

Université Abdelhamid Ibn
Badis –Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÈMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

HARAOUI Warda

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité: AMELIORATION DES PRODUCTIONS VEGETALES

THÈME

Etude de la callogénèse et de la caulogénèse de l'association porte greffe citrus vulkamarina sur quatre variétés de greffons d'agrumes (Clémentine Orograndé, Clémentine Nules, Orange Washington Navel et Citron Eureka)

Soutenue publiquement le /07/ 2021

DEVENT LE JURY

Président	Mr .GHOULAMALLAH Amin	M .C.A U. Mostaganem
Encadreur	Mr. TADJA Abdelkader	M.C.A U. Mostaganem
Examineur	Mr. LARBI Abderrezak	M.A.U. Mostaganem

Thème réalisé dans la pépinière EL-Nakhla –Ain Defla

Remerciements

Avant tout, Je remercie Dieu qui m'a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

Mes sincères remerciements et mes respects vont à mon encadreur Mr .TADJA Abdelkader pour me faire l'honneur d'accepter d'encadré ce travail, pour son aide, sa patience, ces conseils, qu'il a donnés à ce travail.

Je n'oublie pas d'associer à mes remerciements tous l'équipe de la pépinière EL NAKHLA à Ain Defla.

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

Je tiens également à remercier tous mes amies, en particulier : Salma, Fatima, Asmaa, Faouzia, Amina. Pour leurs soutiens et leurs aides à mon égard

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents mes sœurs, mon frère et Ma belle-sœur. Je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Warda

Dédicace

Je dédie mon travail à :

Mes parents

« Ma cher mère et mon adorable père »

Pour leurs soutiens inconditionnels

*Grace lequef, j'ai eu la chance de réaliser mes études, chacun de
leur manière*

Mes chères sœurs et mon frère

Ma belle-sœur

A tous mes amis de près ou de loin surtout :

Fatima, Asmaa, Salma, Amina.

A tous mes amis de -APV -

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

*Enfin, à tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à ce
travail.*

Warda

SOMMAIRE

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste Des Figures	
Liste Des Tableaux	
Liste Des Abréviations	
Introduction	01
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
1 Historique	03
2 Origine et diffusion	04
3 L'aire agrumicole	04
4 L'importance économique des agrumes	05
4.1 Dans le monde	05
4.1.1 Les zones géographiques majeures de production d'agrumes	06
4.2 En Méditerranée	06
4.3 En Algérie	07
4.3.1 La composition variétale	08
4.3.2 Les zones de production	09
5 Caractéristiques générales	09
5.1 La classification botanique des agrumes	09
5.2 Présentation botanique	10
5.2.1 La partie souterraine	10
5.2.2 La partie aérienne	10
5.3 Les climats	12
5.3.1 La température	12
5.3.2 La pluviométrie	12
5.3.3 L'humidité	12
5.3.4 Le vent	12
5.4 Les sols	12
6 Amélioration variétale des agrumes	13
6.1 Diversité phénotypique chez les agrumes	13
6.2 Ploïdie et cytogénétique des agrumes	14
6.3 Système de reproduction chez les agrumes	14
6.4 Amélioration des porte-greffes	15

SOMMAIRE

7 Organisation de la diversité génétique et phénotypique	15
7.1 Diversification interspécifique	15
7.2 Diversification intraspécifique	17
7.3 L'exploitation de la diversité par l'homme: créer de la variabilité	18
8 La création et la sélection de variétés chez les agrumes	20
9 Création d'un Verger d'Agrumes	22
9.1 Choix du Matériel Végétal	22
9.1.1 Le porte- greffe « agrume »	22
9.1.2 Choix de la Variété	24
9.2 Choix du Site de Plantation	24
9.3 Aménagement du site pour une Nouvelle Plantation »Agrumes »	24
9.3.1 Travaux préliminaires	24
9.3.2 Installation des brises vents	24
9.3.3 Préparation du Sol	25
9.3.4 Préparation d'une Plantation par Trou Isolé	25
9.4 Mise en Place de la Culture	25
9.4.1 Densité de Plantation	25
9.4.1.1 La plantation proprement dite	26
9.4.1.2 La Plantation sur Butte	26
10 La plantation	26
11 L'irrigation	27
12 Fertilisation	27
13 La taille	28
14 La cueillette et la conservation des fruits	29
15 Parasites et maladies des agrumes -traitements bio	29
15.1 Les principaux parasites des agrumes et les traitements biologiques	30
15.2 Les principales maladies cryptogamiques et à virus des agrumes	32
16 Rendement et récolte	33
17 Espaces et Variétés d'agrumes	33
17.1 Les objectifs d'amélioration des cultivars	37
17.2 Les critères de choix de variété	37
17.3 Les variétés cultivées d'agrumes	38
18 Les porte-greffes d'agrumes	44
18.1 Les critères d'amélioration des porte-greffes	44

SOMMAIRE

18.2 Critères de choix d'un porte-greffe	44
18.3 Les principaux porte-greffes d'agrumes	46
18.4 Les porte-greffes conventionnels utilisés en Algérie	50
19 La Multiplication des agrumes	51
19.1 Multiplication par semis	51
19.2 Multiplication végétative	51
19.2.1 Le bouturage	51
19.2.2 Le marcottage	52
19.2.3 Le greffage	52
20.Cycle de développement des agrumes	52
20.1 Croissance végétative	52
20.2 Développement floral	53
20.3 Développement des fruits	54
21 Greffage des agrumes	54
21.1 Pour quoi greffer?	54
21.2 Les avantages du greffage	54
21.3 Les techniques de greffage utilisées chez les agrumes	55
21.3.1 La greffe en écusson	55
21.3.2 La greffe en placage d'un œil en copeau 'chip budding'	57
21.3.3 La greffe en fente simple (ou en fente herbacée)	58
21.3.4 La greffe en couronne perfectionnée dite 'Du Breuil'	59
21.4 Matériel de greffage	60
21.5 Les conditions de réussite de greffage	60
21.6 Mécanisme de soudure ou Callogenèse	62
21.6.1 Explication physiologique de l'opération de greffe	63
21.6.2 L'affinité entre le greffon et le porte-greffe	65
21.7 Les incompatibilités au greffage	66
21.8 Les interactions entre le porte-greffe et la variété greffon	68
21.8.1 Influence intrinsèque du porte-greffe et la variété greffon	68
21.8.2 Influence sur la vigueur	68
21.8.3 Influence sur l'entrée en fructification et la longévité	69
21.8.4 Influence sur la floribondité et productivité	69
21.8.5 Influence sur la maturité des fruits et la récolte	70
21.8.6 Influence sur la qualité des fruits	70

SOMMAIRE

21.8.7 Influence sur la résistance au climat et aux maladies et parasites	70
21.8.8 Influences réciproques de la variété greffon et du porte-greffe sur la nutrition de l'arbre	71
21.9 Le surgreffage	72
PARTIE EXPERIMENTALE	
1 Matériel et méthodes	73
1.1 Objectif de l'essai	73
1.2 Présentation de Lieu de l'expérimentation	73
1.3 Les services de la pépinière	74
1.4 Matériel Végétal	75
1.4.1 Caractéristiques de porte-greffe étudié (citrus volkameriana)	75
1.4.1.1 Critères de choix de la qualité du P.G	75
1.4.1.2 Normes phytotechniques (âge de greffage)	75
1.4.1.3 La fiche technique de Porte-greffe d'agrumes (citrus volkameraina)	76
1.4.1.4 Caractères morphologiques	77
1.4.2 Caractéristiques des variétés étudiées	77
2 Protocole expérimentale	79
2.1 Présentation de l'essai	79
2.2 Préparation des plants avant greffage	81
2.3 Le greffage	81
2.4 Les étapes de greffage	83
2.5 Entretien des plants après greffage	84
3 Résultats et Discussion	85
3.1 Résultats	85
3.1.1 Les paramètres mesurés	85
3.1.2 Les paramètres considérés sur le taux de réussite	85
3.1.3 La hauteur de point de greffe	85
3.1.4 Température et humidité moyenne	86
3.1.5 Nombre de feuilles dans la pousse principale	86
3.1.6 Nombre des pousses principales	86
3.1.7 Durée de reprise au greffage	88
3.1.8 La reprise après greffage	88
3.1.8.1 Le taux de reprise au greffage	89
3.1.8.2 Les causes d'échec de greffage	90

SOMMAIRE

3.1.8.3 Les étapes de reprise au greffage	90
3.1.9 Longueur moyenne de la pousse principale	91
3.2 Etude et interprétation statistique	92
3.3. Discussion	94
Conclusion	95
Références bibliographiques	

الحمضيات ذات أهمية حيوية لعدد كبير من البلدان بسبب أهميتها الاقتصادية، وينطبق الشيء نفسه على الجزائر. التطعيم هو عملية تهدف إلى الجمع بين الخصائص المفيدة لنباتين مختلفين في نبات واحد، وقد تطورت معايير اختيار نبات الحمضيات من خلال توسيع نطاق الأصناف والأنواع المتاحة لتكون بمثابة مجموعة متنوعة من نوعية الطعم. تم إجراء اختبارنا في حضانة النخلة في عين الدفلى، من أجل دراسة التوافق والتقارب من خلال رصد معدل نجاح التطعيم لأربعة أصناف من نوعية الطعم (كليمنتين Orograndé، كليمنتين Nules، برتقال Washington Navel، ليمون Eureka) المطعمة في الربيع على مجموعة واحدة من الجنور (الحمضيات Volkameraina) في دفيئة شبه اوتوماتيكية. المقارنة بين الأصناف المختلفة التي تسمح للبيانات بإعطاء النتائج التالية:

-توفر الدفيئة شبه اوتوماتيكية مناخا محليا مناسباً للنباتات (درجة الحرارة و الرطوبة) من اجل تطعيم ناجح.

-افضل ارتباط من وجهة نظر مدة انتعاش التطعيم وحالة التنمية العالية هو ارتباط جذر (الحمضيات Volkameraina) مع برتقال Washington Navel، ثم تليها كليمنتين Nules. هذه النتائج لا تزال يتعين تطويرها في المستقبل على سلوك هذه الارتباطات المختلفة على التربة في بساتين الانتاج.

الكلمات المفتاحية: حمضيات، تطعيم، Citrus Volkameraina ، كليمنتين Orograndé ، كليمنتين Nules ، برتقال Washington Navel، ليمون Eureka ، دفيئة شبه اوتوماتيكية.

Résumé

Les agrumes présentent un intérêt vital pour un grand nombre de pays de par leur importance économique, il est en de même pour l'Algérie. Le greffage est une opération qui a pour objet de combiner les caractéristiques avantageuses de deux plants différents en un seul plant, les critères de choix d'un plant d'agrumes ont évolué en entraînant un élargissement de la gamme des variétés et espèces disponibles pour servir de variété greffon.

Notre essai a été réalisé dans la pépinière El Nakhla à Ain Defla, afin d'étudier la compatibilité et l'affinité par le suivi de taux de reprise au greffage de quatre variétés de greffon (Clémentine Orograndé , Clémentine Nules, Orange Washington Navel, Eureka) greffées en écusson de printemps sur une seule variété de porte-greffes (Citrus Volkameraina) dans une serre multi-chapelle semi-automatique. La comparaison entre les différentes variétés qui permet à données les résultats suivantes :

- La serre multi-chapelle semi-automatique permet d'assurer un microclimat favorable aux plants (température et humidité) pour la réussite de greffage et le développement des pousses.
- La meilleure association de point de vue durée de reprise au greffage et l'état de développement est élevée avec l'association porte greffe (Citrus Volkameriana) suivi de l'orange washington navel, de clémentine Nules. Ces résultats restent à développer à l'avenir sur le comportement de ces différentes associations sur sol en verger de production.

Mots –clés : Agrumes ; greffage ; Citrus Volkameriana ; Clémentine Orograndé ; Clémentine Nules ; Orange Washington Navel ; Citron Eureka ; Serre multi-chapelle semi- automatique.

Abstract

Citrus fruits are of vital interest to a large number of countries because of their economic importance, and the same is true for Algeria. Grafting is an operation that aims to combine the advantageous characteristics of two different plants into a single plant; the criteria for choosing a citrus plant have evolved by leading to a broadening of the range of varieties and species available to serve as a graft variety.

Our test was carried out in the El Nakhla nursery in Ain Defla, to study compatibility and affinity by monitoring graft recovery rates of four graft varieties (Clémentine Orograndé, Clémentine Nules, Orange Washington Navel and Eureka) grafted in spring crest on a single variety of rootstocks (Citrus Volkameraina) in a semi-automatic multi-chapel greenhouse. The comparison between the different varieties that allows data the following results:

- The semi-automatic multi-chapel greenhouse ensures a microclimate favorable to the plants (temperature and humidity) for the success of grafting and the development of shoots.
- The best association in terms of recovery time to grafting and the state of development is high with the graft association (Citrus Volkameriana) followed by orange washington navel, clementine nules. These results remain to be developed in the future on the behavior of these different association on soil in production orchards.

Keywords : Citrus fruits, grafting; citrus volkameraina; Clementine Orogrande; Clementine Nules orange Washington Navel; Citron Eureka ;semi- automatic multi-chapel greenhouse.

LISTE DES FIGURES

- Figure n°01:** Origine géographique et diffusion des agrumes dans le monde.
- Figure n°02 :** Production mondiale des agrumes.
- Figure n°03 :** Production mondiale par type d'agrumes de l'année 2011.
- Figure n°04 :** Evolution des superficies en rapport des agrumes depuis l'indépendance à 2013.
- Figure n°05 :** Production des agrumes en Algérie de l'année 2013.
- Figure n°06 :** Répartition des superficies agrumicoles par groupe de variétés.
- Figure n°07 :** Répartition des superficies agrumicoles par région.
- Figure n°08 :** Feuilles d'agrumes.
- Figure n°09 :** fleur d'oranger.
- Figure n°10 :** fleur de citronnier.
- Figure n°11 :** les principaux constituants des fruits d'agrumes.
- Figure n°12 :** Diversité phénotypique des fruits d'agrumes
- Figure n°13 :** Schéma de la taille d'entretien des agrumes.
- Figure n°14 :** Les principaux parasites et maladies des agrumes
- Figure n°15 :** Technique du greffage en écusson
- Figure n°16 :** Technique du greffage en placage.
- Figure n°17:** Technique du greffage en fente herbacée.
- Figure n°18 :** Technique du greffage en couronne.
- Figure n°19:** Coupe transversale d'un tronc d'arbre.
- Figure n°20 :** Le mécanisme de soudure entre le greffon et le porte-greffe.
- Figure n°21 :** Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes.
- Figure n°22 :** Pépinière EL-NAKHLA, Ain Defla (serre multi-chapelle semi-automatique contient des porte- greffes d'agrumes, plants d'agrumes greffés et variétés d'agrumes).
- Figure n°23:** Site de pépinière d'agrumes El Nakhla.
- Figure n°24:** Différentes qualités de porte- greffes.
- Figure n°25:** Plants d'essai avant le greffage (Citrus Volkameriana, age: 10 mois)
- Figure n°26 :** Etiquette (nom de porte greffe, nom de variété de greffon, date de greffage)
- Figure n°27:** Schéma de l'essai.
- Figure n°28:** Les quatre variétés d'arbustes de greffon.
- Figure n°29 :** Rameau greffon (Citrus limon Eureka).
- Figure n°30:** Suppression des feuilles des rameaux greffons.
- Figure n°31:** baguette de greffon.
- Figure n°32:**Le greffoir.
- Figure n°33:** Le Sécateur.
- Figure n°34:** La ligature.

LISTE DES FIGURES

Figure n°35: Les étapes de greffage.

Figure n°36: plants d'essai après le développement des pousses du greffon (Orograndé, Nules Washington Navel, Eureka) d'une durée de 47 jours après le greffage (23/05/2021).

