des outils contaminés (greffoirs, sécateurs). L'emploi de matériel végétal sain au départ et la désinfection systématique des outils à l'eau de javel (hypochlorite de sodium) permettent d'éviter les contaminations, à la fois lors de la préparation des porte greffes et au moment de la pose des greffons **(Jacquemond C. et al, 2009).**

7. L'air ambiant : Température et humidité

La contrainte de sensibilité au dessèchement du greffon : pour assurer toutes les chances de reprise de la greffe, il est impératif de protéger le greffon contre la déshydratation : l'idéal étant la protection par du parafilm ou de la cire à greffer.

La contrainte de température, recommandée par certaines sources, qui recommandent, en vue d'optimiser les résultats, de ne pas opérer s'il y a risque de repos végétatif, qui peut être provoqué par une moyenne de températures trop faibles au début du printemps (en dessous d'environ +12°C nocturne), ou trop chaudes en plein été (supérieures à environ 35°C diurnes). Pour lancer sa campagne de greffage en toute quiétude, le greffeur amateur aura profit d'attendre une température nocturne stabilisée aux environs de +20°C, en entreposant les agrumes mi- ombre durant la journée. (à noter que des expériences de greffage à des températures supérieures ont été fructueuses, mais dans une atmosphère très humide).

8. Préparation de porte-greffe et de greffon

- La qualité des greffons est un facteur essentiel de la reprise au greffage, leur identité génétique, leur bon état nutritionnel et hydrique, et leur bon état sanitaire sont déterminants.
- La croissance, l'irrigation et la fertilisation du porte-greffe doivent être parfaitement maîtrisées avant et après greffage.

- Le respect de la polarité du greffon qui doit avoir au moins un œil bien constitué d'où naîtra une pousse vigoureuse (**Gacem H., 2007**).

- Pour éviter l'augmentation du stress au moment du greffage, il est conseillé d'éliminer les feuilles et les épines avant le jour du greffage, jusqu'à la hauteur voulue du point de greffe. Cette dernière opération doit se faire avec des outils bien affûtés, au ras de la tige, afin de ne laisser que des plaies nettes (**Jacquemond C. et al, 2009**).

- Les greffons doivent être coupés au pied mère en parc à bois le jour de greffage ou un jour avant et conservé en bources (amas) avec étiquettes portant divers notes (espèce et variété, date et lieu de prélèvement), dans un réfrigérateur ou dans l'eau sous ombre (Température 3 à 4 °C et Humidité de 95 %) pour éviter le dessèchement.

Les rameaux greffons peuvent également être mise en stratification dans une jauge ombragée, placée au pied d'un mur orientée vers le Nord et entourée aux trois quart dans un sable propre et frais recouvert d'une toile humide pour assurer une meilleure reprise du greffage (**Benettayeb Z., 2011**).

9. L'habilité (savoir-faire) du greffeur

En effet, sa technicité au greffage (la netteté des entailles, la rapidité de l'exécution), et la maîtrise de l'espèce (l'expérience professionnelle), restent les points essentiels qui permettent l'ajustement précis des tissus.

10. Soins après greffage

Ligaturage, pincement, masticage, Déligaturage, ébourgeonnage, désherbage, fertilisation, traitements...

IX.6- Mécanisme de soudure ou Callogénèse

Quelle que soit la technique de greffage mise en œuvre, c'est l'importance de la surface de contact entre l'aubier du porte-greffe et du greffon qui déterminera la soudure de l'œil. La ligature, faite à l'aide de raphia ou de bandes de plastique à greffer (parafilm), doit être ferme et couvrante. Il ne faut pas la laisser en place plus de trois semaines, afin d'éviter les risques de moisissure et d'étranglement.

Généralement, le pourcentage de soudure et de débourrement est meilleur pour les yeux prélevés sur des baguettes issues de la partie apicale d'un rameau (**Jacquemond C. et al, 2009**).

IX.6.1. Explication physiologique de l'opération de greffe

Le tronc assure le transfert de la sève brute (riche en éléments minéraux et en eau) du système racinaire vers la frondaison, et le transfert de la sève élaborée (riche en molécules carbonées) du système aérien vers les racines.

Les tissus conducteurs étant situés sous l'écorce (figure 17), toute altération mécanique ou parasitaire à ce niveau de l'arbre peut entraîner des perturbations dans les mécanismes de transfert.

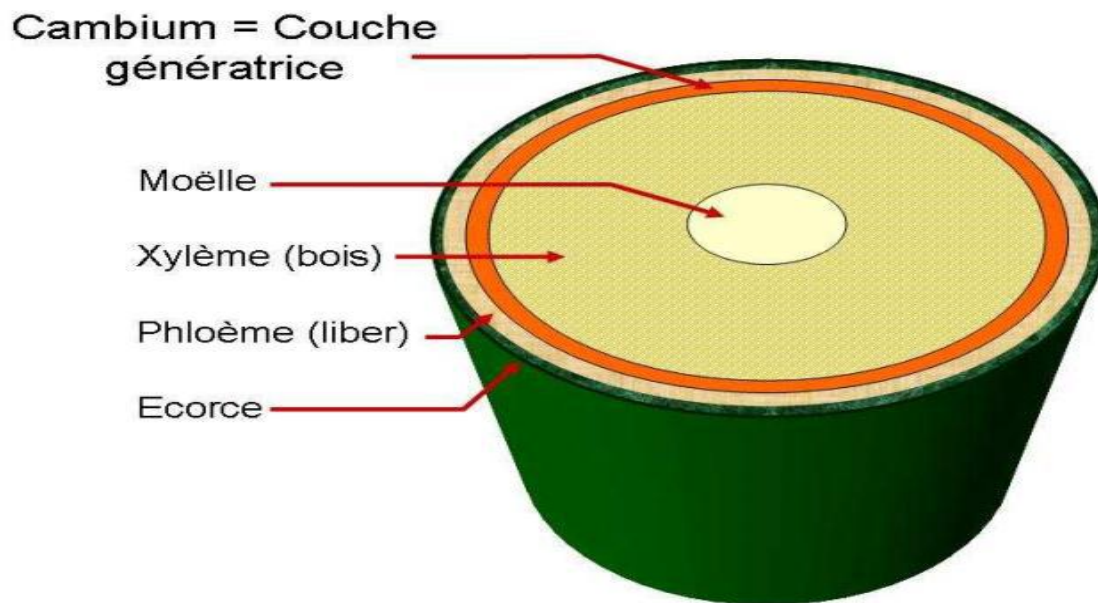


Figure 17 : Coupe transversale d'un tronc d'arbre (Jacquemond C. et al, 2009)

C'est sur le tronc que se situe la ligne de greffe ou point de greffe, plus ou moins visible selon le type d'association. La hauteur de la ligne de greffe est un paramètre important à respecter, au moment du greffage comme au moment de la plantation. En effet, les porte-greffes traditionnellement utilisés sont généralement résistants aux champignons du sol, mais la majorité des espèces commerciales d'agrumes cultivés, même greffés, y reste sensible. Elles doivent donc être correctement éloignées du sol, la ligne de greffe doit se situer à 30 cm de hauteur au minimum (Jacquemond C. et al, 2009).

Lorsque l'on fait une greffe, le cambium (responsable du grossissement de la tige en diamètre) du sujet porte-greffe et celui du greffon doivent avoir un point de contact le plus grand possible afin que la sève élaborée puisse passer de l'un à l'autre en réalisant la soudure des deux parties.

Lorsque l'on gratte l'écorce, on découvre une sorte de pellicule verte tendre avant d'atteindre l'aubier. Cette pellicule est en fait l'assise génératrice de nouveaux tissus et donc la zone de contact entre les deux éléments à assembler (**Lambert D.**).

Sur le plan physiologique, c'est la division rapide des cellules méristimatiques, suivie de leur différenciation, qui aboutissent à la reconstitution des organes endommagés (**Jaenicke, 2003**). Ce mécanisme peut être résumé en quatre phases :

• **Phase I : Blessure de la ligne de nécrose**

Lors des prélèvements des organes, une ou plusieurs assises cellulaires sont lésées empêchant les échanges. On observe cependant très rapidement une certaine adhésion des tissus qui maintient le contact entre les organes greffés. Cette adhésion résulte du ciment formé par les débris cellulaires (**Poëssel, 1996**).

• **Phase II : Prolifération de la cal de jonction :**

La soudure est réalisée par prolifération des cals au niveau des sections de greffon et de porte-greffe (**Champagnat, 1980 et Reynier, 2000**). Dès les premiers heurs suivant le greffage les cellules cambiales qui n'ont pas été endommagées produisent un grand nombre de cellules parenchymateuses qui forment les cals, lesquels assurent le lien mécanique entre les deux partenaires (**jaenicke, 2003**), leur expansion provoque la résorption de la ligne nécrotique (**Poëssel, 1996**).

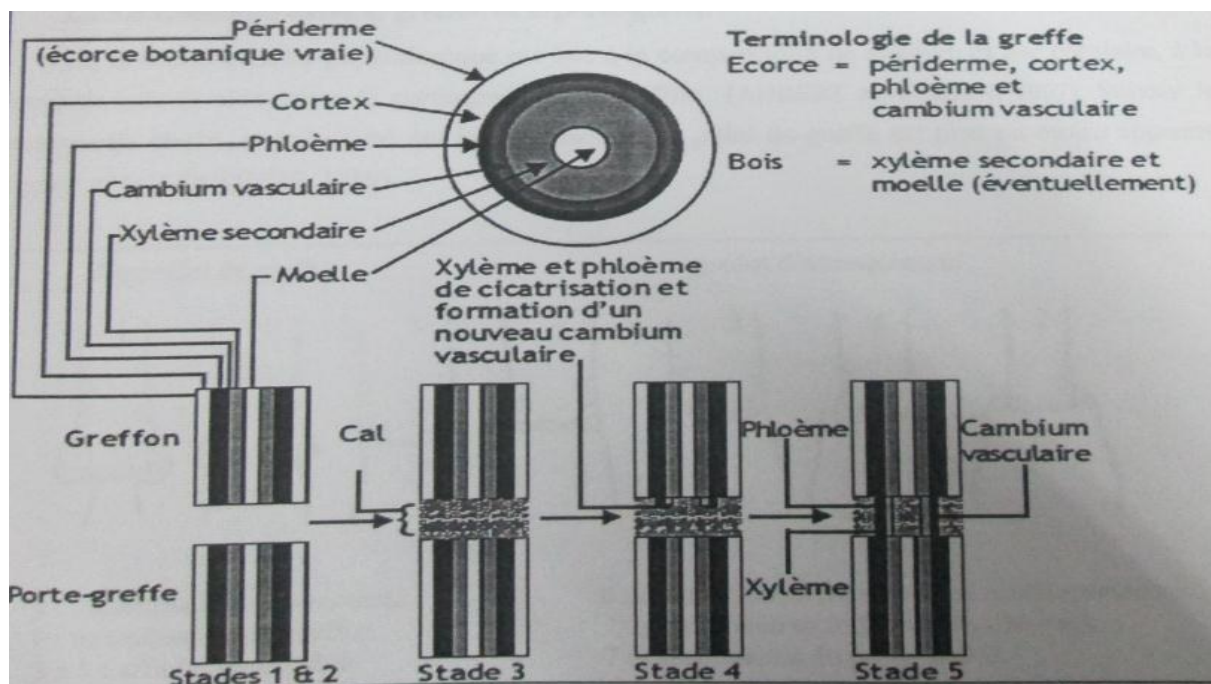


Figure 18 : Le mécanisme de soudure entre le greffon et le porte-greffe (**Jaeniske,2003**)

• **Phase III : Néof ormation cambiale :**

Suite à l'accolement de cellules frontales des cals, (**Suriyapananont in Chently et Chergui, 1996**) et la formation d'une couche protéique de suber au porteur de la greffe, les tissus subissent des divisions cellulaires différentes de cellules de la cal de jonction (Poëssel, 1996) et se transforment en cellules cambiales (Jaenicke, 2003).

• **Phase IV : Formation des tissus vasculaires secondaires :**

Cette formation débute à partir des cambiums sectionnés des deux partenaires (Poëssel, 1996). La jonction s'effectue au terme d'un cheminement parfois contourné qui dépend fortement de l'ajustement des organes au moment du greffage. Ce raccordement qui se produit six à vingt jours après greffage permet la production des tissus vasculaires secondaires (Poëssel, 1996). Les cellules existantes du greffon et de porte-greffe ne change pas de position et ne s'unissent pas (Jaenicke, 2003). La vascularisation entre greffon et porte-greffe s'établit progressivement (**Reynier, 2000**).

Une plante bien greffée possède non seulement la stabilité physique d'une plante intègre mais aussi la même autonomie de fonctionnement dès que les cellules du phloème et les cellules du xylème s'unissent (Jaenicke, 2003).

IX.6.2- L'affinité entre le greffon et le porte-greffe

Bien qu'il soit possible de greffer une variété sur un porte-greffe de la même espèce ou du même genre, toutes les associations ne confèrent pas la même pérennité ni le même développement. C'est la notion d'affinité physiologique ou d'incompatibilité de greffe que l'on évoque ici. La greffe est avant tout le résultat de l'union de deux cicatrices. C'est cette aptitude à l'union, se traduisant par la reconstitution d'un cambium commun et la connexion des vaisseaux des deux parties, que l'on nomme affinité. On trouve tous les degrés entre l'affinité complète et l'incompatibilité totale (cas où les greffes ne se soudent pas). Une mauvaise affinité crée des déformations et des points de faiblesse au niveau de la ligne de greffe, qui peuvent sérieusement compromettre le bon développement de l'arbre et accélérer son vieillissement.

Différentes causes peuvent être à l'origine de ce phénomène dû à une mauvaise connexion du système vasculaire des deux parties : des problèmes de reconnaissance ou de communication cellulaire sont notamment évoqués. Il peut également s'agir d'un déséquilibre entre les vitesses de développement respectivement de la variété et du porte-greffe.

Selon l'importance de ce déséquilibre, les conséquences iront d'un simple stress, pouvant même s'avérer positif sur la qualité des fruits, jusqu'à la cassure franche du tronc au niveau du point de greffe.

Chez certaines associations, l'incompatibilité peut prendre une autre forme, telle que la présence de nombreux rejets se développant de façon régulière sur la partie porte-greffe de l'arbre. La multiplication de ces rejets affaiblit l'arbre avec la formation de bourrelets caractéristiques sur le tronc, qui au fil des ans provoquent un étouffement de la variété et un vieillissement prématuré de l'arbre (Jacquemond C. et al, 2009).

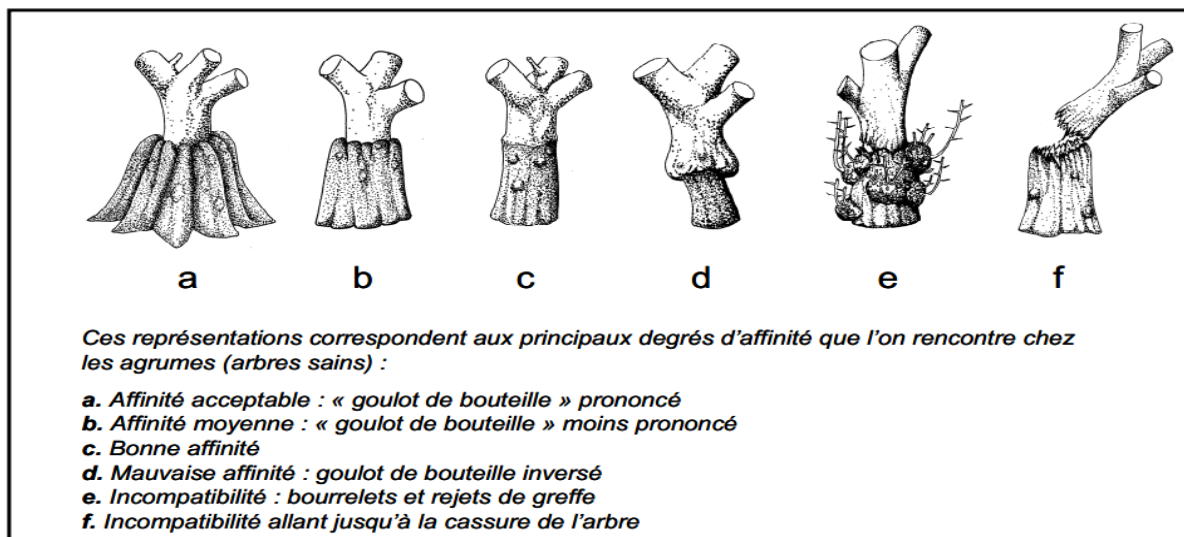


Figure 18 : Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes (Jacquemond C. et al, 2009)

IX.7- Les incompatibilités au greffage

La compatibilité dans une greffe s'exprime par une soudure complète et durable entre le sujet et le greffon (Champagnat, 1980). Cependant l'incompatibilité est l'absence totale ou partielle de soudure qui provoque une non reprise de la greffe ou la rupture de l'union à plus ou moins brève échéance. Cette incompatibilité peut avoir une origine génétique ou virale (Lemoine et Michelsi, 1998). L'intensité de certaines formes d'incompatibilité est liée à l'âge des plantes en cause (Scheidecker, 1961).

Le déterminisme génétique de l'incompatibilité n'est pas encore prouvé et on reconnaît qu'il n'y a pas de règle scientifique précise qui permet de prédire si une association est compatible ou non. Nous constatons toutefois, que l'une de quelques études qui montrent le déterminisme

génétique de l'incompatibilité est celle de Salesses et Kaï (1986) cités par Salesses et Al (1992) effectuée sur certains pêchers greffés sur pruniers Damas GF 1969.