Figure n°37: Représentation schématique d'un plant greffé.

Figure n°38: L'évolution de la croissance : pousse principale.

Figure n°39: La durée de reprise après greffage.

Figure n°40: Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés qui étudiées.

Figure n°41: échec de repos végétatif.

Figure n°42: Echech par pourriture.

Figure n°43: Echech de dessèchement.

Figure n°44: Taux de reprise au greffage pour les quatre variétés de greffon.

Figure n°45: les étapes de reprise au greffage.

Figure n°46: Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrus Volkameriana.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau (1) : Une synthèse sur le genre Citrus.

Tableau (2) : Présentation des principaux porte-greffes utilisés en culture d'agrumes.

Tableau (3): densité de plantation et nombre de plants par hectare pratiqué en Algérie.

Tableau (4): Les principaux parasites des agrumes et les traitements biologiques.

Tableau (5): Les principales maladies cryptogamiques et à virus des agrumes.

Tableau (6) : les normes phytotechniques avec porte-greffe étudié (citrus volkameraina).

Tableau (7) : les caractéristiques de porte-greffe étudié (citrus volkameraina).

Tableau (8) : Morphologie des porte- greffe utilisé (citrus volkameriana).

Tableau (9):Caractéristiques des variétés étudiées.

Tableau (10): La différence entre les 4variétés en termes de forme de feuilles et de fruits.

Tableau (11) : les paramètres mesurés.

Tableau (12) : Moyennes de Température et Humidité.

Tableau (13) : Nombre de feuilles dans la pousse principale.

Tableau (14) : Nombre de pousses principales.

Tableau (15) : Durée de reprise au greffage (Jour).

Tableau (16) : Pourcentage de reprise au greffage (développement de la nouvelle pousse).

Tableau (17) : Longueur moyenne de la pousse principale (cm).

Tableau (18) : La durée de reprise (Comparaison entre les différentes variétés).

Tableau (19): La longueur de la pousse principale (Comparaison entre les différentes variétés).

LISTE DES ABRIVIATIONS

°C : Degré Celsius

Cm: Centimètre

CTV: Citrus Tristeza Virus

C.V: Citrus Volkameriana

DR : Durée de Reprise

E : Eureka

FAO : Food and Agriculture Organization

HA : Hectare

ITAF : Institut Technique d'Arboriculture Fruitière

Kg : Kilogramme

L : Litre

M : mètre

Max : Maximum

Min : Minimum

N : Nules

NPK : Engrais azoté phospho-potassique

O : Orograndé

PG : Porte greffe

V : Variété

W : Washington Navel

% : Pourcentage

INTRODUCTION

Introduction

Selon **Loussert (1989a)**, le nom Agrume est donné aux arbres appartenant à la famille des Rutacées et au genre botanique *Citrus*. Cette appellation d'origine italienne, désigne les fruits comestibles et par extension les arbres qui les portent. A cette catégorie d'arbre appartiennent les orangers, les mandariniers, les citronniers, les cédratiers et les pamplemoussiers.

Les agrumes occupent la première place des productions fruitières dans le monde avec 96 millions de tonnes produites en 2000 (**FAO, 2001**). **Biche (2012)** souligne que la production totale en Algérie des agrumes pour l'année 2007 a atteint 689467 tonnes dont 539000 tonnes d'oranges, 100000 tonnes en clémentines et en mandarines et 50000 tonnes pour le citron et le pomelo. Ce même auteur signale que 97% de la production est destinée à la consommation en frais, la transformation est autour de 8000 tonnes par an.

La filière agrumicole présente un intérêt vital pour un grand nombre de pays de par leur importance économique notamment les revenus appréciables qu'elles génèrent, et leur transformation en divers dérivés tel que le jus, la confiture...et autres. L'Algérie, par sa situation géographique, son climat et la qualité de sa production peut à juste titre prétendre occuper sur les places mondiales, une position de choix. En effet, l'Algérie faisait partie des grands pays producteurs des agrumes du bassin méditerranéen.

Le greffage est une technique de multiplication qui conditionne en bonne partie le succès de la culture des arbres fruitiers. C'est un art que les pépiniéristes et les horticulteurs ont le privilège de mettre en pratique, car il répond à deux critères fondamentaux: l'amélioration du processus naturel de renouvellement des espèces fruitières et surtout, la préservation de l'intégralité du patrimoine génétique transmis par la plante mère.

Le greffage est une transplantation d'organe qui consiste à insérer manuellement ou mécaniquement le greffon, représentant la partie végétative ou variété, sur le sujet ou porte-greffe, représentant la partie racinaire. Il peut être fait par plus de cent manières différentes qui sont réparties principalement en deux grandes catégories: le greffage de rameaux détachés du pied- mère et le greffage par écussonnage.

Une des interactions les plus importantes entre le porte-greffe et le scion est la compatibilité car elle limite l'utilisation de porte-greffes et de greffons d'espèces différentes.

Les cultivars d'agrumes sont greffés sur des orangers amers. Cependant, la sensibilité de ce porte-greffe à la tristeza (CTV) a motivé le lancement d'un programme de recherche destiné à remplacer l'oranger amer par d'autres porte-greffes.

En particulier le *Citrus volkameriana* qui est un porte-greffe, toujours cultivé sur ses propres racines, et pour cause : il est souvent utilisé comme porte-greffe pour d'autres variétés

Introduction

d'agrumes. Sa bonne vigueur mais surtout sa résistance à de redoutables maladies des agrumes comme le virus de la tristeza en font en effet un bon porte-greffe.

Pour cela notre travail consiste à étudier comparativement la reprise au greffage et le comportement en pépinière entre quatre Variétés d'agrumes :(Orange Washington Navel, Clémentine Nules, Clémentine Orograndé et citron eureka) en association avec ce porte - greffe (le Citrus Volkameriana).

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

1 Historique

L'histoire des agrumes est vieille de plusieurs millénaires et a croisé le destin des plus grandes civilisations, à toutes les époques. Il semble presque certain que toutes les espèces sont originaires des régions subtropicales et tropicales de l'Asie, en particulier de Chine et de l'Archipel Malais. Il semblerait que le cédrat était connu en Egypte et en Mésopotamie 4000 ans avant Jésus-Christ, mais c'est de Chine que parviennent les témoignages écrits les plus anciens remontant à 2200 avant Jésus-Christ (décrit les kumquats et les pomelos). Un autre témoignage plus récent, un texte chinois de 1178 avant Jésus-Christ décrit 27 variétés de bigaradiers, d'orangers et de mandariniers. Au cours des siècles, d'autres types d'agrumes furent décrits dans la littérature chinoise. Il a été retrouvé également des témoignages écrits au Japon sur la culture et l'utilisation des agrumes remontant à la période Nara (710-794 après Jésus-Christ). Des témoignages sur les citrons proviennent d'Indochine et de Malaisie, tandis que des descriptions de cédrats et de citrons remontant à 800 ans avant Jésus-Christ sont parvenues d'Inde (**Colombo, 2004**).

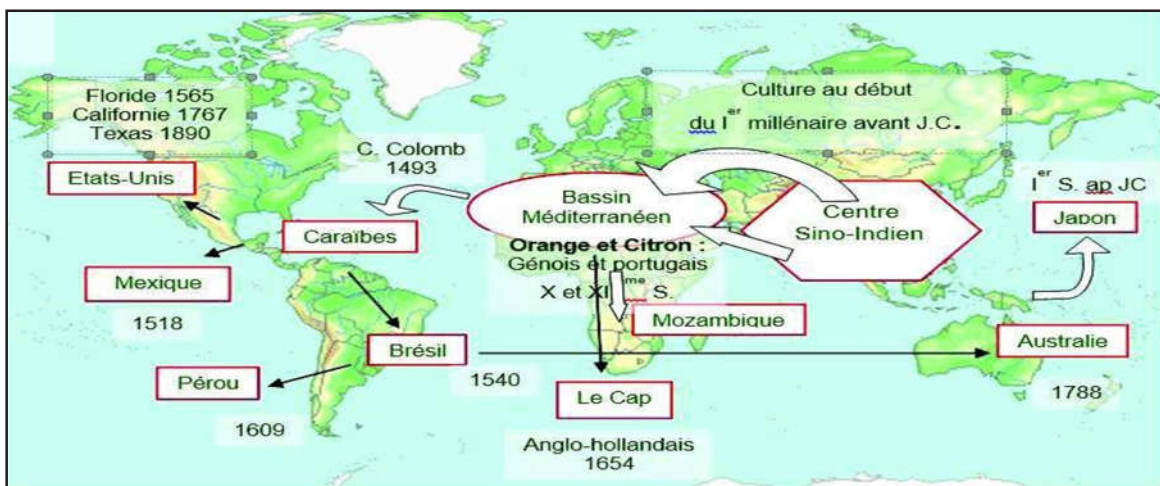


Figure n°1 : Origine géographique et diffusion des agrumes dans le monde

(Jacquemond *et al.*, 2013)

Les agrumes ont été disséminés au cours des siècles dans différentes régions du monde. Leur apparition dans le bassin méditerranéen est très ancienne et remonte aux échanges entre l'Orient et l'Occident occasionnés par les négoce qui ont accompagné la route de la soie bien avant l'ère chrétienne.

Ultérieurement, les contacts établis par les navigateurs de XV^e siècle ont conduit à amplifier la dissémination de ces arbres qui ont souvent été, ensuite, redistribués vers les zones tropicales d'Afrique et d'Amérique, à partir de l'Europe (**Aubert et Vullin, 1997**).

2 Origine et diffusion

Le terme agrumes est d'origine Italienne, il dérive du latin *agrus* qui, autrefois, désignait les plantes dont les fruits ont une saveur aigre comme l'ail ou les oignons. Mais avec le temps, sa signification évolua et il fut utilisé pour décrire un groupe de plantes de la famille des *Rutaceae* qui comprend 3 genres : *Citrus*, *Poncirus* et *Fortunella*. Le mot agrume s'applique aussi bien aux arbres qu'à leurs fruits (**Pesson et Louveaux, 1984**). Le problème posé par la détermination exacte du centre d'origine des agrumes se complique encore du fait que l'hybridation est très fréquente. Quoiqu'il en soit de cette incertitude relative, quant aux limites exactes du centre d'origine des agrumes, il se situe dans le Sud-est asiatique. Les agrumes apparaissent dans le bassin méditerranéen dès l'Antiquité. C'est à partir du bassin méditerranéen et grâce aux grandes découvertes que les agrumes furent largement diffusés. De là, ils ont été répandus selon trois voies principales citées par **Jacquemond et Blondel (1986)** :

- Vers l'Afrique de l'Est par les arabes.
- En Amérique centrale grâce à Christophe Colomb en 1493.
- Au Cap par les Anglo-hollandais en 1654.

3 L'aire agrumicole

Celle-ci est aujourd'hui très vaste : elle se situe approximativement sur une bande comprise entre 40° de latitude Nord. Mais de nombreuses maladies, pour certaines très graves et transmissibles par des insectes vecteurs, menacent sans cesse le verger mondial. Face à de tels risques, la plantation d'arbres sains est devenue une nécessité absolue à laquelle seule peut répondre la mise en place de programmes de production de plants d'agrumes à partir de matériel végétal certifié.

Depuis plus de 300 ans, le genre *Citrus* a donné lieu à de nombreuses classifications botaniques auxquelles s'ajoute une richesse importante de noms locaux, issus de la tradition orale. Plus récemment, l'apparition d'appellation commerciale a encore augmenté le nombre des dénominations (**Richard, 2004**).

Selon **Cassin (1984)**, l'aire agrumicole est répartie en trois zones climatiques principales :

- Zone intertropicale, elle s'étend de l'Equateur aux latitudes 22°-23° Nord et Sud.
Exemple : Brésil, Zimbabwe, Thaïlande, l'Ethiopie, Cameroun, Bénin, pays du sahel en Afrique occidentale...etc.
- Zone semi-tropicale, elle s'étend entre les latitudes 22°-23° et 28°-29° Nord et Sud.
Exemple : Floride, Argentine, Afrique de sud, Mexique, Louisiane...etc.
- Zone subtropicale, située entre 30° et 40° Nord et Sud.
Exemple : Espagne, Italie, Algérie, Turquie, Californie, Australie...etc.

4 L'importance économique des agrumes

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

- Consommation comme des produits 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 cardiovasculaires et d'autres maladies (ITAFV, 2014).

4.1 Dans le monde

Les agrumes présentent un intérêt économique pour de nombreux pays à travers le monde. La production mondiale des agrumes est environ de 115 millions de tonnes en 2011 (fig. 2). Les oranges constituent la majeure partie de la production d'agrumes avec 71%. L'amélioration de la production est due principalement à la croissance des terres cultivées consacrées aux agrumes, mais également à un changement de comportement de la part des consommateurs, dont le revenu progresse et dont les préférences s'orientent de plus en plus vers des produits sains et pratiques (FAO, 2013).

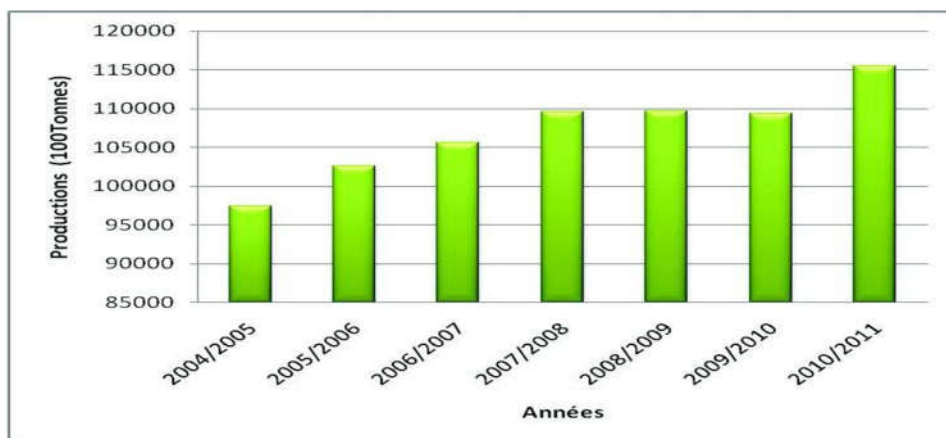


Figure n°2 : Production mondiale des agrumes (FAO, 2013).

La principale destination de la production agrumicole mondiale est l'auto consommation. Ce segment a peu progressé en pourcentage de la production globale, avec une stabilité autour de 60 % sur ces quarante dernières années. En revanche, l'autoconsommation s'est forcément accrue en quantité, passant d'environ 25 millions de tonnes au début des années 1970 à plus de 70 millions de tonnes au début des années 2010. Cette progression est principalement à mettre à l'actif des pays émergents, dont le marché local tend à prendre de l'importance. La croissance est particulièrement marquée en Chine depuis le début des années 2000, les volumes consommés localement ayant progressé de plus de 20 millions de tonnes entre 1970 et 2010. De même, la dynamique est aussi

très forte dans d'autres pays d'Extrême-Orient comme l'Inde, l'Indonésie ou le Vietnam. Enfin, la consommation interne s'est fortement développée dans certains pays méditerranéens comme la Turquie, l'Égypte ou encore le Maroc (Jacquemond *et al.*, 2013).

4.1.1 Les zones géographiques majeures 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 États-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 (Jacquemond *et al.*, 2013) :

- ❖ La Chine constitue le premier producteur mondial d'agrumes frais.
- ❖ Quant au jus d'orange, la production est concentrée dans deux principales zones:
 - ✓ Sao Paulo au Brésil, qui est, en effet, le plus important exportateur du jus d'orange au monde.
 - ✓ L'État de Floride aux États-Unis.

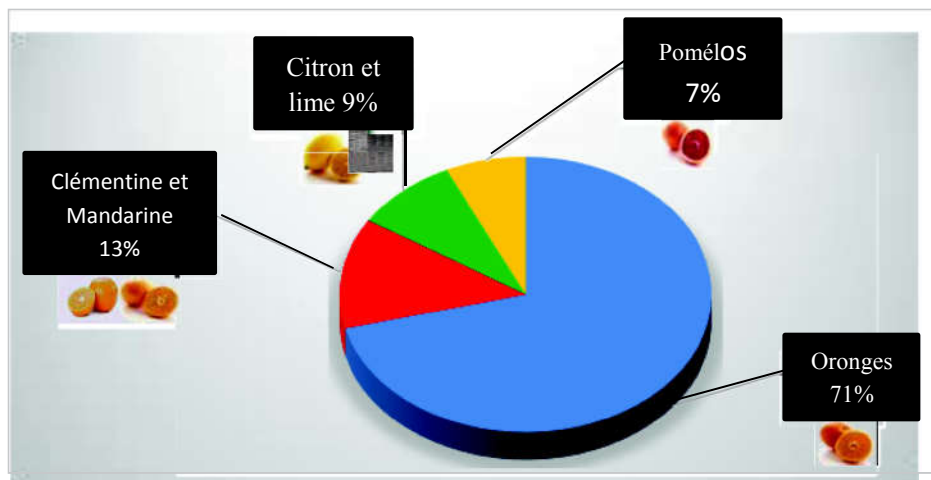


Figure n°3 : Production mondiale par type d'agrumes de l'année 2011 (FAO, 2011).

4.2 En Méditerranée

Selon les statistiques de 2011 fournies par la FAO, la Méditerranée fait partie des principales zones de culture des agrumes dans le monde avec 22,4 millions de tonnes en 2011. Elle figure en troisième position après la Chine (22,9 millions de tonnes) et le Brésil qui produise 22,7 millions de tonnes.

La Méditerranée s'est spécialisée dans le commerce mondial des agrumes frais. D'une part la climatologie particulière de cette vaste région, aux hivers frais, permet de produire des oranges et petits agrumes d'une coloration typique et d'une saveur appréciée grâce à un bon équilibre entre

sucre et acidité. D'autre part, cette zone est aussi exempte de certaines maladies de quarantaine qui sévissent dans d'autres régions du monde. Ainsi, en fruits frais, le Bassin méditerranéen contrôle pas moins de 60 % du commerce mondial des oranges et des citrons (hors limes) et plus de 70 % de celui des petits agrumes. La part du pomelo est relativement faible car cet agrume a une physiologie particulière et nécessite des températures élevées et régulières pour exprimer pleinement son potentiel gustatif (coloration externe et interne pour les variétés rouges et rosées, baisse de l'amertume et de l'acidité et augmentation du taux de sucre).

Cependant, le débouché industriel, même s'il n'est généralement pas dominant, est un élément clé de l'équilibre économique des filières méditerranéennes. Il permet de réguler les volumes proposés sur le marché du frais et de valoriser les sous-produits des chaînes de conditionnement (Jacquemon *et al.*, 2013).

4.3 En Algérie

En 1964, le verger agrumicole Algérien représentait une superficie de 45000 ha pour une production de près de 450000 tonnes pour toutes variétés confondues (FAO, 2011). En 1970, beaucoup d'efforts ont été fournis pour améliorer d'avantage le niveau de production qui a atteint 530000 tonnes (MADRP, 2013). De la fin des années 80 jusqu'à 1999, l'agrumiculture a connu une régression caractérisée par de faibles productions dont les effets sont : un arrêt de développement, une érosion du savoir-faire due à un délaissement des vergers. En effet à partir de cette date aucune exportation n'a été enregistrée jusqu'à 1995 où une légère tentative d'exportation a été constatée avec 12000 tonnes.

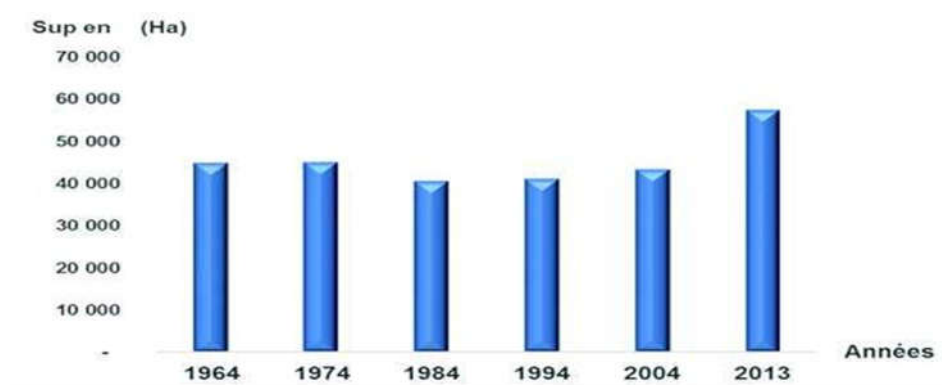


Figure n° 4 : Evolution des superficies en rapport des agrumes depuis l'indépendance à 2013 (MADRP, 2013).

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.

Partie bibliographique

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 (Fig. 5).

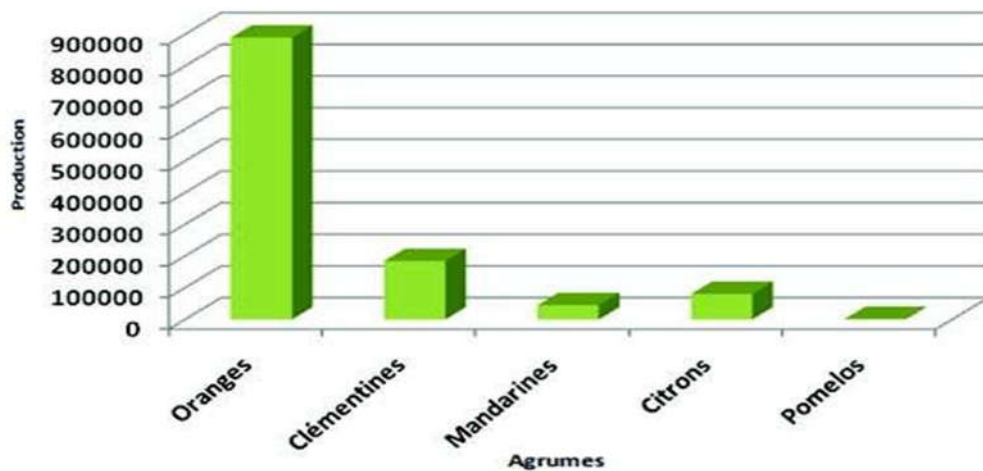


Figure n° 5 : Production des agrumes en Algérie de l'année 2013 (MADRP, 2013)

4.3.1 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) (Fig. 6).

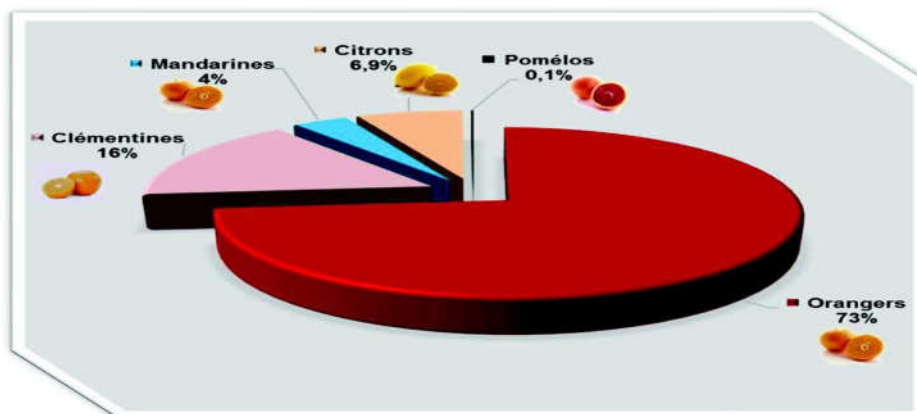


Figure n°6 : Répartition des superficies agrumicoles par groupe de variétés (MADRP, 2013).

4.3.2 Les zones de production

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 (fig. 7).

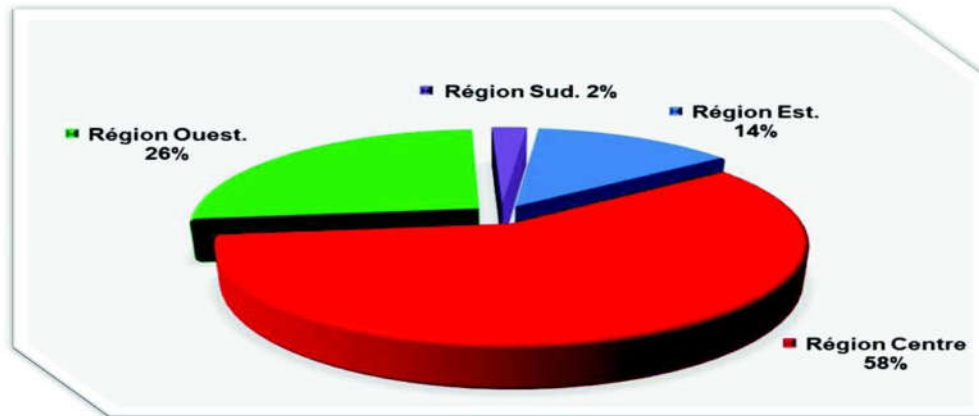


Figure n°7 : Répartition des superficies agrumicoles par région (MADRP, 2013).

5 Caractéristiques générales

5.1 La classification botanique des agrumes

L'oranger est un arbre épineux à feuilles persistantes, de la famille des **Rutacées**, cultivé comme arbre fruitier dont la majorité des espèces sont ornementales (**Mazoyer et al. 2002**). Sous le nom d'agrumes sont regroupées plusieurs espèces du genre *Citrus* : quelques rares espèces du genre *Fortunella* et *Poncirus*. Les *Citrus* se croisent naturellement entre eux et sont sujets à des mutations. Les hybridations entre les trois genres cités sont également possibles (**Mazoyer et al., 2002**).

On distingue cinq groupes d'agrumes : les oranges, les citrons, les limes, les pomelos et les petits agrumes (clémentines, mandarines, kumquats ...). A partir de principales espèces, plusieurs hybrides ont été obtenus à l'exemple de : (**Rousse (1988)**)

- Citrumelo (poncirus et citrus x paradisi).
- Calamondin (mandarine et kumquat).
- Tangelo (mandarine et citrus x paradisi).
- Citrandarin (mandarine et orange).
- Citrange (poncirus et orange).
- Clémentine (mandarine et orange).

5.2 Présentation botanique

Selon **Richard (2004)**, les agrumes sont composés de deux parties : la partie souterraine qui forme le porte-greffe et la partie aérienne (greffon) qui porte les fruits de la variété de l'espèce cultivée.

5.2.1 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.

5.2.2 La partie aérienne

-Le tronc : on greffera sur ce dernier, à quelques dizaines de centimètres du sol, la variété choisie. Le tronc conduit, vers la frondaison, la sève riche en éléments minéraux.

-Les branches charpentières : elles prennent naissance sur le tronc et restent limitées par la taille au nombre de trois ou quatre et porteront les sous- mères, qui porteront à leur tour les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères.

-Les feuilles : selon les espèces et les variétés, mais aussi selon l'âge et la taille, les feuilles présentent des formes et des tailles très diverses. Plus larges et plus grandes, celles du citronnier sont aussi plus claires que celles de l'oranger, ovales et d'un vert sombre.

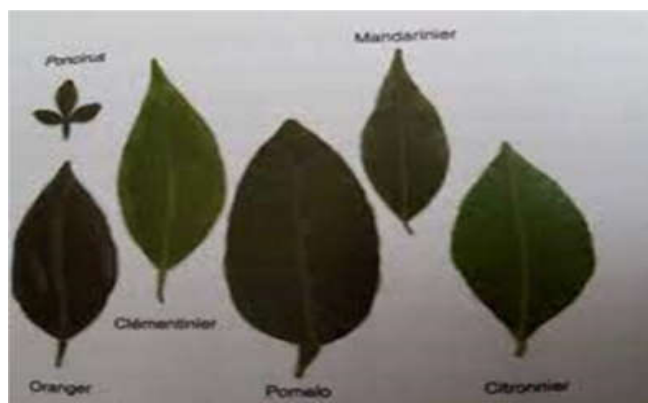


Figure n°08 : Feuilles d'agrumes (M. Heuzet, 2013)

-Les fleurs : le calice de la fleur du citron est constitué de 3 ou 5 sépales verts, de 5 pétales plus généralement blanc chez l'oranger, ou pourpres pour ceux du citronnier. Les étamines au nombre de 20 à 30 sont soudées à leur base par groupes de trois ou quatre. Le pistil est formé de plusieurs carpelles. L'ovaire constitue la base du stigmate sur lequel se fixera le pollen libéré au printemps.



Figure n° 09 : fleur d'orange

<https://www.elle.fr>



Figure n° 10 : fleur de citronnier

<https://www.olfastory.com>

- Les fruits :

Les plantes d'agrumes sont des arbres épineux, de petite taille (2 à 10 m), à port arrondi, à feuilles persistantes, elles donnent des fruits globuleux prenant l'aspect d'une sphère, revêtus d'une écorce épaisse, ont la partie externe nommée épicarpe ou flavedo, est colorée en jaune, orange ou rougeâtre sous l'action des flavonoïdes. La partie interne est blanche, spongieuse appelé mésocarpe ou albédo (figure 11). A l'intérieur, les fruits sont constitués de cinq à douze loges ou "tranches", pleines d'une sorte de pulpe colorée, plus ou moins remplie d'eau. On y trouve aussi des graines ; les "pépins" sauf dans les variétés améliorées.

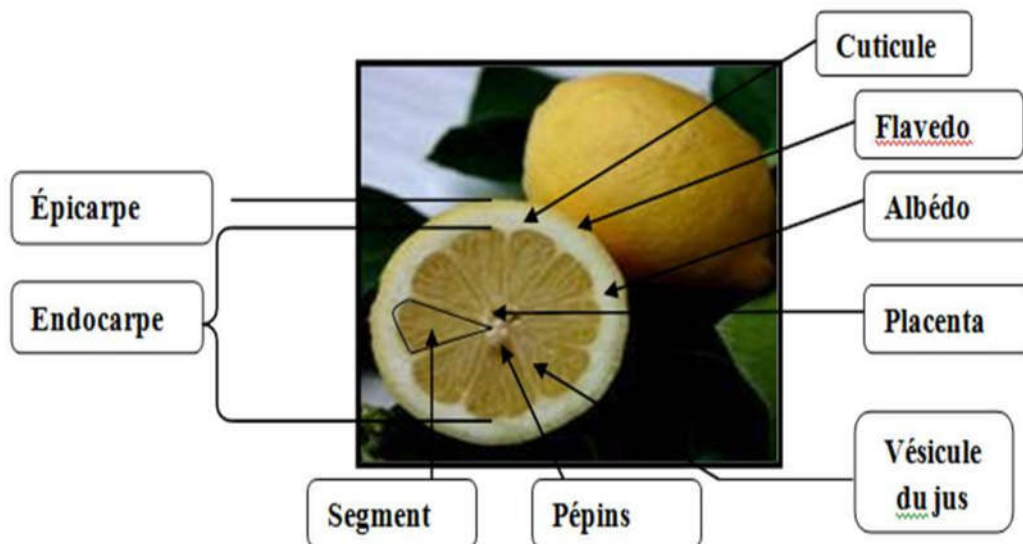


Figure n°11 : les principaux constituants des fruits d'agrumes

5.3 Les climats

La culture des agrumes se localise dans une zone définie entre le 40^e degré de latitude Nord et le 40^e degré de latitude Sud (**Richard, 2004**).