L'importance accordée par les arboriculteurs et les chercheurs à l'incompatibilité a permis de mettre au point des techniques d'investigation intéressantes. Ainsi pour prédire l'incompatibilité d'une association. Lockard et Schneider (1981) cité par Pratt (1990) ont utilisé les caractéristiques anatomiques du greffon et du porte-greffe. Ils sont arrivés à mettre en évidence deux similarités structurales qui sont nécessaires à la reprise de la greffe : la densité des vaisseaux et le diamètre des éléments trachéides.

On considère d'autre part que l'examen histologique et biochimique d'échantillon de greffe est une technique efficace pour prédire le manque d'affinité. AL Kaï (1986) estime que le microgreffage in vitro est également une méthode d'étude très intéressante. Quelque soit la méthode d'analyse utilisée, les praticiens ne se basent pas cependant sur ce genre de techniques. Ils comptent en effet surtout sur leur expérience pour déterminer la viabilité d'une union. En générale, et en dehors de certaines associations qui sont particulières, plus les deux partenaires de la greffe sont voisins du point de vue génétique et botanique, plus la possibilité de la greffe est grande (**Benettayeb Z., 2011**). Les incompatibilités sont souvent citées comme les principaux obstacles à la reprise de la greffe (Jaenicke, 2003), elles sont de quatre types :

IX.7.1. Incompatibilité totale

C'est une incompatibilité qui se traduit par un refus instantané et absolu, c'est-à-dire l'absence totale de la soudure (Scheidecker, 1961).

Cependant, elle peut se traduire par une soudure effective de la greffe mais, le greffon meurt avant même d'avoir effectué une quelconque croissance. On rencontre ce type d'incompatibilité entre des genres ou espèces différents, exemple : Cerisier / Pêcher.

IX.7.2. Incompatibilité mécanique dans l'union ou localisée

C'est une incompatibilité interspécifique qui est due à une faiblesse de soudure au point de greffe et qui conduit à une rupture de l'union à la suite d'une force mécanique ou d'un vent violent. Elle est couramment chez les arbres fruitiers. Les anomalies structurales du bourrelet de greffe sont multiples, interruption des connexions vasculaires par dépôt des parenchymes ligneux, distorsion très accentuée des tissus vasculaires localisés dans la zone d'union (Scheidecker, 1961) qui peut aboutir au décollement de l'union sans symptômes externes

annonceurs (Pöselle, 1996). L'insertion d'une variété intermédiaire entre le greffon et le porte-greffe est une technique efficace pour surmonter l'incompatibilité mécanique.

Pour réduire l'effet de l'incompatibilité mécanique, on conseille de veiller à ce que les deux entités de la greffe aient des cycles biologiques annuelles concordants, que le point de greffe soit face aux vents dominants et que les arbres soient tuteurés et protégés par des brise-vents (Benettayeb Z., 2011).

IX.7.3. Incompatibilité biochimique dite transloquée ou foliaire

Ce type d'incompatibilité se manifeste par un dépérissement de l'arbre malgré la structure anatomique normale du point de greffe (Pöselle, 1996).

C'est une incompatibilité qui se traduit du point de vue biochimique par des anomalies dans le transfert des assimilés synthétisés dans les feuilles du greffon (hétérosides, composés phénoliques) vers le porte-greffe et par la formation d'un bourrelet de greffe (cal excessif) qui conduit à un blocage partiel de l'amidon.

IX.7.4. Incompatibilité virale

Les virus sont des agents qui peuvent provoquer l'incompatibilité au greffage ou en accentuer les causes.

Elle peut se manifester de deux manières :

- Entre des espèces différentes (incompatibilité interspécifique) : L'union est parfaite et la reprise de la végétation est abondante durant les premiers mois qui suivent le greffage. Ce n'est que 6 à 8 mois après, que les symptômes de dépérissement apparaissent.

Toxopeus (1936) cité par Marenaud (1971) a observé ce type d'incompatibilité à Java, entre l'orange douce et beaucoup d'autres espèces de citrus, notamment le bigaradier. Il a découvert, grâce à l'emploi d'un intermédiaire, que l'orange produit des substances qui sont toxiques pour le bigaradier. Ces substances se sont révélées en fait, une virose latente appelée Tristeza ou Quik Decline. Ce type d'incompatibilité peut être provoqué par la transmission du virus lors du greffage ou par un vecteur (puceron) après le greffage. Le virus se manifeste alors quand naissent des conditions favorables dans la nouvelle combinaison (Herrer, 1956 et Pöselle, 1996).

- Au sein d'une même espèce (incompatibilité intraspécifique) : MC Clintock (1938) cité par Marenaud (1971) est l'un des premiers chercheurs à avoir signalé l'incompatibilité virale entre des variétés de pommier, telle 'Mac Intosh' et une variété servant d'intermédiaire 'Virginia Crab' infectée par le Stem Pitting.

IX.8. Le surgreffage

Le surgreffage, appelé aussi 'regreffage' ou 'double greffage', est une pratique horticole courante consiste à insérer une portion de bois intermédiaire entre le porte-greffe et le greffon. La variété intermédiaire a surtout un rôle de transit des minéraux mais, son action pourrait d'après Boulay (1989) varier selon la longueur et le calibre des vaisseaux conducteurs. En générale, la longueur optimale de la portion intermédiaire est de 30 cm.

Le recours au surgreffage se justifie dans les conditions suivantes :

- La régénération et le regarnissement des arbres en décrépitude ainsi que le remplacement d'une variété à floraison précoce, ou à fertilité faible, ou encore aux fruits de qualité médiocre, par une autre variété plus intéressante et sans recourir à une nouvelle plantation.

Il serait par contre inutile de vouloir renouveler par cette technique des arbres malades ou mal adaptés à leur milieu.

- Pour surmonter l'incompatibilité mécanique nous pouvons par exemple, rendre possible une union entre les variétés d'abricotier 'Canino' et 'Rouge du Roussillon'.

Il semblerait, compte tenu de divers travaux de recherche, que le surgreffage peut améliorer la maturité (Barden et Marini, 1992) et la qualité des fruits (Sansavini, 19984), ou encore influencer le port et le rendement de l'arbre (Ferree et Al. 1986). Cette technique aurait également une influence sur le contrôle de la vigueur induite par le portegreffe ainsi que sur l'équilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine de l'arbre.

Krezdorn (1978) est l'un des nombreux chercheurs à s'être intéressé au surgreffage des agrumes. Il a trouvé que les genres *Feronia* et *Limenia* servant d'intermédiaires, activent beaucoup plus la croissance, contrairement aux genres *Citropsis gilletiana* et *Clymenia polyandra*.

Toujours sur agrumes, Castle (1992) a constaté que l'oranger trifolié 'Flying Dragon' utilisé comme intermédiaire, induit au Tangelo 'Minneola' un gros diamètre du tronc mais n'a pas d'effet sur la hauteur de l'arbre.

En réalité, le surgreffage ne constitue pas la solution aux problèmes de multiplication.

Ses avantages sont certes intéressants, mais les nombreux inconvénients qu'il présente sont bien connus et n'encouragent pas les pépiniéristes à recourir fréquemment à cette technique, par exemple, la longue durée de production de plans surgreffés et donc reviennent un peu plus chers.

IX.9-Les interactions entre le porte-greffe et la variété greffon

IX.9.1-Influence intrinsèque du porte-greffe et la variété greffon

Le porte-greffe assure l'absorption et le transport des éléments nutritifs et peut induire des changements notables sur les caractéristiques de développement et de production de la variété greffon.

En générale, les effets intrinsèques du porte-greffe sont difficiles à évalués, d'autant plus qu'ils peuvent changer sensiblement selon la variété greffée.

7.9.1.1. Influence sur la vigueur

La vigueur par le porte-greffe au greffon est dite 'vigueur conférée', son déterminisme physiologique n'est pas bien déterminé (Edin et Al., 1989), mais il est en relation avec au rythme végétatif du porte-greffe. Salesses et Al (1992) estime en revanche, que la vigueur conférée est un élément important mais qui n'est pas toujours en corrélation avec la vigueur propre du porte-greffe.

- **La circonférence du tronc**

Divers travaux réalisés par Edin et Garcin (1988) et Garcin et Al. (1990) montrent que la mesure annuelle (prise durant le repos végétatif à 20 cm au-dessus du point de greffe) de la surface de la coupe transversale du tronc est suffisante pour estimer la vigueur d'un arbre fruitier.

- **La longueur de la pousse et des entre-nœuds**

D'après plusieurs travaux, donnent à penser qu'il y a un lien étroit entre ces deux paramètres qui présentent la vigueur de l'arbre. Ils constituent le reflet d'une tendance végétative intense.

- **Le port de l'arbre**

Les connaissances dans ce domaine sont fragmentaires et des recherches devraient être envisagées afin de vérifier éventuellement l'existence d'une corrélation entre la vigueur du porte-greffe et le port de l'arbre. Les travaux qui sont faits donnent à penser que le développement végétatif d'une variété greffon est conditionné en grande partie par la vigueur ou le nanisme conféré par son porte-greffe.