5.3.1 La température : les agrumes sont sensibles à toutes les températures inférieures à 0°C, par contre ils peuvent supporter des températures élevées supérieures à 30°C à condition qu'ils soient convenablement alimentés en eau (**Loussert, 1985**). Les températures moyennes annuelles favorables sont de l'ordre de 14°C. La température moyenne hivernale est de 10°C et la température moyenne estivale est de 22°C.

5.3.2 La pluviométrie : Les citrus comptent parmi les arbres fruitiers les plus exigeants. Les besoins annuels varient entre 1000 à 1200 mm, dont 600 mm pendant l'été, qui ne peuvent être fournis que par l'irrigation surtout dans les zones méditerranéennes (**Mutin, 1977**).

5.3.3 L'humidité : elle ne semble pas avoir une forte influence sur le comportement des agrumes aux mêmes. Elle a par contre des incidences sur le développement de certains parasites ainsi que la fumagine et les moisissures (**Loussert, 1989b**). Certains ravageurs comme les cochenilles peuvent proliférer en colonies importantes. Une humidité basse provoque une intense respiration du végétal et ainsi les besoins en eau augmentent.

5.3.4 Le vent : **Blondel (1959)**, qualifie le vent comme étant l'ennemi le plus important des agrumes. Les dégâts qu'il cause dans les jeunes plantations sont incalculables suite à la chute précoce des fruits. Les orangers doivent être protégés des vents par l'installation de brise vent de Casuarina, Cyprès, d'Acacia et de Pins (**Loussert, 1985**).

5.4 Les sols

Selon **Richard (2004)**, les orangers et les citronniers aiment les sols riches et bien aérés, sableux ou sablonneux où le système racinaire se développe facilement en profondeur. Les sols argileux sont peu favorables à la production de fruits, les orangers et citronniers tolèrent peu l'eau stagnante. La précaution élémentaire veut qu'avant toute plantation, la terre choisie puisse être analysée sur deux niveaux : sol et sous-sol. On peut améliorer les caractéristiques d'un sol en installant des drains pour évacuer les eaux stagnantes ou en excès lorsque la terre est trop limoneuse ou argileuse. On veillera également à procurer un amendement organique pour les sols trop légers. Nous comprenons donc que les agrumes sont des arbres plutôt exigeants : terre fertile et équilibrée nécessitant amendements organiques ou calciques et fumure de fond.

6 Amélioration variétale des agrumes

6.1 Diversité phénotypique chez les agrumes

La diversité agro morphologique des agrumes est considérable (Figure 12). 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 n°12 : Diversité phénotypique des fruits d'agrumes
(<https://www.magazine-avantages.fr/>)

Cette variabilité se manifeste particulièrement au niveau des fruits. Le diamètre des fruits peut varier de quelques millimètres chez certaines variétés telles que 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.

6.2 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**).

6.3 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 chute des fleurs est parfois provoquée par un excès de chaleur mais aussi une baisse importante des températures ou un courant d'air (vent) au moment de la floraison.

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.

6.4 Amélioration des porte-greffes

Les différents caractères requis pour le développement de nouveaux porte-greffes sont présents dans le genre *Citrus* et certains genres apparentés. Toutefois l'amélioration conventionnelle des porte-greffes se heurte à différentes contraintes dont les principales sont:

- la polyembryonie qui rend difficile l'obtention de populations hybrides importantes.
- l'incompatibilité sexuelle entre genres éloignés et la faible fertilité des hybrides entre certains genres sexuellement compatibles et surtout.
- l'hétérozygotie élevée de la plupart des porte-greffes et cultivars qui rend peu probable l'obtention de descendants cumulant l'ensemble des gènes dominants favorables des deux parents.

L'hybridation somatique permet de contourner certaines de ces contraintes et a été développée avec succès chez les agrumes. Cette stratégie a été très largement développée par l'IFAS en Floride et reprise par le CIRAD pour répondre aux contraintes du Bassin Méditerranéen. La gestion de l'hétérozygotie et des relations de dominance et d'épistasie est une préoccupation forte de nos projets d'amélioration tant pour les cultivars que pour les porte-greffes. Nous cherchons en effet généralement à optimiser le gain associé à la sélection phénotypique au niveau parental dans le cadre de projets d'innovation construits autour d'un seul cycle d'induction de variabilité. L'hybridation somatique est l'un des outils de cette gestion puisqu'elle permet de combiner des génomes en s'affranchissant de la recombinaison génétique et des ségrégations liées à la méiose. C'est également un des outils pour gérer la ploïdie au sein du complexe d'espèces.

7 Organisation de la diversité génétique et phénotypique

7.1 Diversification interspécifique

La diversité génétique repose sur les variations de séquences d'ADN codantes (gènes) ou non codantes. Le changement de la séquence d'un gène peut éventuellement entraîner une modification qualitative ou quantitative de son expression, et par conséquent de son produit, la protéine, et in fine du phénotype de l'individu. La diversité génétique résulte donc de l'ensemble des phénomènes de modification de l'ADN (mutations, recombinaison sexuée) associé aux effets de la sélection naturelle ainsi qu'à l'action de l'homme. Certains facteurs notamment ceux liés à la reproduction ont fortement influencé la diversification génétique en favorisant ou en limitant les flux

Partie bibliographique

de gènes. Parmi les 3 genres botaniques des agrumes : Poncirus, Fortunella et Citrus, ce dernier est le plus diversifié. Cette diversité relativement importante trouve sa source dans la compatibilité sexuelle interspécifique et la polyembryonie.

Il a été rapporté que le degré de diversité génétique au sein des groupes d'agrumes diffère selon qu'ils constituent les espèces ancestrales ou qu'ils forment les espèces dérivées. En effet, étant donné que les trois espèces ancestrales (cédrat, mandarine, pamplemousse) ne sont pas apomictiques, elles se reproduisent uniquement par voie sexuée. De ce fait, certains mandarines, pamplemousses et cédrats présentent des degrés de diversité génétique supérieurs aux groupes d'orange, pomélo, citron et certaines mandarines (Satsumas et clémentines), qui eux sont originaires de plants nucellaires.

Ceci dit, ces derniers groupes comportent aussi beaucoup de variétés avec des différences importantes quant aux traits horticoles (**Herrero et al., 1996a**). Le tableau (1) résume les informations actuelles relatives à l'origine, au mode de reproduction et au degré de diversité génétique au sein des espèces commercialement importantes du genre Citrus.

Tableau (1) : Une synthèse sur le genre Citrus.

Espèces	Nom commun	Connu Age (années)	Année nommé	Origine probable	Habitat d'origine probable	Reproducti on par graine	Diversité génétique
C. medica	Cédrat	2300	1753	Espèce vraie	Inde	Sexuelle	Modérée
C. aurantium	Bigarade	900	1753	Hybride	Chine	Nucellaire	Faible
C. sinensis	Orange douce	500	1757	Hybride	Chine	Nucellaire	Faible
C. maxima	Pamplemousse	2000 (?)	1765	Espèce vraie	Chine	Sexuelle	Elevée
C. limon	Citron	800	1766	Hybride	Inde	Partiellement sexuelle	Modérée
C. reticulat	Mandarine	2000 (?)	1837	Espèce vraie	Chine	Variable	Elevée
C. aurantifolia	Lime	700	1913	Hybride	Malaisie	Partiellement sexuelle	Modérée
C. paradisi	Pomelo	200	1930	Hybride	Barbade	Nucellaire	Faible
C. tachibana	Tachibana	2000 (?)	1924	Inconnue	Japon	Sexuelle	Modérée (?)

Partie bibliographique

C. indica	Orange Sauvage indien	2000 (?)	1931	Inconnue	Inde	Sexuelle	Modérée (?)
C. hystrix	Papada Mauritius	2000 (?)	1813	Inconnue	S.E. Asie	Sexuelle	Modérée (?)
C. macroptera	Papada Malaisien	2000 (?)	1860	Inconnue	S.E. Asie	Sexuelle	Modérée (?)
C. celebica	Papada Celebes	2000 (?)	1898	Inconnue	Célèbes	Sexuelle	Modérée (?)
C. ichangensis	Papada Ichang	2000 (?)	1913	Inconnue	Chine	Sexuelle	Modérée (?)
C. micrantha	Papada	2000 (?)	1915	Inconnue	Philippines	Sexuelle	Modérée (?)
C. latipes	Papada Khasi	2000 (?)	1928 I	Inconnue	Assam	Sexuelle	Modérée (?)

(Krueger & Navarro, 2007)

7.2 Diversification intraspécifique

Les différents travaux d'analyse de la diversité moléculaire intraspécifique au sein des espèces cultivées témoignent de structures très contrastées (isoenzymes: **Ollitrault et al., 1999**; RFLP: **Federici et al., 1998**; microsatellites: **Kijas et al., 1995**). Les cédratiers y présentent une diversité allélique très faible due à une forte homozygotie et à un faible polymorphisme entre les cultivars. Les pomelos, les orangers et les bigaradiers ont des structures intraspécifiques similaires. Ils présentent une diversité allélique et une hétérozygotie importante mais le polymorphisme intercultivar est inexistant. Quant aux citronniers, ils sont très hétérozygotes et leur polymorphisme intervariétal est faible. Les limettiers sont également très hétérozygotes mais montrent un plus fort polymorphisme intervariétal que les citronniers. Les mandariniers et les pamplemoussiers affichent une grande richesse allélique essentiellement due à un fort polymorphisme intervariétal sans écart significatif à la panmixie.

Bien que les deux niveaux morphologique et moléculaire révèlent une structuration globale similaire de la diversité des agrumes cultivés, ils divergent pour ce qui est de la quantification de la diversité intraspécifique.

En particulier, la diversité intraspécifique de la plupart des espèces secondaires est essentiellement dûe aux mutations ou aux variations épigénétiques à partir d'hybride interspécifique ancestral sans recombinaison sexuée additionnelle (**Ollitrault et al., 2003**).

Les données isoenzymatiques témoignant d'hétérozygotie généralement élevée et d'absence de polymorphisme inter variétal (**Herrero et al., 1996a**; **Ollitrault et al., 1999**),

confirmées avec les données issues des marqueurs RAPD et SCAR (Nicolosi et al., 2000), des SSRs (Luro et al., 2001; Barkley et al., 2006; Garcia-Lor et al., 2012), des SNPs (Ollitrault et al., 2012a), prouvent qu'il s'agit de cas typiques de fausses espèces, pour lesquelles la diversification variétale s'est produite à partir d'un hybride ancestral par accumulation de mutations sans qu'intervienne la recombinaison sexuée. La sélection humaine, particulièrement marquée pour les caractères pomologiques et phénologiques, couplée à la multiplication végétative, peut entraîner une diversification des caractères morphophysologiques rapide et indépendante de l'évolution moléculaire globale visualisée par des marqueurs de type isoenzymatiques, RFLP ou microsatellites. Il est à noter que tous les cultivars de ces espèces secondaires sont polyembryonnés, ce qui a permis de fixer l'hétérozygotie et de conserver le type morphologique et pomologique alors que les méthodes de propagation végétative (marcottage, bouturage ou greffage) n'existaient pas.

Pour les mandariniers, la sélection de mutations a également été le moteur de la diversification de certains groupes variétaux comme les mandariniers Satsuma au Japon ou les clémentiniers dans le Bassin Méditerranéen. En effet, l'exemple le plus flagrant est celui du clémentinier. Il y a un siècle, sélectionné par le père Clément, ce groupe variétal est issu d'un plant de semis d'origine zygotique de mandarinier commun. Multiplié végétativement par greffage, il a connu depuis une diversification considérable, résultat d'une simple sélection en verger des mutations de bourgeons. Cette diversification touche la précocité (production de septembre à fin février) ainsi que la productivité et les caractères pomologiques (calibre, coloration, présence de pépins) (Bono et al., 1982). Sur une échelle de temps plus longue, la diversification des orangers est également remarquable. Cette espèce, pour laquelle aucune diversité moléculaire n'a pu être mise en évidence que ce soit avec les isoenzymes (Ollitrault et al., 1999), les RAPD (Luro et al., 1994) ou les microsatellites (Luro et al., 1995) présente pourtant un polymorphisme morphologique et phénologique très importants. Le Bassin Méditerranéen constitue le principal centre de diversification des variétés modernes d'orangers (Aubert, 2000).

Par ailleurs, la recombinaison sexuée a dû jouer un rôle déterminant dans la diversification intercultivar observée au niveau moléculaire chez les pamplemoussiers (cultivars tous monoembryonnés) et des mandariniers (dont certains cultivars sont monoembryonnés) (Ollitrault et al., 1999). Parmi les trois espèces de base, les pamplemoussiers et les mandariniers présentent un polymorphisme moléculaire important.

7.3 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

Partie bibliographique

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 et 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.

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**).

8 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 variants. 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 idéo-type (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)**.

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'efficacités 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.

Néanmoins, la création variétale conventionnelle et la sélection ont permis le développement de certains hybrides dont les mandarines hybrides tangelos (mandarine *C. reticulata* Blanco X pomélo *C. paradisi* Macf.) et tangors (mandarine *C. reticulata* Blanco X orange douce *C. sinensis* (L.) Osb.). Les cultivars commerciaux de Tangelo les plus importants, sont Orlando et Minneola. Quelques hybrides entre mandariniers (Fairchild, Fortune, Wilking, Fremont, Kara, Nova, Kinnow) se sont également révélés intéressants (**Cameron et Frost, 1968; Davies et Albrigo, 1994**).

Par ailleurs, l'hybridation a été envisagée par des croisements de diploïdes et de tétraploïdes afin d'obtenir des cultivars triploïdes à l'image des triploïdes spontanés comme le limettier Tahiti. Les principaux cultivars issus de ces programmes sont Melogold et Oroblanco (Pamplemoussier X Pomélo). La sélection de lignées triploïdes est la voie classique pour développer des cultivars aspermes, puisque les triploïdes sont généralement des mâles et des femelles stériles. Plusieurs méthodes ont été développées pour la création de mandariniers triploïdes (**Navarro et al., 2003; Tokunaga et al., 2005; Ollitrault et al., 2008; Aleza et al., 2010a; Aleza et al., 2012a,b**). Une liste de mandariniers hybrides triploïdes nouvellement sélectionnés est disponible (**Aleza et al., 2010a**). Par ailleurs, deux nouveaux hybrides de mandariniers triploïdes ont été révélés, "Garbi" à maturité tardive (**Aleza et al., 2010b**) et "Safor" mi-tardive (**Cuenca et al., 2010**).

La sélection de mutants spontanés a fourni de bons résultats pour le Clémentinier en Espagne (**Bono et al., 1982**), au Maroc et en Corse, pour l'étalement de la période de récolte, l'amélioration des calibres ou de la coloration des fruits. Dans plusieurs régions, les cultivars largement cultivés sont des sélections locales issues de mutations et choisies pour leurs 35 adaptabilités durant une longue période de temps. Un excellent exemple est celui de la mandarine Satsuma (*C. unshiu*) au Japon (**Davies et Albrigo, 1994**).

Le XXème siècle a vu le l'utilisation de techniques comme la mutagenèse ou des biotechnologies (création d'hybrides somatiques, transgénèse).

La mutagenèse induite s'est avéré un bon outil pour la recherche de cultivars aspermes. Au Texas, quelques mutants de coloration ont été obtenus comme le pomélo rouge et asperme Star-Ruby (1970) issu du programme d'irradiation du pomélo Hudson à chair rouge mais contenant jusqu'à 40 graines par fruit (**Spiegel-Roy et Golschmidt, 1996**).