IX.9.1.2. Influence sur l'entrée en fructification et la longévité

L'entrée en production rapide est un avantage qui intéresse beaucoup les arboriculteurs, et qui leur permet de récupérer leur investissement, mais également de ne pas perdre leur patience à attendre des productions qui tardent à venir.

Les professionnels savent que l'influence du porte-greffe sur le début de fructification est en relation avec son influence sur la vigueur de l'arbre. C'est pourquoi, l'usage de porte-greffe vigorisant ne favorise pas, à l'inverse des porte-greffes faibles ou naissants, une mise à fruit précoce. Pratt (1990) a été démontré qu'en plus d'une fructification précoce, les porte-greffes de faible vigueur induisent aussi une réduction de la longévité des arbres. Par exemple, les agrumes greffés sur bigaradier vivent plus longtemps que sur cédratier ou sur *Poncirus trifoliata*.

7.9.1.3. Influence sur la floribondité et productivité

L'influence du porte-greffe sur la floribondité (importance de floraison) et la productivité de la variété greffon a fait l'objet de divers études. Malgré cela, les chercheurs qui se sont intéressés de plus près à cette interaction ne font pas l'unanimité sur son intensité. La bonne compréhension de la corrélation porte-greffe-productivité de la variété greffon, passerait par la prise en compte des facteurs pouvant jouer un rôle dans le processus de floraison et de fructification.

IX.9.1.4. Influence sur la maturité des fruits et la récolte

Pour mûrir convenablement et exprimer leur potentiel qualitatif, les fruits doivent passer par une phase ou période d'initiation, au cours de laquelle divers phénomènes se produisent, dont la synthèse et le dégagement d'éthylène.

Le stade climactérique, qui est un indice de l'évolution physiologique des fruits, peut être lui aussi, influencé par le porte-greffe.

IX.9.1.5. Influence sur la qualité des fruits

Une récolte fruitière de qualité signifie que les fruits remplissent les critères de qualité suivants : calibre, forme, coloration, fermeté, et texture de la chair, goût, arôme, résistance aux manipulations, état sanitaire et état hygiénique.

IX.9.1.6. Influence sur la résistance au climat et aux maladies et parasites

Le porte-greffe a un large éventail d'effets sur la variété greffon et conditionne en grande partie son comportement face aux conditions du climat, du sol et des agents pathogènes.

• Influence sur la résistance aux conditions du sol et du climat

La résistance et la tolérance des porte-greffes à l'asphyxie radiculaire, à la sécheresse du sol, à la chlorose calcaire, aux gelées de printemps ainsi qu'aux maladies et aux parasites du

sol, sont des qualités essentielles que les arboriculteurs recherchent. C'est pratiquement pour cette raison que l'emploi des porte-greffes clonaux, reconnus pour leurs qualités agronomiques, se généralise.

Le vent et le froid sont d'autres facteurs par ailleurs étudiés. Dans le genre Citrus, le citronnier et le cédratier Greffés sur Volkameriana Ten. et Pasq., ont des qualités de tolérance au froid intéressantes, selon Morisot et Al. (1991).

• **Influence sur la résistance aux maladies et parasites**

La résistance aux diverses maladies et ravageurs est un critère de l'amélioration des porte-greffes, mais c'est aussi un des paramètres à prendre en compte lors du choix du porte-greffe avant l'implantation du verger.

L'emploi d'un porte-greffe résistant aux phytophages et maladies rend un précieux service à l'arboriculteur car, celui-ci n'aura plus besoin de recourir aux traitements chimiques du sol qui sont onéreux et pas toujours fiables. Par ailleurs, l'obtention de nouveaux porte-greffes résistants rend possible le redéploiement des cultures fruitières là où elles étaient limitées par la présence d'agent pathogène (**Benettayeb Z., 2011**).

IX.9.2. Influences réciproques de la variété greffon et du porte-greffe sur la nutrition de l'arbre

Le fonctionnement harmonieux et l'efficacité d'un arbre fruitier greffé, dépend en bonne partie du bon choix des deux partenaires de la greffe, d'un échange nutritif et hormonal mutuel équilibré, ainsi que des possibilités offertes par le porte-greffe à satisfaire les exigences de la variété greffon. Pages (1988) considère aussi que l'objectif commun du porte-greffe et du greffon est d'assurer la très grande majorité des échanges avec le milieu extérieur. Le système foliaire assure la nutrition carbonée. Il peut selon ses besoins, accumuler et utiliser les éléments nutritifs et les substances de croissance émanant du système racinaire. D'autre part, son influence sur la différenciation nutritionnelle minérale s'exerce principalement sur les cations, notamment le potassium.

Lorsque les besoins de la variété greffon en certains éléments minéraux ne sont pas satisfaits par les du porte-greffe, des symptômes foliaires de déficit minéral plus ou moins accrus peuvent apparaître.

Le développement racinaire (croissance et ramification) subit à son tour l'influence du volume de sol et de sous-sol, des propriétés physico-chimiques du sol et des techniques

d'entretien du sol. La température a également selon Davenport (1990). Un rôle dans la croissance et l'activité racinaire.

L'influence exercée par le porte-greffe a un prolongement sur la composition minérale du fruit et sur son aptitude à la conservation. Cette corrélation est due probablement à la variation de l'absorption préférentielle (capacité d'échange radiculaire) des porte-greffes vis à vis des éléments nutritifs.

Dans un essai sur les Citrus, Castle et Krezdorn (1975) ont greffés le Tangelo 'Orlando' sur onze porte-greffe, et ont constatés une absorption différentielle de l'azote, magnésium et potassium par le porte-greffe. L'équilibre entre le porte-greffe et le greffon n'est pas uniquement nutritif, mais également d'ordre végétatif.

Les exploitants n'ignorent pas en effet que la variété greffon peut induire soit un enracinement important si elle est vigoureuse, soit un enracinement réduit si elle est de faible vigueur. Aussi, pour éviter les cas extrêmes d'arbres trop vigoureux ou d'arbre trop faible, ils combinent les associations en greffant une variété vigoureuse sur un porte-greffe faible et réciproquement (**Benettayeb Z., 2011**).

Partie Expérimentale

I-Matériel et méthodes

I.1-Objectif de l'essai

Cet essai est réalisé dans le cadre des essais menés sur la recherche de nouveaux porte-greffes pouvant remplacer avantageusement le bigaradier. C'est pour cet objectif, on va constater et comparer l'influence de deux variantes (variété porte-greffe, variété greffon) sur le résultat de greffage.

Cette étude porte particulièrement sur ces critères :

1. L'influence du porte-greffe sur la reprise au greffage.
2. Le développement des plants greffés au stade pépinière.
3. Suivi de l'évolution de la caulogénèse après greffage d'hiver.

I.2-Lieu de l'expérimentation

Les essais ont été mis en place à la pépinière d'El-Nakhla.



Figure 19 : Pépinière EL-NAKHLA Ain Defla

PEPINIERE EL NAKHLA, une société algérienne située à Ain Defla. Elle est spécialisée dans la production et la vente de plants maraîchers et fruitiers. Créée en 2012 est devenue leader de la filière production des plants francs et greffés. **MACHTALAT EL NAKHLA** dispose d'une équipe hautement qualifiée constituée d'ingénieurs et de techniciens maîtrisant les nouvelles technologies de la production des plants. (**Dépliant pépinière EL-Nakhla**)

I.3-Les service de la pépinière

1. Garantir la présence du produit au moment voulu (sur commande)
2. Maîtrise de technique de greffage
3. Production de plants par rapport aux conditions agro-climatiques de l'agrumiculteur et destination de la production.

I.4-Critères de choix de la qualité du porte-greffe :

1. Plant non greffé
2. Racines torsionnées (enroulées, courbées) ou nues
3. Tige (port) longue, droit et bien dressée (éviter celles mal formés)
4. Diamètre : d'un stylo (0.7 à 1.2 cm) au minimum

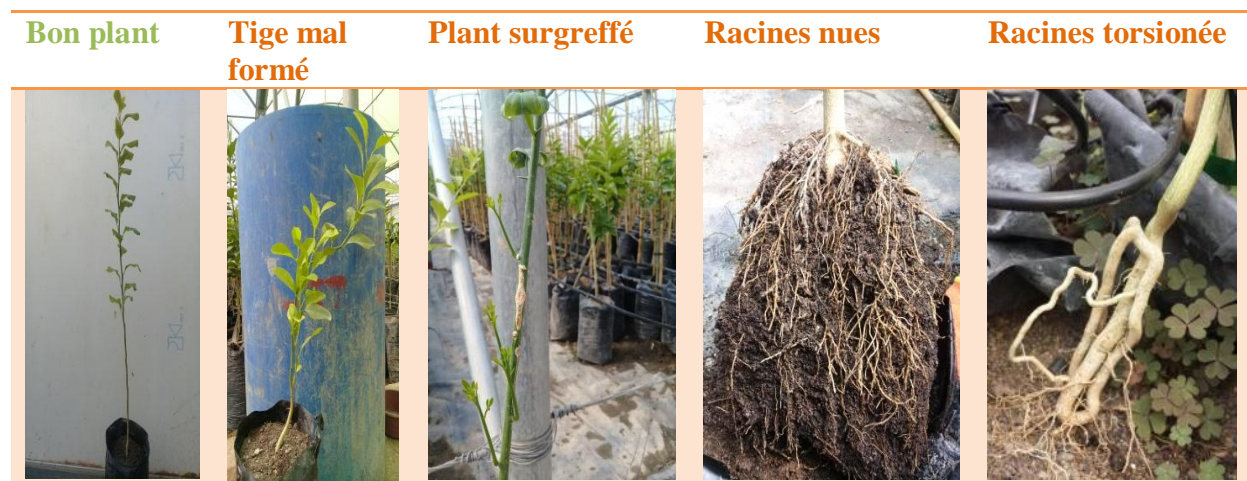


Figure 20: Différence qualité de porte greffe

II-Matériel végétal

II.1-Caractéristiques des porte-greffes étudiés

II.1.2. Comparaison entre les porte-greffes étudiés

- Normes phytotechniques (âge de greffage)

Tableau 7 : Comparaison entre les normes phytotechniques avec porte-greffes étudiés

Paramètres	Citrus volkameriana	Citrangle carrizo	Normes
Age (à partir de l date de semis) (mois)	10	12	6 à 12
Hauteur moyenne des plants (cm)	45	57	≥30
Diamètre moyen au collet cm	7	6	3 à 7
Observation	PG greffable	P G greffable	P G greffable

- Exigences de milieu

Tableau 8 : Exigences de portes greffes étudiés aux conditions pédoclimatiques

	Citrus volkameriana	Citrangle carrizo
Zone humide	Moyennement adapté	Adapté
Zone sèche	Bien adapté	Moyennement adapté
Froid	Moyennement adapté	Adapté
Sol acide	Moyennement adapté	Adapté
Sol calcaire	Bien adapté	Moyennement adapté
Salinité	Bien adapté	Moyennement adapté

- Performances agronomiques sur le greffon (variété)

Tableau 9 : Performances agronomiques sur le greffon (variété)

Critères	Citrus volkameriana	Citrangle carrizo	
Arbres (morphologie)	Vigueur	Très vigoureux	Moyennement vigoureux
	Rapidité de mise à fruit	Précoce	Précoce
	Rendement	Elevé	Moyen
Fruit	Augmentation du calibre	Elevé	Moyen
	Aspect de la peau (granuleux à lisse)	Moyen	Bonne
	Epaisseur de la peau (épaisseur à fine)	Epaisse	moyenne
	Intensité de la coloration externe	Moyennement colorée	Moyennement colorée
	Taux de jus	Moyenne	Elevée
	Taux de sucre	Faible	Elevée
	Taux de l'acidité	Faible	Elevée
	Equilibre sucre-acide	Moyenne	Moyenne

➤ **Sensibilité aux maladies**

Tableau10 : Sensibilité et tolérance aux principales maladies

	Citrus volkameriana	Citrangle carrizo
Tristeza	Tolérant	Tolérant
Exocotis	Tolérant	Sensible
Cachexie	Moyennement sensible	Tolérant
Cristacortis	Tolérant	Tolérant
Psoros	Tolérant	Tolérant
Gombose	Tolérant	Moyennement sensible
Blight	Sensible	sensible
Nématode	Sensible	Tolérant

➤ **Comportement en pépinière**

Tableau 11 : Comportement de porte-greffe en pépinière (Jacquemont C. et al, 2013)

	Citrus Volkameriana	Citrangle carrizo
Résistance à la fente des semis	Bonne	Bonne
Vigueur du plant	Très bonne	Bonne
Greffage (reussite)	Très bonne	Très bonne
Reprise au greffage	Très bonne	Bonne

➤ **Caractères morphologiques**

Tableau 12 : Morphologie des porte-greffes utilisés

Porte greffe	Citrus volkameriana	Citrange carrizo
Racines	Profondes, dense	Pivotante, dense
Feuilles	Persistante	Persistante
Tige	Long	Long
Limbe	Ellipsoïde	Trifoliées



Figure 21 : Tige de Volkameriana



Figure22 : Tige de Citrange carrizo



Figure 23 : Feuille de Citrus Volkameriana



Figure 24 : Feuille de Citrange Carrizo

➤ **Caractéristiques de variété étudiées**

Tableau 13 : caractéristiques agronomiques de variétés étudiées (**Fiche technique pépinière GARDEN**)

Variété		Washington navel	Clémentine orograndé
Zone de production		Etats-Unis, Espagne	Algérie, Espagne
Arbre	Vigueur	bonne	Bonne
	Fronaison	Très bonne	Très bonne
Fruit	Productivité	Bonne	Bonne
	Entrée en production	Précoce	Saison
	Calibre	Moyen	Elevé
	Teneur en jus	Très bonne	Bonne
	Saveur (sucre acidité)	Bonne	Elevé
	Poids moyen	150 à 200 g	80 à 100 g
Sensibilité		Cératite	Gombose
Compatibilité et affinité	C.Volkameriana	Bonne	Bonne
	C.carrizo	Très Bonne	Bonne

III-Protocole expérimental

III.1-Presentation de l'essai

Deux espèces de porte-greffe :

- Citrus Volkameriana de hauteur de 45 cm.
- Cintrange Carrizo de hauteur de 48 cm.

Deux variétés de greffon :

- Washington navel (Oranger)
- Orograndé (Clémentine)

Issues prélevés de plants du carré pieds-mères. L'opération de greffage a été réalisée par de greffeurs spécialisés avec 04 répétitions pour chaque association. Les plants greffés sont élevés dans un seul milieu « multi-chapelle semi-automatique » avec condition de culture favorable, en particulier la température et l'humidité.



Figure 25 : plants d'essai de notre étude (avant le greffage).

III.2-Préparation des plants avant greffage

- **Pincement avant greffage** : afin d'éliminer la dominance apicale de la sève pour former le port du plant.
- **Ebourgeonnage** des porte-greffes fait d'une manière continue durant la préparation du porte-greffe dans la serre d'élevage pour favoriser la croissance de la tige en diamètre et avoir un futur tronc régulier.
- Des arrosages réguliers et des désherbages suivis de binages sont effectués régulièrement.
- **La fertilisation** : Les engrais peuvent être ajoutés à la plante dès le repiquage, afin de favoriser la croissance des racines et de tige, jusqu'à une semaine avant l'opération en préférence.
- **Etiquetage** : chaque plant porte une étiquette présentant les informations élémentaires

III.3-Le greffage

- **Prélèvement des greffons :** Les greffons sont prélevés la veille du greffage La baguette de greffons est un rameau d'extrémité de l'année, bien vigoureuse, contient des nœuds bien apparus, et ne présentant aucune trace suspecte de maladie. Le greffon est sélectionné sur un arbre dont variété (nom) est connue.
- **La date de greffage :** L'opération de greffage a été effectuée le 7 décembre 2018
- **Mode de greffage:** En écusson
- **Les étapes de greffage :**



**1-Effeuilage des
baguettes de
greffon**

2-Enlèvement l'écusson

3- Ouverture de P.G



4-Emplacement d'écusson



5- Ligature de greffe

Figure 26 : les étapes de greffage



Figure 27 : Plants d'essai greffé

III.4-Entretien des plants après greffage

- **La ligature** : est réalisé avec un parafilm.
- **Irrigation** : dans la semaine suivant la greffe, on veillera à ne pas trop arroser les plants pour éviter de "noyer" le greffon sous un trop plein de sève.
- **Ebourgeonnage** : pour favoriser la callogénèse pour cela il est nécessaire de procéder à la suppression des pousses nouvelles issues des bourgeons de porte greffe situé au-dessous de point de greffage pour laisser un seul tire sève à l'apex de la tige.
- Suppression des pousses surnuméraires au fur et à mesure de leur apparition à l'aisselle des pousses principales et qui représentent une concurrence potentielle pour celles-ci.
- **Pincement après greffage** : On pince la tige de porte-greffe deux fois : pour diriger la sève vers l'œil de greffage dans le but d'éclatement de son bourgeon le plus tôt possible.
 - **Premier pincement** : à 10 cm au-dessus du point de greffe, lorsque la callogénèse s'effectue (environ une semaine).
 - **Deuxième pincement** après le débourrement du bourgeon (caulogénèse), juste au-dessus du point de greffage.
- **Masticage** : on couvre bien la coupe de pincement sur la tige par une matière isolante noire appelée « flincotte » pour éviter le dessèchement et toutes infections fongiques lors d'une forte humidité ou stagnation de l'eau dessus.