Quant aux hybridations somatiques, elles ont permis l'obtention par fusion de protoplastes d'hybrides allotétraploïdes qui ont été utilisés comme parents dans des croisements avec des diploïdes afin de produire des cultivars d'agrumes triploïdes, sans pépins et faciles à éplucher (**Wu**

et al. 2005). De tels triploïdes ont également pu être obtenus par fusion de protoplastes haploïdes et diploïdes. Le critère "absence de pépins" est très important pour le marché du fruit frais, la recherche de stérilités femelles est donc devenue un objectif majeur de sélection tout comme la stérilité mâle afin d'éviter toute pollinisation croisée sur des cultivars autoincompatibles (Ollitrault et al. 2000a). Dans le cadre de programme d'amélioration du citronnier (Tusa et al. 1996) et du pamplemoussier (Deng et al. 1996) la faisabilité de la synthèse de triploïdes a été montrée. Le projet d'hybridation somatique le plus important pour l'amélioration des porte-greffes était en Floride (Grosser et al. 2000). Dans le monde, plusieurs hybrides interspécifiques et intergénériques combinant des traits horticoles prometteurs et de tolérance aux pathogènes comme CTV et *Phytophthora* sp. Sont en cours d'évaluation. À une moindre échelle et au niveau du bassin méditerranéen, des hybrides somatiques entre *Poncirus* et *Citrus* ont été créés afin de combiner les tolérances aux stress biotiques et abiotiques spécifiques à la région (Ollitrault et al., 2000a). Il est cependant à noter qu'à ce jour, la plupart des variétés commerciales sont issues de variations ou d'hybridations spontanées.

9 Création d'un Verger d'Agrumes

9.1 Choix du Matériel Végétal

9.1.1 Le porte-greffe « agrume »

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, Nématodes et champignons.

Tableau (2) : Présentation des principaux porte-greffes utilisés en culture d'agrumes.

Porte-greffe	Description	Aptitudes agronomiques	Sensibilité aux maladies et parasites	Comportement variétal
Bigaradier <i>Citrus aurantium</i>	Porte-greffe dominant, le plus utilisé En cours d'abandon à cause de sa sensibilité à la tristeza Bon enracinement traçant et pivotant	Adapté à une large gamme de types de sol Craint les excès d'eau et les sols lourds Tolérant au calcaire et aux chlorures	Associations sensibles à la tristeza Sensible au mal secco et aux nématodes , associations tolérantes au blight, à l'exocortis	Amélioration faible pour la résistance. Au froid, productivité moyenne à bonne. Qualité du fruit correcte, bonne affinité avec l'ensemble des variétés (sauf Kumquat et mandarine de type satsumas)
<i>Poncirus trifoliata</i>	Porte-greffe résistant au froid (-15°C) partiellement conféré au scion -enracinement	Supporte les terres humides et l'asphyxie (Craint les sols secs) Sensible au	Résistant à la gommose Tolérant aux nématodes Associations tolérantes à la	Amélioration de la sensibilité au froid. amélioration de la qualité du fruit (taux de sucre), bonne affinité avec

Partie bibliographique

	puissant traçant et pivotant -développement Faible vigueur des arbres	calcaire et aux chlorures	tristeza Sensible à l'exocortis et au blight	l'ensemble des espèces, mise à fruits tardive
Citrange Troyer	Hybride entre un oranger et un Poncirus Enracinement de type pivotant Porte-greffe vigoureux	Supporte les sols moyennement humides Peu tolérant au calcaire et aux chlorures Craint les sols secs	Résistant à la gommose. Association tolérante à la tristeza, sensible au Blight, à l'Exocortis et aux nématodes.	Amélioration très légère de la sensibilité au froid Fruits de petit calibre, de bonne qualité
Citrange Carrizo	Aujourd'hui porte-greffe le plus utilisé Hybride de même type que le porte greffe C.Troyer, enracinement de type pivotant, dense et profond, porte-greffe vigoureux	Supporte les sols moyennement humides Peu tolérant au calcaire et aux chlorures Craint les sols secs	Association tolérante à la tristeza Sensible au blight, à l'exocortis Tolérant aux nématodes	Amélioration très légère de la sensibilité au froid Productivité élevée sans perte de calibre, de bonne qualité
Citrus volkameriana	Bon porte greffe adapté à de nombreuses associations notamment pour les citronniers, bon enracinement	Adapté aux sols secs et aérés Résistant aux chlorures. Peu adapté aux sols lourds et asphyxiants	Résistant à la gommose. Association tolérante à la tristeza et à l'exocortis, sensible au blight	Bonne résistance au froid Très bonne productivité avec la variété de citron Eurêka (forte vigueur)
Citrus macrophylla	Porte-greffe surtout adapté aux citronniers	Sensible au froid et aux sols humides. Supporte les chlorures et le calcaire	Tolérant à la gommose et à l'exocortis ; sensible à la tristeza	Bonne mise à fruit Forte affinité avec les citronniers

(itab@itab.asso.fr)

9.1.2 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.

9.2 Choix du Site de Plantation

Au préalable, avant de planter vos Agrumes, 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 ...).

9.2.1 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.

9.2.2 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.

9.3 Aménagement du site pour une Nouvelle Plantation »Agrumes »

9.3.1 Travaux préliminaires

Les différentes opérations à effectuer sont les suivantes :

- Désinfection obligatoire en cas de présence de nématodes phyto parasites.
- Aménagement d'accès à la parcelle.
- Mobilisation des ressources hydriques (forages, puits, bassins d'accumulation, prise d'eau sur périmètres irrigués).
- Etablissement d'un réseau de drainage efficace (enterré ou à ciel ouvert).
- Extirpation des souches et des racines (cas des parcelles ayant déjà été occupés par des espèces arboricoles).

9.3.2 Installation des brises 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

Partie bibliographique

protègera 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).

9.3.3 Préparation du Sol

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

-Un défoncement ou le rootage 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, selon les analyses du sol.

9.3.4 Préparation d'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.

9.4 Mise en Place de la Culture

9.4.1 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 (3) donne les distances à respecter dans les principales situations.

Tableau (3): densité de plantation et nombre de plants par hectare pratiqué en Algérie.

	Densités	Nombre d'arbres à l'hectare
Clémentiniers /Mandarinniers sur poncirus T	4x4	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

(ITAF ; 1995).

9.4.1.1 La plantation proprement dite

- Discage, nivelage, Traçage et piquetage.
- Confectionner un trou de bonnes dimensions.
- Mélanger la terre conservée à d'autres éléments (fumier bien décomposé ou autres amendements).
- Poser le plant au fond du trou et bien le centré on utilisant un règle dite « règle de planteur » ensuite 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.
- L'arrosage de l'arbre (50 litres/ plant environ).

9.4.1.2 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)**

10 La plantation

La préparation du sol avant la plantation a pour objectif d'approfondir le réservoir sol et d'améliorer sa structure. La première phase suppose le défoncement sur une profondeur de 0,7 à 0,9m. Ces opérations doivent s'effectuer au moins 6 mois avant l'installation du verger. La seconde phase consiste en une reprise sous forme d'un labour (plus profond sur sous-solage que sur défoncement), ce qui permet d'enfouir la végétation. C'est avant cette seconde phase que sera fait l'apport éventuel de la fumure de fond **(Richard, 2004 ; ITAFV, 2007)**.

Le meilleur moment pour mettre en place des jeunes plants d'agrumes est le printemps, de la fin Mars au mois de Mai, selon les régions, lorsque le risque de gel est passé et lorsque les plantes peuvent avoir une reprise végétative rapide. Pendant cette période, les conditions sont réunies pour que les plantes prennent bien et se développent rapidement, ce qui leur permettra d'arriver en période de repos avec une réserve de substances nutritives adéquate **(Colombo, 2004)**.

Le choix d'une densité d'arbres à l'hectare est complexe et tient compte de divers facteurs tel que le climat, la qualité du sol, l'association porte-greffe-variété, ainsi que de techniques culturales mises en œuvre ainsi que la taille (**Aubert et Vullin, 1997**).

11 L'irrigation

Selon **Damagnez et al., (1962)** in Nasr, (2002) le secteur des agrumes est un grand consommateur d'eau, la période des irrigations s'étale généralement de Mars à Octobre. Les rendements moyens des agrumes (15-20 t/ha) reflètent une efficacité d'utilisation d'eau d'irrigation assez modeste. Les besoins des agrumes en eau sont estimés à environ 1200 mm par an, répartis sur toute l'année (**Bertin, 2002. Walali et al., 2003**).

Dans les régions où les précipitations atteignent 550-600mm d'Octobre à Mai, le déficit de 600 à 650 mm doit être comblé par l'irrigation de Mai à Septembre-Octobre avec des apports modulés d'après les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (**Walali et al., 2003**).

Il faut cependant éviter les zones à pluviométrie excessives qui rendent difficiles l'initiation florale et le contrôle de la situation sanitaire du verger (**Anonyme b, 2003**). L'irrigation traditionnelle (à la raie ou par submersion) est remplacée par l'irrigation par aspersion et plus récemment par le goutte-à-goutte (**Bertin, 2002**).

Selon le rapport du **METAP (2001)**, l'irrigation en Algérie a beaucoup perdu en proportion d'allocation par rapport à la consommation totale depuis les années 1960 au profit des autres secteurs et ce, à cause des orientations économiques du pays tourné plutôt vers l'industrie et l'énergie délaissant l'agriculture au troisième rang, mais aussi à cause de la croissance démographique urbaine qui accroît de plus en plus les besoins en eau potable.

12 Fertilisation

- Afin d'obtenir des fruits de qualité et assurer la rentabilité économique du verger, il faut maintenir l'équilibre nutritionnel de l'arbre tout au long de la saison et ajuster les apports aux besoins de l'arbre, en fonction de son stade de développement.
 - En plus des besoins en éléments majeurs (N, P, K) et secondaire (Mg, Ca) il faut assurer l'alimentation en oligo-élément (Fe, Mn, Zn, B...).
 - Une carence de l'un de ces éléments affecte sérieusement la vigueur, le rendement, le calibre et la qualité du fruit.
 - Un bon apport en éléments nutritifs :
 - favorise la photosynthèse et combat la chlorose en donnant des arbres plus verts et en meilleure santé.
 - améliore la résistance au froid et aux gelées tardives.
 - améliore la floraison et la nouaison
- Besoins en fumure minérale: 200g de P₂O₅, 400g de K₂O, 800g

d'azote par arbre et par année d'âge.

- L'azote doit être fractionné : - 50% avant la floraison
- 25% après la floraison
- 25% après la chute physiologique
- Le phosphate est apporté chaque année en Septembre-Octobre.
- Le potassium est apporté soit en Septembre-Octobre ou entre « Février-Mars » .
- L'apport de chacun de ces éléments est fonction de l'âge des arbres.
- La magnésie, zinc, manganèse et fer sont également très importants pour la nutrition des agrumes. Ces éléments peuvent être apportés par pulvérisation foliaire.

13 La taille

D'après **Colombo (2004)** et **Richard (2004)**, les principes de la taille des agrumes sont les suivants :

1/ le jeune plant ne demande pas à être taillé avant la troisième année, le temps généralement nécessaire pour que le système racinaire s'ancre bien dans la terre. Il faudra simplement éliminer les gourmands.

2/ donner à la frondaison une forme de sphère surbaissée (proche du port naturel des agrumes), afin d'éviter un trop grand gaspillage de sève et de faciliter la cueillette.

3/ pour assurer une taille de fructification correcte, il est nécessaire de tenir compte que la fructification se fasse sur les branches de l'année précédente et que le développement des rameaux se fait au printemps, au début de l'été et à l'automne. Donc, la taille peut être pratiquée dès la fin de l'hiver (après les dernières gelées) et jusqu'au début du printemps (avant la floraison). La taille ne devrait jamais être effectuée en Février-Mars, au moment où l'accumulation des substances de réserves, nécessaire pour la nouaison, est élevée.

4/ un arbre vigoureux et en bonne santé n'aura besoin que d'une taille légère, l'arbre chétif sera taillé plus sévèrement.

5/ pour une bonne floraison, l'arbre doit posséder une quantité de feuilles appropriée.

6/ les branches doivent pouvoir soutenir le poids des fruits sans se briser ou affaiblies après avoir fleuri, ou bien les branches recourbées vers le bas.

7/ dans certaines espèces, telles que le mandarinier ou le clémentinier, elles ont une certaine profusion des pousses : il faut donc les éclaircir pour que les petits rameaux soient correctement espacés. Pour ces espèces, la taille doit être effectuée tous les ans, pour éviter l'alternance de production. Pour d'autres espèces, comme les orangers, la taille peut être moins fréquente.

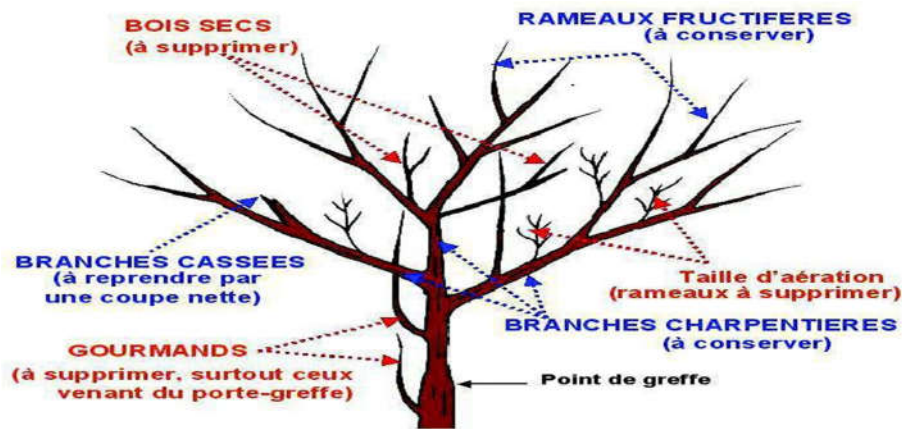


Figure n° 13 : Schéma de la taille d'entretien des agrumes (ITAFV, 2009).

14 La cueillette et la conservation des fruits

La cueillette des agrumes peut s'étaler sur une longue période, en particulier pour le citronnier. Pendant la cueillette, il faut veiller à ne pas abîmer les fruits afin de ne pas ouvrir la voie aux parasites. Pour cueillir le fruit, il faut le tirer tout en tordant, de sorte que le pétiole et les résidus du calice restent attachés à la branche (Colombo, 2004 ; Richard, 2004).

Pour leur bonne conservation, il est indispensable de nettoyer les fruits pour éliminer les résidus de terre et de produits phytosanitaires, il faut les traiter avec un produit fongicide afin de les protéger des champignons, en association avec une cire qui les protégera de la dessiccation qui, après brossage, leur donnera un bel aspect brillant (Richard, 2004).

15 Parasites et maladies des agrumes - traitements bio

Qu'ils soient cultivés en pot ou à l'extérieur, les agrumes comme les orangers, citronniers,.. etc. sont sujets aux attaques de parasites et peuvent infectés par des maladies. La prévention et les traitements bios peuvent en limiter l'impact.

De bonnes pratiques de culture (la qualité du sol, la fertilisation, l'arrosage, la taille) et des traitements modérés (même bio) viendront à bout dès la plupart des attaques parasitaires et des maladies cryptogamiques courantes chez les agrumes.

Pour quelques maladies, rien n'y fera si une bonne prévention n'a pas été appliquée. (Phytophthora, mal sec, trsiteza,... etc.). Celle ce terminera le plus souvent par-là l'élimination de l'arbre atteint pour éviter toute propagation.

Comme toujours au jardin bio un citronnier, un oranger ou tout autre agrume planté dans un jardin où la biodiversité est grande sera moins impacté par les parasites, car les insectes auxiliaires, les oiseaux en grand nombre joueront leur rôle de régulateur.



Figure n°14: Les principaux parasites et maladies des agrumes
(<https://plandejardin-jardinbiologique.com/>)

15-1-Les principaux parasites des agrumes et les traitements biologiques

Tableau (4): Les principaux parasites des agrumes et les traitements biologiques.

Parasites des agrumes en pots ou en pleine terre.	syptômes	Prévention	Traitement bio
Les pucerons	Les invasions de pucerons apparaissent sur les jeunes pousses en provoquant un enroulement et Invitez une crispation des jeunes feuilles.	Veillez à éviter les excès d'azote. les insectes auxilliaires dans votre jardin ou véranda.	En cas de très forte attaque, traitez avec du savon noir. Du pyrèthre (à utiliser le soir qu'en cas de force majeur).
Les cochenilles	Présence d'amas blanchâtre. L'arbre s'affaiblit, car elles pompent une partie de la sève et immanquablement si rien n'est fait se développe ensuite la fumagine.	Aérez votre citronnier ou oranger en pratiquant une taille d'éclaircissage régulière. Posez sur le tronc d'une bande de glu.	Traitez à l'huile blanche ou avec une recette au savon noir et alcool.
Les mouches blanches	Les invasions de mouches blanches surtout en véranda et en atmosphère sèche provoquent souvent de sérieux dégâts.	Favorisez les populations d'insectes auxiliaires. Décoction de lierre insectifuge pour protéger vos agrumes des mouches blanches.	Traitez le soir au pyrèthre en cas de forte invasion (ne jamais traitez pendant la floraison -abeilles-).

Partie bibliographique

La mouche méditerranéenne	Elle attaque aussi les agrumes les agrumes comme les clémentiniers. les fruits tombent prématurément.	Ramassage des fruits tombés et destruction par le feu.	Piégeage.
La teigne	Elle s'attaque aux jeunes pousses tendres des agrumes. Le papillon pond ses œufs en juillet à l'intérieur du limbe. Les chenilles se développent entraînant sa déformation puis sa chute.	Piégeage.	Pulvérisez du <i>Bacillus thuringiensis</i> au moment de la floraison. S'il pleut, il est nécessaire de renouveler l'opération.
La mineuse	La teigne pond ses œufs dans les fleurs des agrumes. Celles-ci se dessèchent rapidement. La chenille ou le ver grignote l'intérieur des jeunes agrumes qui tombent prématurément.	Favorisez la pousse vigoureuse dès le début du printemps (pas d'azote en excès qui rend les feuilles tendres).	Coupez et brûlez les rameaux atteints. Piégeage.
Les nématodes	Invisibles, ils s'attaquent aux racines. Les nématodes provoquent le dépérissement de l'agrumes (oranger ou citronnier). Quand les symptômes apparaissent nettement, il est souvent trop tard pour lutter efficacement.	Ne plantez jamais un agrume à l'endroit où un arbre de la même famille est mort. Pour les agrumes cultivés en pot, utilisez des substrats dont vous connaissez la provenance.	Pour la culture en pot des agrumes désinfection des pots.

<https://plandejardin-jardinbiologique.com>

15-2-Les principales maladies cryptogamiques et à virus des agrumes

Tableau(5): Les principales maladies cryptogamiques et à virus des agrumes.

Maladies des agrumes en pots ou en pleine terre.	syptômes	Prévention	Traitement bio
Le mal secco	Des rameaux dépérissent et deviennent secs comme son nom l'indique, ce qui entraîne souvent la mort de l'arbre. Lorsque l'on coupe des rameaux l'on peut remarquer des traces roses.	Comme toujours au jardin bio, désinfectez bien les outils de taille lorsque vous passez d'un « agrume » à l'autre.	Coupez et brûlez les rameaux infectés. Stérilisez les outils avant de couper du bois sain. Vos habituels traitements bios contre les maladies cryptogamiques peuvent ralentir la maladie, mais il est plus raisonnable de détruire la plante.
La fumagine	Ce champignon se développe sur le miellat des insectes (pucerons, cochenilles, etc.) et noircit les feuilles.	Sans une lutte efficace contre aleurodes, cochenilles et pucerons, il est difficile de venir à bout de la fumagine. Tailler les arbres pour les aérer.	Il n'y a pas de traitement direct contre la fumagine, il faut juste détruire les insectes piqueurs sur les rameaux et les feuilles et couper les rameaux recouverts de la maladie afin qu'il ne se généralise pas à toute la plante.
La tristeza	Cette maladie virale est redoutable. Le virus est transmis par les insectes suceurs et piqueurs et surtout par les outils de taille.	Planter que des arbres certifiés indemnes de viroses et greffés sur des porte-greffes reconnus résistants à cette virose. Là encore, désinfectez les outils.	Aucun traitement connu. Arrachez systématiquement les arbres atteints.
L'exocortis	Ce virus n'attaque que sur des agrumes greffés sur certains porte-greffes. L'écorce du porte-greffe s'exfolie et le feuillage jaunit.	Comme la précédente .	Comme la précédente .

Partie bibliographique

Les carences:	S'il présente les symptômes d'une maladie, les carences sont en fait dues à la qualité du sol dans lequel vous cultivez vos agrumes.	Amendez la terre de façon équilibrée et pour la culture en pot employez des terreaux adaptés à ce type de plante.	toutes les carences.
---------------	--	---	----------------------

(<https://plantedjardin-jardinbiologique.com>)

16 Rendement et récolte

Le rendement varie selon les soins apportés aux arbres et suivant les variétés. Un oranger adulte bien entretenu produit en moyenne 100kg de fruits (20 à 30T/ha), mais il n'est pas rare d'enregistrer des récoltes de 40 et même 60t/ha dans des orangeries cultivées d'une façon intensive dans des milieux très favorables aux citrus (**Anonyme, 1994**).

Les agrumes doivent avoir atteint un degré de développement et de maturité approprié, compte tenu des critères de la variété, de la période de cueillette et de la zone de production (**Anonyme b, 2012**). La maturité des agrumes est définie par les paramètres indiqués pour chaque espèce mentionnée.

- Teneur minimale en jus.
- Teneur totale minimale en éléments solides solubles (teneur minimale en Sucre) .
- Ratio sucre/acide minimale.
- Coloration (**Anonyme b, 2012**).

La récolte de quelques espèces

Les bigarades de Novembre à Mars, les cédrats de Juillet à Août, les citrons en hiver, les clémentines et les mandarines en Septembre, les kumquats de Novembre à Mai, les limes de Mars à Avril et de Septembre à Octobre, les oranges \diamond de Novembre à Février, \diamond en Février-mars, \diamond de fin Janvier à Mars, les pomelos dès le mois de Mars (**JeanYvesPrat, 2003**).

17 Espaces et Variétés 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**).

Selon **Guignard (2001)** in **Hellal (2011)** les agrumes sont regroupés dans trois genres principaux : Genre Fortunella, Genre Poncirus et le Genre Citrus.

-Genre Fortunella

Le genre Fortunella est très intéressant, il pouvant résister au gel. Ce sont des arbustes d'apparence très similaire aux Citrus, de pousse généralement lente, et de dimensions relativement réduites (Dans son aire d'origine, les zones subtropicales plutôt fraîches d'Asie du Sud-Est, en particulier de Chine, ces arbustes peuvent toutefois atteindre des dimensions respectables avoisinant les 6m). Le gros avantage de ce genre, c'est de posséder à la fois une bonne résistance au froid, et des fruits comestibles (**Anonyme a, 2004**).

Le genre Fortunella comprend six espèces dont deux seulement font l'objet d'une culture dans le monde. Il s'agit de Fortunella japonica et Fortunella margarita (**Barboni ,2006**).

- **Fortunella jaoponica (kumquat rond)** : donne les kumquats que l'on trouve très souvent sur les étals de fruits exotiques à fruit ronds.
- **Fortunella margarita (kumquat ovale)**: est le moins répandu, mais il est aussi résistant et décoratif à fruit ovoïde (**Anonyme a, 2004**).

-Genre Poncirus

Ce genre ne renferme qu'une seule espèce : Poncirus trifoliata. Ce genre offre une résistance au froid sans concurrence chez les agrumes. C'est un arbuste originaire de Chine, à feuilles caduques ou semi-persistantes selon les conditions climatiques, capable de résister jusqu'à -20°C. Les feuilles du Poncirus trifoliata sont décoratives et trilobées. C'est un arbuste à fleurs printanières, blanches et souvent odorantes. Le fruit a bien la structure d'un agrume, avec une écorce, un albédo, des quartiers juteux... et pleins de graines (**Anonyme a, 2004**). Cette espèce est essentiellement utilisée en agrumiculture comme porte greffe car ses fruits ne sont pas comestibles en raison de la pulpe contenant de gouttelette d'huile ayant une saveur brûlante (**Barboni ,2006**).

-Genre Citrus

Au-dessous de ce genre il existe différentes espèces dont les plus connus sont :

- ❖ L'oranger
- ❖ Mandarinier
- ❖ Citronnier
- ❖ Pomelo

❖ **L'oranger**

Il existe deux types des oranges : Orange doux (*Citrus sinensis*) et Bigarade (*Citrus aurantium*).

-L'oranger doux (*Citrus sinensis*)

Les orangers doux représentent l'espèce le plus cultivée du genre citrus. Les caractéristiques du fruit permettent de distinguer (4) quatre groupes :

- Les oranges blondes navels.
- Les oranges blondes.
- Les oranges sanguines.
- Les oranges douces.
- **Les oranges blondes navels**

L'ombilic caractéristique résulte du développement d'un seconde fruit rudimentaire. La texture de la chair est croquante et la qualité gustative excellente. Ces variétés, généralement précoces et les arbres sont moyennement vigoureux. Les variétés plus connues sont : Washington, Thomson, Navelina, navelate.

○ **Les oranges blondes**

Les arbres sont généralement vigoureux, les fruits sont plus ou moins spermés, plus juteux que les navels. Les variétés plus connues sont : Valencia late, Hamlin, Shamouti, Maltaise, Salustiana, Cadénéra.

○ **Les oranges sanguines**

Elles acquièrent leurs caractéristiques uniquement dans les zones à saison fraîche (moyenne proches de 13°C) possèdent des amplitudes importantes de température journalière. En zone tropicale, ces oranges restent blondes.

Les variétés les plus connues parmi les sanguines sont : Sanguinelli, Tarocco, la double fine améliorée, et pour les demi-sanguine, la Maltaise demi-sanguine et la Shamouti Maourdi .

○ **Les oranges douces**

Elles ne possèdent pas d'acidité et de ce fait sont insipide. Elles sont très peu cultivées (**Anonyme, 1965. Anonyme, 2009**).

-Bigaradier (*Citrus aurantium*)

Le bigaradier possède une écorce verte et rugueuse. La pulpe de ces fruits est acidulée, ce qui lui confère un gout amer (**Haineault, 2000**). D'après **Medjdoub (1996) in Hellal (2012)**, le bigaradier est utilisé comme porte greffe pour ses nombreuses qualités : résistance à la gommose, la compatibilité satisfaisante avec les autres grande variétés, la production abondante de fruits de bonne qualité.

❖ **Mandarine (Citrus reticulata)**

Il s'agit d'un groupe très polymorphe au sein duquel on distingue :

- **La mandarine Satsuma** : arbre à port retombant, possédant une certaine résistance au froid en partie liée à la grande précocité de maturation des fruits. Les fruits aspermes et juteux s'épluchent très facilement. Ils sont peu aromatiques.

- **La mandarine King** : nécessite des températures élevées. Ses fruits acquièrent une meilleure qualité avec un porte-greffe moyennement vigoureux dans des sols plutôt lourd.

- **La mandarine méditerranéen** : arbre de vigueur moyenne a rameaux fins, fruits juteux, très spermes, de forme aplatie et de couleur jaune-orangé à maturité. La peau est non adhérente et possède un arôme très typé. la production alterne fréquemment.

- **Autres mandarines** dont les types les plus connue sont Beauty et Dancy, aux fruits aspermés, juteux, de coloration orange soutenue, bien adaptés aux milieux subtropicaux et la clémentine qui produit en plantation mono-spécifique des fruits aspermes (auto incompatibilité), précoces, juteux et délicatement parfumés. Pour une bonne production le clémentinier nécessite un climat doux, peu contrasté (**Anonyme, 2009**).

❖ **Citronnier (Citrus limonum)**

Les fruits sont de forme ovale, avec un mamelon plus au moins apparent à leurs extrémités. La peau fine est colorée en jaune à maturité du fruit; elle est pourvue de nombreuses glandes oléifères renfermant des essences. La pulpe, de coloration jaune ou verdâtre, est généralement riche en acide citrique, ce qu'il lui donne sa saveur acide (**Blancke, 2001**). Cette plante atteignant 7m.

À couronner arrondie et de nombreuses branches pourvu d'épines (**Aas et riedmiller, 2009**). Les principales variétés cultivées de citronnier sont : Verna, Eureka, Lisbonne, Monachello, Interdonato et Lunaris (**Blancke, 2001**).

❖ **Pomelo (Citrus paradisis)**

La taille de son fruit plus ou moins rond, va de 8 à 14 cm ces fruit poussent en grappe. L'écorce plutôt épaisse, la pulpe est peu plus grossière que celle du pamplemousse; elle est tantôt douce, sucré, juteuse et parfumée, tantôt sèche, amère, acidulée. Il a absolument besoin de chaleur pour produire des fruits de bonne qualité. Cependant, avec de la chaleur, il s'adapte bien à des climats : humide, sec, tropical, semi-tropical, subtropical (**Haineault, 2000**).

Il existe des variétés à chair jaune pâle (**Marsh seedless**), et des variétés d'autant plus colorées du rosée au rouge, que les températures sont régulièrement élevées (Thompson, Ruby, Shambar) (**Anonyme, 2009**).

17.1 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 et l'adaptabilité aux sols) (ITAF ; 1995).




17.2 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.