- **L'écimage** : on supprime les nouvelles pousses du greffon en laissant la plus développée.
- **Tuteurage** : on attache la nouvelle pousse qu'on veut développer avec un tuteur droit (de roseau) pour protéger la pousse sensible contre la cassure par le vent, touches de déplacement, ou autres imprévues.
- **Fertilisation** : dès le débourrement, on procède à des apports d'engrais à base de NPK, l'azote beaucoup plus, pour favoriser la végétation.
- **Traitement phytosanitaire** : plusieurs traitements mixtes ont été utilisés contre la mineuse des agrumes et les pucerons, ainsi que contre les mollusques qui risquent de provoquer des dégâts importants sur les jeunes pousses.



Figure 28 : plant d'essai après le développement de pousses

IV-Résultats et discussion

IV.1-Résultats

IV.1.1-Les paramètres mesurés

Tableau 14 : Les paramètres mesurés

Paramètres	Durée de reprise	Taux de reprise	Longueur de pousse principale	Nombre de feuilles dans la pousse principale	Nombre de pousses principales
Unité	Jour	%	cm	feuille	Pousse

IV.1.2- Les paramètres considérés sur le taux de réussite

- Duré de reprise
- Taux de reprise
- Développement de la pousse principale (longueur)

IV.1.3- La hauteur de point de greffe

La hauteur de point de greffage : 35 cm par rapport au niveau du substrat du sol (suivent la zone de point de greffage et sa régularité, et la distance entre les nœuds), donc, la hauteur réelle doit variée entre 25 et 40 cm).

IV.1.4- Température et humidité moyenne

Les mesures de la température et d'humidité se font chaque jour à l'aide d'un appareil double fonctions.

Tableau 15 : Moyennes de Température et Humidité

	Max	Min
Température (°C)	42	16
Humidité (%)	82	28

IV.1.5- Nombre de feuilles dans la pousse principale

Tableau 16 : Nombre de feuilles dans la pousse principale

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Clémentine Orograndé
Citrus Volkameriana	20.66	16.75
Citrange Carrizo	18	16.25

IV.1.6- Nombre de pousses principales

Toutes ces mesures (de pousse principales) ont été faites le 13 mai 2019, soit 157 jours après le greffage, pour l'ensemble de plants.

Tableau 17 : Nombre de pousses principales

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Clémentine Orograndé
--------------	-------------------------	----------------------

Citrus Volkameriana	1.7	2
Citronge Carrizo	2.5	1

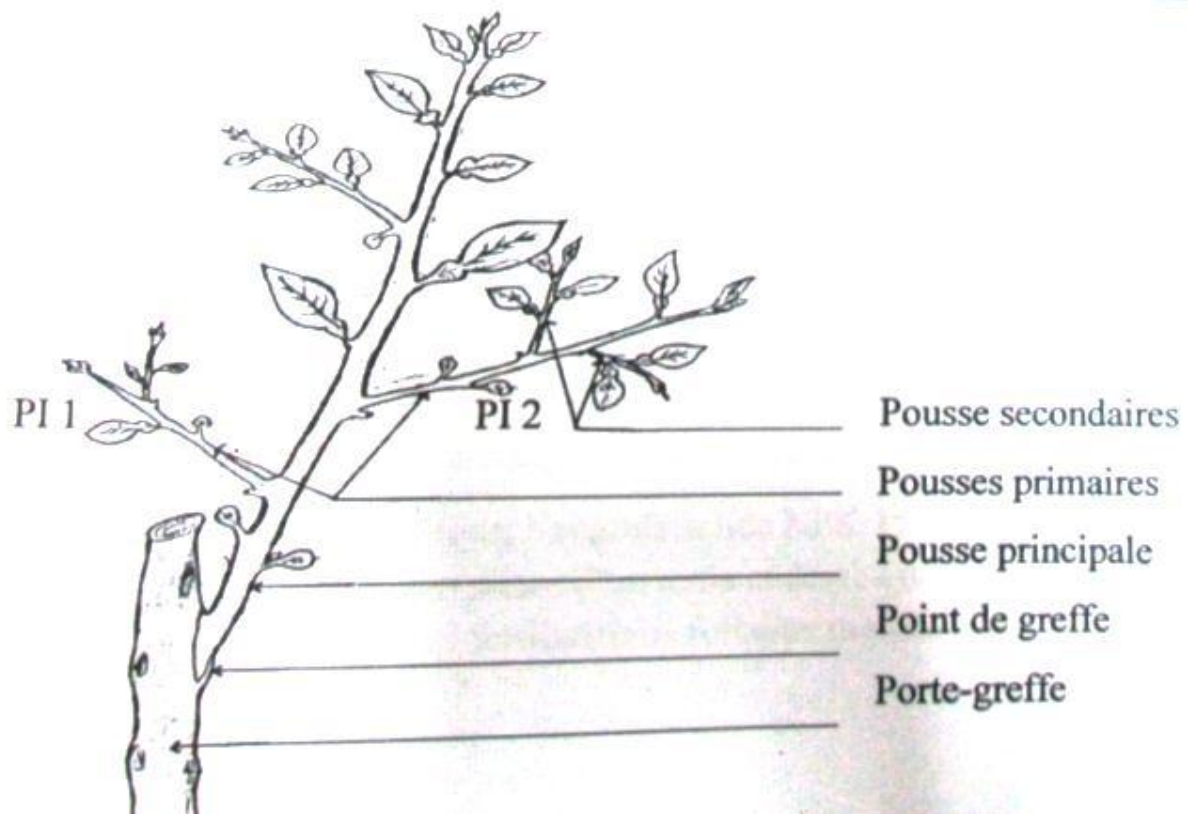


Figure 29 : Représentation schématique d'un plant greffé (Gacem H., 2007)



Figure 30: L'évolution de la croissance : pousse principale



Figure 31 : Floraison au lieu de la naissance de pousse principale (exceptionnelle)

IV.1.7- Durée de reprise au greffage

Tableau18 : Durée de reprise au greffage (jour)

Porte greffe	Orange Washington	Clémentine orograndé
Citrus volkamariana	17	20
Citrangle carrizo	17	18

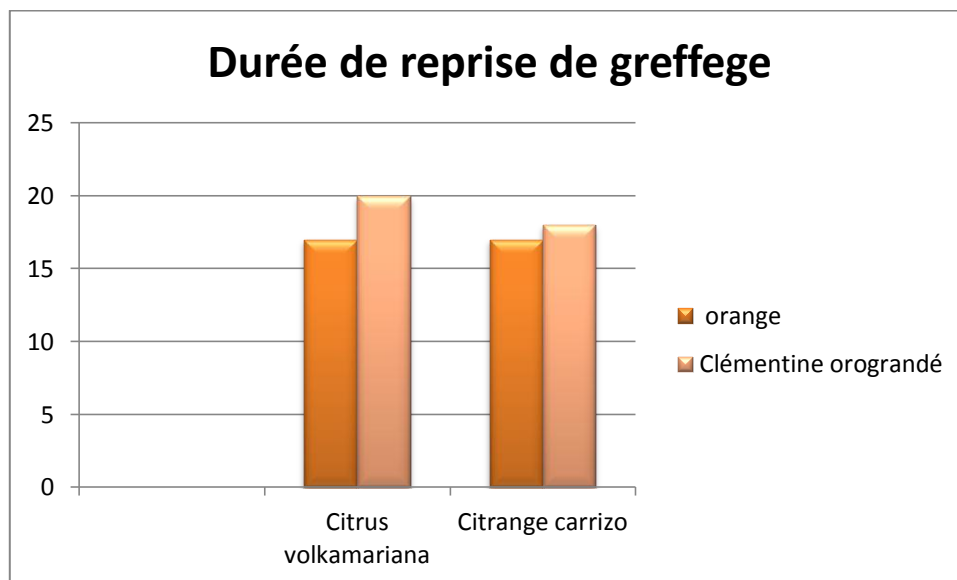


Figure 32 : La durée de reprise au greffage

IV.1.8- La reprise au greffage

Le suivi de la caulogénèse a permis de déterminer le taux de reprise au greffage qui est calculé à partir de nombre de plants repris à chaque date d’observation rapporté au nombre total de plants puis multiplié par cent. Les observations sont effectuées tous les jours.

Le taux de réussite final est déterminé à la fin des observations, soit le 13 mai 2019 (157 jours après le greffage). Il traduit le nombre réel de plants aptes à être transplanter en verger de production.

IV. 1.8.1-Le taux de reprise au greffage

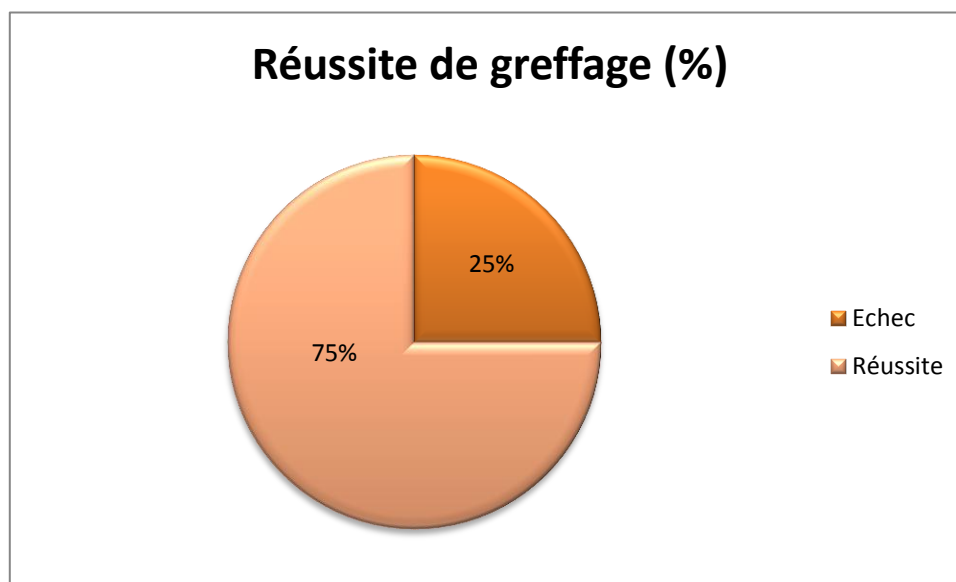


Figure 33 : Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés

- Le pourcentage d'échec obtenu est dû essentiellement aux conditions climatiques défavorables. (Les maladies fongiques et le dessèchement)

Tableau 19 : Pourcentage de reprise au greffage (développement de la nouvelle pousse)

Porte-greffe	Orange Washington	Clémentine Orograndé
Citrus volkameriana	75 %	100%
Citrangle carrizo	100%	25%

IV.1.8.2-Les étapes de reprise de greffage



1. 07/12/2018

2. Ouverture et enlèvement de ligature avec une lame (12/01/2019)

4. la nouvelle pousse

Figure 34 : les étapes de reprise au greffage

IV.1.8.3-Les causes d'échec de greffage



1. Echec de dessèchement

2. Echec par pourriture

Figure 35 : Causes d'échecs de greffage observées

IV.2-Longueur moyenne de la pousse principale

La pousse la plus développée est considérée comme la principale qui est concernée par les mesures de longueur et nombre de feuilles.

Tableau 20 : Longueur moyenne de la pousse principale

Porte greffe	Orange Whashington navel	Clémentine Orograndé
Citrus Volkameriana (cm)	19.6	20
Citrangle Carrizo (cm)	18	16

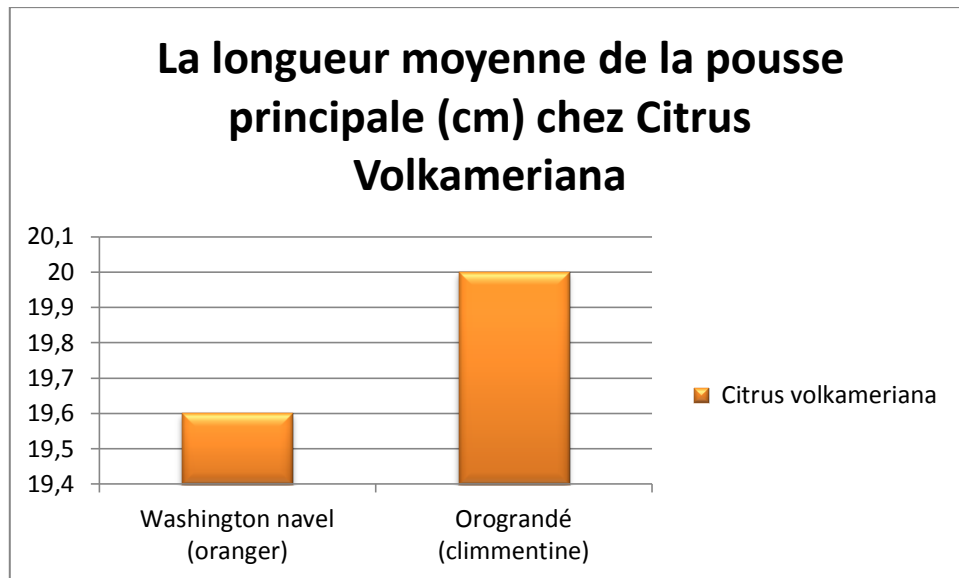


Figure 36 : longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrus Volkameriana

- Le développement de la variété orograndé (clémentine) est plus rapide sur le volkameriana.

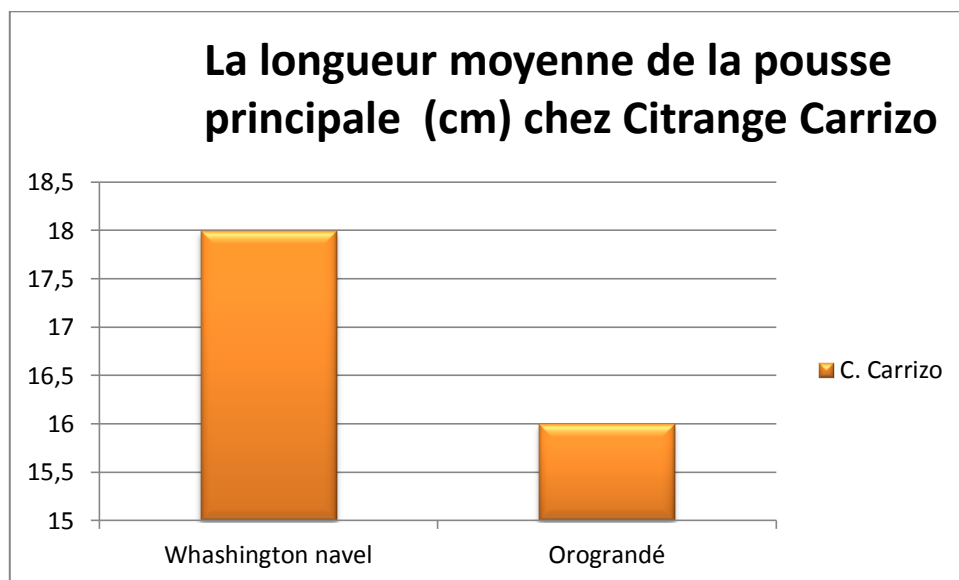


Figure 37 : longueur moyenne de la pousse principale chez Citrange Carrizo.

- La variété washington navel a une longueur plus grande par contre la variété orograndé se rapproche.

IV.2-Etude et interprétation statistique

Une étude statistique a été effectuée par la comparaison de variantes suivantes (Test de student)

- Durée de reprise de greffage
- Longueur de pousse obtenue

La comparaison se fait dans un multi-chapelle semi-automatique

1 comparaison entre les 2 porte greffe

2 Comparaison entre les 2 variétés de greffon

Tableau 21 : Etude statistiques de résultat

Comparaison entre les P.G			
Paramètres		P.G	T de Student
DR	V	Z	Non significative
LPP	V	Z	Significative

Comparaison entre		les variétés		
P.G	Paramètres	Variétés		T de Student
Citrus Volkameriana	DR	W	O	significative
Citrus Volkameriana	LPP	W	O	Non significative
Citrange Carrizo	DR	W	O	Non significative
Citrange Carrizo	LPP	W	O	Non significative

Interpretation

Toutes les variétés greffées sur le citrus volkameriana présentent des durées de reprises et de longueurs de pousses principales très proches (la comparaison des moyennes et des variances est non significatives)

La durée de reprise chez la variété washington navel et clémentine orograndé se trouve significative.

IV.3-Discussion

Notre travail sur la comparaison de comportement en pépinière de deux espèces d'agrumes, l'Orange washington navels, Clémentine orograndé Avec deux porte-greffes différents Citrus volkameriana et Citrange Carrizo. Nous a permis de considérer deux

variantes essentielles en particulier : la durée de reprise et la longueur moyenne de la pousse principale obtenue après 157 jours après la date de greffage.

- Pour la durée de reprise au greffage, on constate que le porte-greffe Citrus Volkameriana et le Citrange Carrizo ont une différence de durée de reprise courte avec un écart de 3 jours.
- Une explication d'hypothèse du taux d'échecs de reprise faible peut s'expliquer par l'instabilité des conditions du milieu (température et excès d'humidité)
- Lorsqu'on compare la durée de reprise entre les deux variétés on peut les classer dans cet ordre : Orange Washington navel puis Clémentine Orograndé.
- La reprise au greffage est différente entre les porte-greffes, ce qui confirme que cette reprise dépend beaucoup plus de la variété de PG que la variété de greffon.
- Le taux de reprise le plus élevé est remarqué chez le Citrus Volkameriana greffé avec la variété clémentine Orograndé et Citrange carrizo greffé avec la variété d'oranger washington navel avec un taux de 100%.
- Le développement de la pousse principale dépend en premier lieu de conditions du milieu puis le PG et la variété joue plus ou moins un rôle.
- La variété la plus compatible avec les 2 porte greffe c'est Washington navel car elle réussit à 100% avec le Citrange Carrizo et 75% avec Citrus Volkameriana.
- La variété PG Citrange Carrizo a une meilleure affinité comptabilité avec Oranger Washington navel. **(Jacquemond C.et al, 2013)**
- La variété PG citrus Volkameriana a une meilleure affinité comptabilité avec Clémentine Orograndé **(Jacquemond C.et al, 2013)**

Conclusion

Conclusion

Rappelant que notre objectif de travail est l'étude de l'influence de deux espèces de porte-greffes « Citrus Volkameriana et Citrange Carrizo » sur la reprise de greffage de deux variétés d'agrumes, l'Orange Washington Navel, et Clémentine Orograndé et on fait la comparaison entre eux.