17.3 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 :

Sous - groupe	Variétés	Caractéristiques
Les Oranges Citrus sinensis(L) Obs.		
Les Naveles	<p align="center">Orange Navelina</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • précoce • arbre vigoureux à feuillage dense avec de grandes feuilles de couleur vert foncé • récolte de à janvier • fruits, sans pépin, sont de couleur orange-rouge foncé et de calibre moyen (de 100 à 200 g novembre.) • facile à éplucher avec une peau plus ou moins épaisse • sensible aux attaques de Cératite
	<p align="center">Orange Thomson navel</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Précoce • L'arbre est moins vigoureux que celui de la Washington navel • frondaison dense et sphérique • Les fruits se récoltent de novembre à décembre • taux de jus très faible • fruits sont plutôt gros (100 à plus de 200 g) et sans pépin Ils sont de couleur orange, faciles à éplucher.
	<p align="center">Orange Washington navel</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Précoce • chair est peu croquante, juteuse et parfumée • L'arbre de bonne vigueur a un port sphérique • Les fruits sont récoltés de décembre à février • sans pépin • gros (100 à plus de 200 g.) et faciles à éplucher • souvent très développé • Gout agréable avec un bon équilibre sucre acidité





Partie bibliographique

	<p style="text-align: center;">Orange sanguinelli</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbre de vigueur moyenne au feuillage allongé, clairsemé • Fruits oblongs • La peau est orange à très rouge, la pulpe est demi-sanguine à complètement sanguine • Les fruits varient de 80 à 180 g • La qualité gustative plutôt medicore en corse
<p style="text-align: center;">Les Sanguines</p>	<p style="text-align: center;">Orange double fine améliorée</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • arbres ont un port sphérique à feuillage clairsemé • fruits oblongs, de couleur orange avec des reflets rouges sur la peau • se récoltent de Février à Mars • La pulpe est demi-sanguine, peu juteuse, à goût agréable avec quelques pépins.
	<p style="text-align: center;">Orange Moro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Variété très productive a frondaison éparse • Fruit rond à peau orange à rouge • Pulpe peut aller de l'orange- rouge au violet pourpre intense • Saveur particulièrement agréable, elle développe parfois des arômes surprenants de fruits des bois • Fruits chutent facilement à maturité
<p style="text-align: center;">Les blondes</p>	<p style="text-align: center;">Orange Hamlin</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres très vigoureux à porte sphérique • Très productif mais sensible à l'alternance dans certaines conditions • Récolte de janvier à février • Fruits sphériques, très juteuse, avec quelques pépins • Fruits varient de 100 à 200 g
	<p style="text-align: center;">Orange Salustiana</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • L'arbre est de forte vigueur avec une frondaison dense. • variété très productive • très juteuse, • aromatisée utilisée aussi bien pour le frais que pour le jus • récolte de Décembre à Février • couleur orange, sphériques, avec une peau plutôt fine mais difficile à éplucher avec quelques pépins (de 0 à 5) • calibre moyen de 80 à 150 g





Partie bibliographique

Les mandarines et leur hybrides citrus reticulata (L)		
Sastumas	<p style="text-align: center;">Sastuma Miho et Sastuma Wase</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • mandarines japonaises en générale précoces et sans pépin • récoltée dès Septembre Octobre. • fruits varient de 80 à 120 g, de couleur vert jaune et à pulpe orangée très colorée. • Variété à mise à fruit très rapide et très productive • très résistantes au froid • sensible à la mouche des fruits
Communs	<p style="text-align: center;">Mandarine Méditerranéenne</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Elle est très parfumée, de couleur jaune orange, facile à éplucher, avec de nombreux pépins • Récoltée en janvier et février • Sensible au vent • Très sensible à l'alternance
Tangelos	<p style="text-align: center;">Tangelo Orlando</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Fruits à couleur orange, varient de 80 à 150 g • Très juteuse (plus de 55 % de jus), avec quelque pépin et à peau fine • Récolter à décembre à janvier • Variété est un pollinisateur particulièrement efficace pour le clémentinier
Tangeros	<p style="text-align: center;">Tangor Afourer</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Fruits couleur orange intense • Beau calibre, l'absence de pépins (en monoculture) • Très bonne saveur, un arôme particulièrement agréable • Peau facile à épluchage, avec une odeur rafraichissante • Récolter de janvier à avril
	<p style="text-align: center;">Tangor Murcott</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbre est alternant • La plus tardive des variétés vendue comme clémentine • Fruit a bon gout, il est plutôt sucré et très juteux • Peau jaune orangée, fine et très difficile à éplucher • Renferme quelques pépins même en monoculture • Récolé d'avril à juin





Partie bibliographique


Les Clémentines <i>Citrus reticulata</i> L.		
<p>Clémentine Caffin</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Variété précoce • Arbre de forme sphérique, avec un port étalé et une frondaison dense • feuilles d'un vert foncé, petites et lancéolées • vigueur faible surtout les premières années • Floraison précoce • productivité faible lors des premières années mais nous constatons à une bonne production à partir 10ème année au champ • récolte est en mi-October à la fin Novembre • Fruit de forme sphérique, de calibre petit à moyen (50-80g) • Peau orange rouge, épaisse bosselée • Teneur en jus élevée, avec excellent Saveur 	
<p>Clémentine Commune</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • l'arbre est de forme sphérique, présente un port dressé et une frondaison dense • vigueur : forte • La floraison est précoce • productivité varie de moyenne à forte production • Fruits juteux • Récolter de septembre à mars 	
<p>Clémentine Nules</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbre forme sphérique, une frondaison dense avec vigueur moyenne à élevée • Productivité : moyenne à forte • Récolte : fin novembre à fin janvier • Calibre : gros de poids moyen (80-110g) • Teneur en jus : moyenne à élevée • Saveur : sucre acidité) • Très sensible à gommose à phytophthora • Sensible au gel sur les dernières récoltes de janvier 	
<p>Clémentine Marisol</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbre : très vigoureux, frondaison aérée, port érigé, présence de quelques épines • Productivité : forte • Maturité : Mi-octobre à mi novembre • Calibre : Gros • Peau orange clair, épaisse et grenue, d'adhérence faible • Fruit juteux mais à gout fade (teneurs faibles en sucre et en acidité) • Sensible au vent 	

Partie bibliographique

Les citrons (Citrus limon (L.)Burm)		
	<p>Citrus limon (Citron eureka frost)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbre vigoureuse, floraison remontante, avec une très bonne production • Les feuilles sont plutôt fines. • La récolte s'étale de fin Novembre à Juillet • Les fruits, entre 80 et 150 g, sont assez réguliers et peu allongés, avec une peau lisse. • Ils sont juteux avec quelques pépins
	<p>Citron Feminello</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Variété à feuilles plus larges et à fruits plus allongés que l'Eureka • variété très productive avec des fruits de 100 à 200 g contenant quelques pépins, • les fruits sont juteux avec une très tenue sur l'arbre • fruits récoltés de Septembre à Novembre sont dits Primofiore, ceux récoltés de Décembre à Mai sont appelés Limone, ceux récoltés d'Avril à Juin sont dits Bianchetti et ceux récoltés de Juin à Septembre sont les Verdelli
Les limes (Citrus aurantifoliaL.)		
Limes acides	<p>Lime Mexicaine (Citrus aurantifolia)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Elle est très facile à multiplier par semis, malgré sa forte sensibilité aux Phytophthora • L'arbre est très vigoureux • elle produit de petits Citrons ronds de 40 à 60 g à • pulpe verte, avec 1 à 5 pépins, • Les fruits ont une peau fine, jaune en zone froide, restant verte en région chaude. • Très sensible à la tristeza et au froid
	<p>Lime Tahiti</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbre très vigoureuse, avec de nombreuses petites épines • Produit des fruits plutôt allongés de 70 à 80 g à pulpe verte • très juteuse, sans pépin, dont le parfum est très différent du parfum des Citrons jaunes (Citrus limon). • La peau de ces fruit est fine, jaune en zone froide, restant verte en région chaude

Partie bibliographique

<p>Limes douces</p>	<p>La lime de Palestine ou lime douce du Brésil (Citrus limetioïdes)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Variété utilisée comme porte greffe à sols sableux très légers • Les fruits sont généralement jaunes à maturité, de forme plus ou moins allongée. • un fruit à peau lisse de forme plutôt arrondie, et présentant quelques pépins.
<p>Les Pamplemousses (Citrus maxima (Burm.)Merr.)</p>		
	<p>Pamplemousse Goliath</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres ont un développement important • les fruits, se développent en grappe ils sont souvent très gros de 500 g à plus de 3 kg • peau très épaisse • Le fruit, de calibre légèrement supérieur aux pomelos jaunes, et à chair blanche.
<p>Les Pomelos (Citrus Paradisi Macf) (Hybride supposé entre pamplemousse et orange)</p>		
	<p>Pamelo March</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • ce Pomelo à chair blanche, très amère, a été • l'une des premières variétés de pomelos commercialisées qui soient presque sans pépin. • Les fruits varient de 200 à 400 g et se développent en grappes le plus souvent à l'intérieur de la frondaison • Ils sont jaunes, sphériques, aplatis aux deux pôles et avec une peau lisse. On trouve parfois quelques pépins.
<p>Les Kumquats (Fortunella sp.)</p>		
	<p>Kumquats Marumi</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • L'arbre a vigueur moyenne • ce sont les seuls agrumes qui se consomment avec la peau. • trouve sur le marché deux principales variétés. Le Nagami (Fortunella margarita) à fruits longs et acidulés. et le Marumi (Fortunella japonica) à fruits ronds, plus doux mais beaucoup plus fragiles • petits fruits de couleur orange, à peau lisse, variant de 25 à 40 g et avec 2 à 5 pépins

Les cédratiers (<i>Citrus medica</i>)	
	<ul style="list-style-type: none">• Utiliser comme essence aromatique pour les confiseries, et les parfums• Parfum : très bon• Qualité gustative : moyenne• Maturité des fruits : novembre à décembre

18 Les porte-greffes d'agrumes

18.1 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 radiculaire, 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**).

18.2 Critères de choix d'un porte-greffe

Les qualités essentielles d'un bon porte-greffe peuvent être résumées comme suit :

- Une bonne résistance à la gommose à *Phytophthora*, principale maladie cryptogamique qui affecte les tissus conducteurs de sève des racines et du tronc.
- Une association greffon/porte-greffe tolérante à la maladie à virus de la Tristeza.
- Une adaptation aux sols alcalins et à teneurs souvent élevée en sels.
- Une multiplication et un élevage en pépinière facile ainsi qu'une bonne affinité au greffage avec les principales espèces et variétés commerciales.
- Un effet favorable du porte-greffe sur le greffon, se traduisant en particulier par une mise à fruit rapide et une meilleure qualité des fruits, aussi bien en matière de calibre qu'en matière de qualité organoleptique et teneur en jus. Il est évident que le porte-greffe idéal rassemblant toutes ces qualités n'existe pas.

Les critères de sélection des porte-greffes doivent tenir compte d'un certain nombre de contraintes et d'effets sur les variétés en permettant une multiplication à l'identique, ayant un système racinaire adapté et offrant une bonne affinité porte-greffe/variété.

Le choix d'un porte-greffe doit être basé sur les facteurs limitant les plus importants à la production dans une région donnée, le climat local, les conditions du sol, le cultivar et le but de la production de la culture (produit frais ou transformé).

Parmi plusieurs autres facteurs majeurs, la combinaison particulière porte-greffe/scion détermine ou modifie la taille du fruit ainsi que ses qualités externes et internes et son aptitude à la conservation (**Ladaniya, 2008**). Plusieurs études ont été réalisées pour évaluer plusieurs combinaisons porte-greffes/greffons ainsi que leurs effets sur le rendement et la qualité des fruits (**Georgiou, 2002; Stuchi et al., 2002; Forner-Giner et al., 2003; Zekri et Al-Jaleel, 2004; Al-Jaleel et al., 2005; Perez-Perez et al., 2005; Ramin et Alirezanezhad, 2005; Louzada et al., 2008**).

Sur plusieurs dizaine d'années, plusieurs groupes de recherche ont testé des porte-greffes, des hybrides et des scions de variétés sous une large gamme de conditions expérimentales impliquant des traitements au sel (**Zekri et Parsons, 1989; Lloyd et al., 1990; Chen, 1992; Zekri, 1993; Garcia-Lidon et al., 1998; Mouloud et al., 2002; Rochdi et al., 2005**), ou des sols calcaires et à pH élevé (**Louzada et al., 2008**). Hélas, les porte-greffes disponibles comme l'orange trifolié et ses hybrides les citranges Carrizo et Troyer et qui sont résistants à plusieurs stress biotiques (CTV, nématodes, *Phytophthora* spp.), sont sensibles à un degré élevé en calcium mais aussi au stress salin.

Les porte-greffes appartenant au groupe des citronniers sont tolérants à la salinité mais sensibles aux CTV (*Citrus Tristeza Virus*), nématodes et *Phytophthora* spp. De plus, le mandarinier Cléopâtre, qui est très tolérant au sel et à la tristeza est sensible à *Phytophthora* spp. Pour cela, il est incontestable que l'objectif principal des améliorateurs serait de chercher et de créer de nouveaux porte-greffes cumulant les deux types de tolérance aux stress biotique (tristeza, *Phytophthora* spp., Nématodes) et abiotique (salinité, alcalinité), tout en octroyant à la variété une bonne qualité des fruits et une bonne productivité.

18.3 Les principaux porte-greffes d'agrumes

A/ Bigaradier (*Citrus Aurantium*)

Il s'agit du porte-greffe le plus anciennement utilisé et qui reste encore dominant dans bien des pays du bassin méditerranéen. Il tend à perdre sa place prépondérante, en raison des associations sensibles qu'il constitue vis-à-vis du virus de la tristeza.

-Aptitudes Agronomiques

C'est un porte-greffe qui craint les excès d'eau et les sols lourds ; il est relativement tolérant aux chlorures, assez tolérant au calcaire et s'adapte à une large gamme de types de sols.

-Sensibilité aux maladies et parasites

Le bigaradier est sensible au mal secco, une maladie du système vasculaire due à *Phoma tracheiphila* ; il donne des associations sensibles au virus de la tristeza, notamment avec le mandarinier, l'oranger et ses hybrides ou le pomelo, mais pas avec le citronnier ou le bergamotier. En contrepartie, il donne des associations tolérantes au blight. Il est tolérant à la cachexie-xyloporose et à l'exocortis, résistant à la gommosse à *Phytophthora*, mais sensible aux nématodes notamment ceux du type *Tylenchulus semipenetrans*.

-Influence sur le comportement du scion, sur la récolte et la qualité

Le bigaradier utilisé comme porte-greffe améliore peu la résistance au froid de l'ensemble de l'arbre. Il induit une productivité moyenne ou bonne et confère une qualité du fruit acceptable. Il a une bonne affinité avec toutes les variétés, sauf avec les kumquats et avec certains mandariniers du type des satsumas.

-Comportement en pépinière

Les plants issus de semis sont vigoureux, avec un bon enracinement à la fois traçant et pivotant. Le bigaradier est peu sensible aux fentes de semis et à la bactériose due à *Pseudomonas*. Il est sensible au choc de repiquage, ce qui peut entraîner une certaine hétérogénéité dans les planches où il est installé. En cas de conduite de la pépinière en pleine terre, il n'est pas conseillé de semer le bigaradier plusieurs fois au même endroit, car on risque de voir apparaître des phénomènes de « fatigue » des sols.

B/ Citrange Troyer

Cet hybride interspécifique a été obtenu en Californie vers 1909, à partir d'un croisement entre l'oranger *Citrus sinensis* et le *Poncirus Trifoliata*.

-Aptitudes Agronomiques

Le Citrange Troyer supporte les sols moyennement humides et résiste à une teneur en calcaire supérieure à celle tolérée par le *Poncirus*. Il est sensible aux chlorures et craint les sols secs. Son comportement est médiocre en régions chaudes et sèches de type soudano-sahélien.

-Sensibilité aux maladies et parasites

Ce porte-greffe est assez résistant à la gommose à *Phytophthora*, mais, associé au clémentinier, il apparaît parfois de petites craquelures sur le bourrelet de greffe, lesquelles peuvent être colonisées par du *Phytophthora* sp et former alors des poches de gomme juste au-dessus de ligne de greffe. Jusqu'ici cette anomalie a plutôt été observée dans les régions sahéliennes. Le citrange Troyer forme des associations tolérantes à la tristeza ; il est tolérant à la cachexie-xyloporose, mais sensible à l'exocortis, au blight et aux nématodes. En zone antillaise, il s'est montré sensible aux attaques de *Diaprepas abbreviatus*, un charançon des racines.

-Influence sur le comportement du scion, sur la récolte et la qualité

Le citrange Troyer n'améliore que légèrement la résistance au froid. Il induit rapidement la mise à fruit et assure une production élevée. Les fruits sont souvent de petit calibre mais de bonne qualité, notamment dans le cas de l'association clémentinier/Troyer.

-Comportement en pépinière

Les plantules du citrange Troyer ont un développement très vigoureux. Elles sont peu sensibles à la fonte des semis et résiste correctement au choc du repiquage. L'enracinement est plutôt de type pivotant, ce qui peut poser quelques problèmes au moment de l'arrachage en motte. Les tiges sont droites et vigoureuses, facilitant ainsi le greffage.

C/ Citrange Carrizo

Cet hybride est issu d'un croisement semblable à celui du Citrange Troyer. Ses aptitudes de porte-greffe sont supérieures, ou au moins égales, à celles de ce dernier. Aujourd'hui, le citrange Carrizo devient l'un des porte-greffes les plus utilisés dans plusieurs grand pays agrumicoles de la zone tropicale et subtropicale.