Les différentes observations nous ont permis de mettre en évidence les interactions entre les porte-greffes et les espèces greffées. Les résultats suivants ont été obtenus :

- La serre multi-chapelle a un rôle important d'assurer des conditions de milieu favorable tel que la température et l'humidité, lorsque on 'a choisi la période de greffage en hiver.
- La meilleure association de point de vue durée de reprise au greffage et l'état de développement est élevée est Citrus Volkameriana X Clémentine Orograandé, c'est la combinaison entre le PG le plus vigoureux et la variété la plus vigoureuse.

La compatibilité est l'un des critères très importants dans de choix du porte-greffes. Dans plusieurs cas, les problèmes d'incompatibilité n'apparaissent que bien plus tard en verger, c'est la raison pour laquelle une attention particulière doit être accordée à ce paramètre. Le recours au greffage est motivé par les divers avantages qu'il offre. La réussite de son exécution est toutefois tributaire du savoir-faire du greffeur ainsi que d'un certain nombre de conditions qui constituent en fait les règles du greffage. La diversité de l'emploi de porte-greffe différent avec des variétés de greffon est un domaine très important qui permis d'offrir aux agrumiculteurs un éventail de choix de plants greffés soudés certifiés qui répondre aux besoins des conditions agro-climatiques de notre pays.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

AUBERT M. et VULLIN G., 1997- Pépinière et plantation d'agrumes. Ed. CIRAD, Paris, 184p.

B

Bâches. B ,2012 Anonyme, (2007). cité par Ghazzaz .R et Toumi.H –étude de comportement de variété Washington navel, 22 p 'Thèse' 2007-2008

Barrett H.C. and Rhodes A.M., 1976. A numerical taxonomic study of the affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives. Systematic Botany. 1: 105–136.

BENETTAYEB Z., 2011- Performance du greffage des arbres fruitiers Ed. ONPU, Algérie.

Bouthiba A., 2014. Journées méditerranéennes sur l'agrumiculture. Situation actuelle et perspectives. Université Hassiba Benbouali, chlef pp. 9-1.

Boulfekhar- Ramdani, 1998.

C

CHAMPAGNAT, 1980- La greffe végétale dans la multiplication végétatives des plantes supérieures de CHAUSSAT R., et BIGOTC. Ed. GOUTIER-VILLARS, Paris, 510p.

Cavalcante et devendra. K.choudhary., 2000. plant-microbe interaction :An approach to sustainable agriculture.amity institute of microbial technology.university uttar Pradesh Noida.india

CHENTLY C. et CHERGUI F., 1996- Etude de greffage sur table de trois variétés de pommier. Th. Ing. INA. El Harrach, 82p.

Colombo A., 2004. La culture des agrumes Ed. DE VECCHI S.A., paris, 142 p .

CNCC Sidi Bel Abbès, 2014- Techniques de production des plants d'agrumes.

D

DAVIES F. S. et ALBRIGO L. G., 1990- Citrus crop production science in horticulture 2. Ed. CAG international, Wallin Ford. USA, 254p.

Dépliant pépinière EL- Nakhla.

F

FAO., 2013. FAOSTAT <http://faostat3.fao.org/home/E>.

FAO., 2016. FAOSTAT <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>.

Ferhat M.A., Meklati B.Y. et Chemat F., 2010 – Citrus d'Algérie : les huiles essentielles et leurs procédés d'extraction .ED. OPU, n°5130. Alger. 157 p.

Fiche technique pépinière GARDEN

Froelicher et. Khan,L,A,et Kender,WJ., 2000.citrus Genetic, breeding and biotechnology.CABI head office nosworthy.oxford UK

G

GACEM H., 2007-Etude du greffage de quatre espèces d'agrumes (citronnier, oranger, clémentinier et pomelo) sur trois porte-greffes (Citrumelo 4475, Citrumelo 1452 et Mandarinier Cléopâtre) Th. Ing. INA. El Harrach.

H

Herrero R., Asins M.J., Pina J.A., Carbonell E.A. and Navarro L., 1996b. Genetic diversity in the orange subfamily Aurantioideae. II. Genetic relationships among genera and species. Theoretical and Applied Genetics. 93: 1327-1334.

I

Imbert E, 2005. Les agrumes de méditerranée. Un sur deux! Fruitrop 122:4-6.

Imbert E, 2007. Panorama statistique petits agrumes. Fruitrop. 150:28-29.

Imbert E, 2008. Agrumes. Fruitrop 161:5-36.

ITAFV La culture des agrumes : Guide aux agriculteurs

I.T.A.F, 2002 Relevés climatologiques. Manuscrit I.T.A.F., Boufarik, 18 p.

(ITAFV, 2014).

J

JACQUEMOND C., AGOSTINI D. et CUR K., 2009 - Des agrumes pour l'Algérie, Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie, p 4.

Jacquemond, C., Curk, F. and Heuzet, M. 2013.Les clémentiniers et autres petits agrumes

Quae., Versailles: Quae. phytogénétiques, Rome, Italie

K

Khefifi, H. S, 2015. Etudes physiologiques et genetiques de caracteres morpho physicochimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à l'abscission. montpellier. france. pp18-31.

L

Ladanyia, 2008. Division of Fruits and Horticultural Technology, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 110 012 India.

Luro F., Gatto J., Costantino G., et al. (2011), Analysis of genetic diversity in Citrus. *Plant Genetic Resources*, **9**, 02, pp. 218-221.

LOUSSERT R., 1989 Les agrumes tome 1. Arboriculture. Ed. LAVOISIER, Beyrouth, 113p.

M

Mabberley.D.J, 1997. The Plant-Book: A Portable Dictionary of the Vascular Plants. réimprimée, révisée. Cambridge University Press. pp858.

M.D.R.P. 2013 L'agriculture dans l'économie nationale, Ed. Ministère de l'agriculture, 48P.

Melkhir 2005 vulgarisation agricole et pratique des agrumiculteurs de la mitidja .Thèse de magister : développement rural. Institut national agronomique, Alger, 133p.

MEZIANE S.1987- Les porte-greffes des agrumes. Premier séminaire sur les agrumes à Chlef du 02 à 04 mars, pp 143-151.

N

Nicolosi E., Deng Z.N., Gentile A., La Malfa S., Continella G. and Tribulato E. 2000. Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theor. Appl. Genet.* 100: 1155-1166.

O

Ollitrault P., Jacquemond C., Dubois C., Luro F., 1999. Citrus. In: *Genetic diversity of cultivated tropical plants*. Edited by Hamon P., Seguin M., Perrier X., Glaszmann J.C. Enfield, Science Publishers. Montpellier, pp. 89-111

R

REYNIER A., 2001- Manuel de viticulture, 8^{ème} édition. Ed. J.B. BAILLIERE et fils. Paris pp 115-116. .

Richard D., 2004. Orange et Citron. FA.Devecchi S.A.MONTIMARTRE ,Paris,pp20-31.

Rocha-Pena.M et Richard.F et Niblett.S.L et Francisco M., 1995.Citrus Tristeza Virus and Its Aphid Vector Toxoptera citmicida.university of florida,citrus research and Education center. 79(5):437-444

S

Salunkhe et Kadam, 1995 ; Spiegel-Roy et Goldschmidt, 1996. Biology of citrus / Pinhas Schimmenti et al., 2013 la culture des agrumes(2013).

Schippers C., Mounguengue J-F., Bracke C., 2004 techniques de production de plantes d'arbres fruitiers dans les pépinières villageoises en zone tropicale humide, le greffage des agrumes. Faculté universitaire des sciences agronomiques de gembloux, 14p.

Spiegel-Roy, Eliezer E. Goldschmidt., Spiegel-Roy, Pinchas. Cambridge; 1996. New York Cambridge University Press.

T

Tanaka T., 1961. Citrologia: semi centennialcommemoration paters on citrus studies. Osaka Japan.

U

USDA, National Agrcultural Statistics Service, 2016. In: <https://www.nass.usda.gov/>.

W

Webber H.J., 1967. History and development of the citrus industry. In: The citrus industry. 1. Reuther W. *et al.* (eds.), Berkeley, Etats-Unis, University of California Press, pp. 1)

Liens internet consultés

www.jardiniersprofessionnels.com.