-Aptitudes Agronomiques

Ce porte-greffe a les mêmes aptitudes que le Citrange Troyer, mais il est plus résistant aux chlorures.

-Sensibilité aux maladies et parasites

Le citrange Carrizo donne des associations tolérantes à la tristeza et sa résistance aux nématodes est meilleure qu'avec le citrange Troyer. Il semble moins sensible à certains viroïdes et, pour les autres caractères, il est comparable à cet autre porte-greffe.

-Influence sur le comportement du scion, sur la récolte et la qualité

La productivité du citrange Carrizo est très élevée, sans diminution du calibre des fruits. Pour le reste, il est comparable au citrange Troyer.

-Comportement en pépinière

Ce porte-greffe se comporte globalement comme le citrange Troyer, mais il présente un enracinement plus dense et plus profond.

D/ Citrus Volkameriana

A l'origine, ce porte-greffe avait retenu l'attention pour sa résistance au mal secco. C'est un bon porte-greffe « passe-partout », notamment pour les citronniers, les limettiers et divers autres agrumes.

-Aptitudes Agronomiques

Citrus volkameriana est assez résistant aux chlorures, s'adapte bien en sols secs mais nécessite des sols aérés. Il supporte moyennement les sols lourds et résiste mal à l'asphexie.

-Sensibilité aux maladies et parasites

Ce porte-greffe résiste correctement à la gommose à Phytophthora et il donne des associations tolérantes à la tristeza, à l'exocortis, à la cachexie, mais sensibles au blight.

-Influence sur le comportement du scion, sur la récolte et la qualité

Citrus volkameriana assure une bonne résistance au froid. Il confère à l'arbre une assez grande vigueur et, en association avec le citronnier Eurêka, sa productivité est forte. Il semble induire une certaine alternance des récoltes ; il abaisse légèrement la teneur en jus et en extraits solubles des oranges et mandarines.

-Comportement en pépinière

Les graines de cet agrume germent facilement et les plantules sont vigoureuses. Son enracinement est bon. Le greffage est aisé et la prise est assurée. C'est un porte-greffe intéressant pour les pays qui n'ont pas développé de système de certification rigoureux et qui peuvent être confrontés à des problèmes de calcaire et de salinité, pour l'Égypte ou les pays du Moyen-Orient, par exemple.

E/ Citrus Macrophylla

Alemow (plus communément Macrophylla) est originaire de l'île de Cebu aux Philippines, c'est un hybride issu d'un croisement entre citronnier et pamplemoussier. Ce porte-greffe peut-être recommandé de préférence pour les citronniers et les limettiers à gros fruits, dans les régions indemnes de tristeza.

-Aptitudes Agronomiques

Citrus macrophylla est sensible au froid et aux sols humides. En revanche, il supporte des teneurs élevées en chlorures et s'accommode de sols très calcaires mais souvent il montre des carences en magnésium. Il donne également des associations de bon comportement en région arides

de type sahélien (régions le plus souvent indemne de tristeza).

-Sensibilité aux maladies et parasites

Ce porte-greffe est tolérant à la gommose à *Phytophthora* et réagit bien aux autres attaques racinaires, de *Diaprepas abbreviatus* en particulier, en raison de son aptitude à régénérer rapidement les racines lésées. Il est tolérant à l'exocortis, mais sensible à la tristeza ainsi qu'à la cachexie-xyloporose. La sensibilité à la tristeza est plus marquée lorsque le virus contamine le sujet avant greffage, ce qui est le cas lorsque la maladie est transmise par des pucerons à de jeunes semis.

-Influence sur le comportement du scion, sur la récolte et la qualité

Citrus macrophylla confère une bonne mise à fruit et ce dès un jeune âge. Les arbres sur ce porte-greffe sont très vigoureux. Il a une forte affinité avec les citronniers et les limettiers. Il a tendance à faire diminuer la teneur en sucres solubles des oranges, mandarines et de leurs hybrides.

-Comportement en pépinière

Le semis est facile et l'enracinement des plantules est bon. Le greffage est aisé. C'est un excellent porte-greffe d'amplification du matériel initial, mais son utilisation en verger de production reste limitée. Dans certains sols très calcaires du sud de l'Espagne, il est néanmoins préféré aux autres porte-greffes.

F/ C35

C35 a été obtenu par l'Université de Californie en 1987. C'est un hybride issu d'un croisement entre l'oranger Ruby Blood et *P.trifoliata*.

-Aptitudes Agronomiques

C35 tolère mieux le stress causé par les carences ferriques (pH du sol élevé avec teneur élevée en calcium), que citrumelo Swingle et les autres porte-greffes trifoliés. Il est convenable pour la replantation d'anciens sites d'agrumes.

-Sensibilité aux maladies et parasites

Le citrange C35 donne des associations tolérantes à la tristeza et moins susceptibles à la *Phytophthora* que citrange Troyer, C35 est tolérant au nématode des agrumes *Tylenchulus semipenetrans*. Les greffons utilisés sur ce porte-greffe doivent être sains du viroïde de l'exocortis (CEV) et tout autre viroïde, toute infestation peut induire nanisme et déclin de l'arbre. Les greffons doivent, aussi, être indemnes du virus citrus tatter leaf.

-Comportement en pépinière

Le taux de polyembryonie du C35 peut être inférieur à celui du citrange Troyer, il convient d'effectuer un tri sévère dans les semis en pépinière pour maintenir une descendance homogène, conforme au parent.

-La compatibilité du scion

C35 est incompatible avec le citronnier Yen Ben qui meurt après 5 ans dans un essai à Kerikeri, Nouvelle Zélande.

-L'expérience d'outre-mer

Ce porte-greffe a été obtenu en Californie, et après 10 années de sa parution, il est largement utilisé pour les navels surtout dans la vallée de San Joaquin. Ceci est principalement dû à son excellente efficacité du rendement, c'est-à-dire que pour chaque mètre cubique de volume de frondaison, il produit plus de kilogrammes de fruits que les autres porte-greffes.

Sur l'essai de l'HortResearch (Nouvelle Zélande), C35 a produit des arbres à rendement élevé avec des fruits de bon calibre et une qualité interne excellente. Les arbres sur C35 sont plus vigoureux que ce sur *P.trifoliata*, mais dans un essai semblable où la mandarine Satsuma est la variété, la vigueur de C35 a été ralenti au fur et à mesure que l'arbre donne de plus en plus de fruits.

18.4 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. 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'existent 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 Citrange 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 du bigaradier. Il est 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 ; 1967**).

19 La Multiplication des agrumes

Afin d'obtenir des plants indemnes des virus, la multiplication des agrumes doit être bien maîtrisée.

Comme la plupart des espèces végétale, la multiplication des agrumes se fait par semis ou par voie végétative.

19.1 Multiplication par semis

Le semis donne des plants sains qui ne portent pas des virus, des plants vigoureux. Ces derniers entrent en production 3 à 5 ans plus tard que ceux issu par voie végétative. La multiplication par semis ne conserve pas l'identité génétique de la plante mère. Cependant elle est utilisée pour la multiplication des portes greffe exemple: bigaradier.

Chez les citrus et à des degrés divers, l'embryon de la graine peut se développer à partir du nucelle de l'ovule sans recours au partenaire mâle. C'est la polyembryonie. Les plants nucellaires conservent les caractéristiques du sujet mère mais il faut faire une sélection des plants intéressant. En effet, ces plants entrent en production tard, leur bois reste longtemps épineux. Ils présentent une nette différence avec le pied mère au niveau de la fertilité, de résistance au froid, du nombre des pépins et de la qualité des fruits.

Cette méthode d'assainissement nucellaire n'est plus utilisée et a été remplacé par le micro greffage d'apex.

19.2 Multiplication végétative

C'est la multiplication asexuée. Dans ce cas, les caractéristiques variétales sont conservées à 100 %. La fructification ou la mise à fruit est très rapide (2 à 3 ans). La multiplication végétative des agrumes peut être par bouturage, marcottage ou par greffage.

19.2.1 Le bouturage

Cette technique est utilisée surtout pour les espèces ornementales. L'avantage est sa simplicité et le fait d'obtenir des plantes identiques à l'originale. Mais, cette technique de multiplication, tout comme le marcottage, n'est guère employée en agrumiculture (**Colombo, 2004 ; Richard, 2004**).

19.2.2 Le marcottage

Le marcottage est une méthode de multiplication des végétaux par la rhizogenèse (développement de racines) 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 :

-Le marcottage naturel

-Le marcottage artificiel On distingue plusieurs techniques de marcottage :

- « par couchage » ;
- « en butte » ou « en cépée » ;
- « aérien » ou « annulaire ».

19.2.3 Le greffage

Le greffage est une méthode de multiplication permettant de reproduire une plante tout en conservant ces caractéristiques.

On l'utilise généralement sur des plantes trop fragiles pour qu'un bouturage soit possible, et pour lesquelles le semis ne donne pas de bon résultat. Il peut également permettre d'aider une plante à mieux s'adapter à un type de sol.

La technique consiste à « souder », à associer un greffon de la plante que l'on veut reproduire sur un porte-greffe qui doit être compatible. Cette technique est très souvent utilisée dans la reproduction des arbres fruitiers.

- Le greffon

C'est la partie aérienne de l'arbre, qui formera la couronne de la nouvelle plante. Elle renferme les bourgeons dormants dont on veut multiplier les caractères convoités.

- Le porte-greffe

C'est la partie souterraine de la plante ou sa partie inférieure, y compris, dans certains cas, une partie de la tige et quelques branches, qui fournira le système racinaire de la nouvelle plante. Il se peut que cette partie contienne aussi des bourgeons dormants, mais il faudra les empêcher de se développer sur la nouvelle plante car ils formeraient des drageons ne possédant pas les caractères désirés que l'on souhaite multiplier (**Charles Baltet, 1892**).

20 Cycle de développement des agrumes

20.1 Croissance végétative

Les Citrus sont dits arbres à feuillage persistants sauf pour *Poncirus trifoliata* qui perd son feuillage en hiver (**Loussert, 1989 in Berrighi, 2007**), Ils sont caractérisés par une émission

régulière de feuillages durant l'année. Représentée par l'apparition des jeunes ramifications (rameau) dites poussées de sève au cours de trois périodes distinctes de l'année.

- **Première poussée de sève (poussé de printemps)**

De fin Février jusqu'au début Mai: les ramifications s'allongent, et se développent des jeunes feuilles de coloration vert-claire. Sur ces nouvelles pousses apparaissent en Avril et Mai les organes fructifères. Cette poussée est la plus importante du point de vue masse végétative développée (**Loussert, 1989 in Berrighi, 2007**).

- **Deuxième poussée de sève (poussée d'été)**

De juillet à Aout: se développent de nouvelles pousses qui sont en général moins importantes que celles de printemps et d'automne (**Loussert, 1989 in Berrighi, 2007**).

- **Troisième poussée de sève (poussée d'automne)**

De Septembre à Novembre: Cette dernière pousse assure le renouvellement du feuillage. Ces trois poussées sont le résultat de trois flux de sève qui commandent le développement végétative de l'arbre. Les arbres ne subissent pas le phénomène de dormance mais seulement un ralentissement de l'activité végétative (**Loussert, 1989 in Berrighi, 2007**).

20.2 Développement floral

Les principales étapes du développement floral sont: la floraison, la pollinisation et la fécondation.

- **La floraison**

Elle s'étale de fin Mars au début Mai: chez certaines espèces, la floraison peut être échelonnée durant toute l'année. C'est le cas des limettiers et des cédratiers. Par ailleurs, (**Praloran, 1971 in Berrighi, 2007**), rapporte que la proportion des fleurs qui donnent des fruits atteignant la maturité est faible, en effet 1% des 60000 fleurs suffisent pour assurer une récolte de 100 kg/arbre.

- **Pollinisation**

Lors de la pleine floraison, les anthères des étamines s'ouvrent et laissent échapper les grains de pollen, ces derniers sont transportés par le vent ou par les insectes, particulièrement les abeilles. Le développement parthénocarpique du fruit est déclenché par la germination du grain de pollen sur le stigmate sans qu'il y soit fécondation complète (**Ghelamallah, 2005**).

- **Fécondation**

Les espèces et les variétés riches en pépins assurent la fécondation complète. Après que la germination du pollen est réalisé, le stigmate, le germe de pollen se développe dans le stylet et se termine par la fusion des deux gamètes (Anthérozoïde, Oosphère), c'est la phase ultime de la fécondation (**Matmati, 2005**).

20.3 Développement des fruits

Les étapes du développement sont: la nouaison, le grossissement et la maturation.

- **La nouaison:** C'est la première étape du développement du fruit juste après la fécondation (**Ghelamallah, 2005**).
- **Le grossissement :** Etape rapide (Mai-Juin) qui nécessite de l'eau et des éléments nutritifs (N) afin d'obtenir un bon calibre et une bonne qualité du fruit (**Matmati, 2005**).
- **La maturation :** Cette étape s'effectue pendant la période échelonnée entre Juillet et Septembre, le fruit poursuit son développement en grosseur pour atteindre en Octobre son calibre définitif (**Loussert, 1989 ; Praloran, 1971 in Berrighi, 2007**).

21 Greffage des agrumes

21.1 Pour quoi greffer ?

La greffe des arbres fruitiers et plus spécifiquement des agrumes, permet d'obtenir des plantes d'une excellente qualité. ... Il possédera exactement les mêmes propriétés : un arbre résistant aux maladies, d'une petite taille pour faciliter la récolte, une grande quantité de fruits produite et des gros fruits savoureux.

21.2 Les avantages du greffage

C'est une technique de multiplication végétative par laquelle l'on peut faire des copies conformes du pied mère. Le problème de beaucoup d'arbres fruitiers est que la voie naturelle de multiplication se fait par la pollinisation. Or avec la pollinisation, l'on ne peut pas maîtriser les caractères de la génération suivante. Les techniques de greffage sont à la portée de tous, elles permettent de multiplier fidèlement toutes les variétés fruitières.

Le greffage permet donc de :

- 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 en choisissant le bon porte-greffe.
- cultiver des arbres selon la forme désirée en choisissant une 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 (grosesseur, 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 a un port ramassé et la récolte est plus facile.

21.3 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**).

21.3.1 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 délimités, 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**).

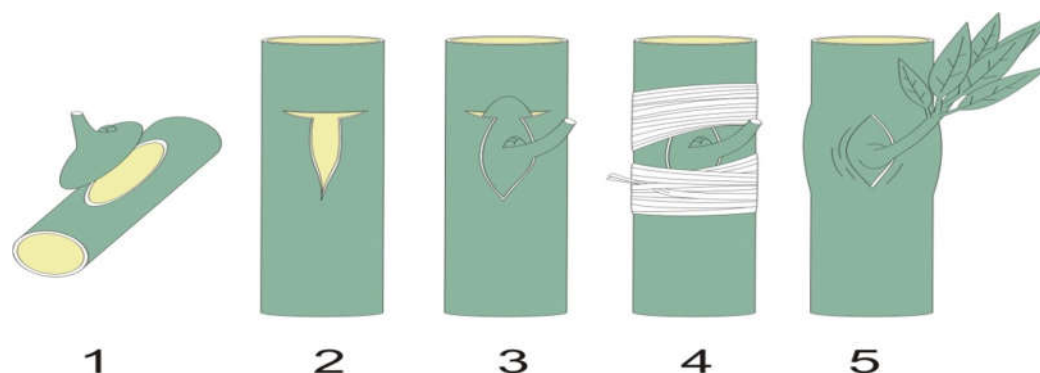


Figure n° 15: Technique du greffage en écusson

(<https://upload.wikimedia.org/>)

Le greffage en écusson sous écorce peut s'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 le premier surtout chez les arbres à noyaux 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**).

21.3.2 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**).

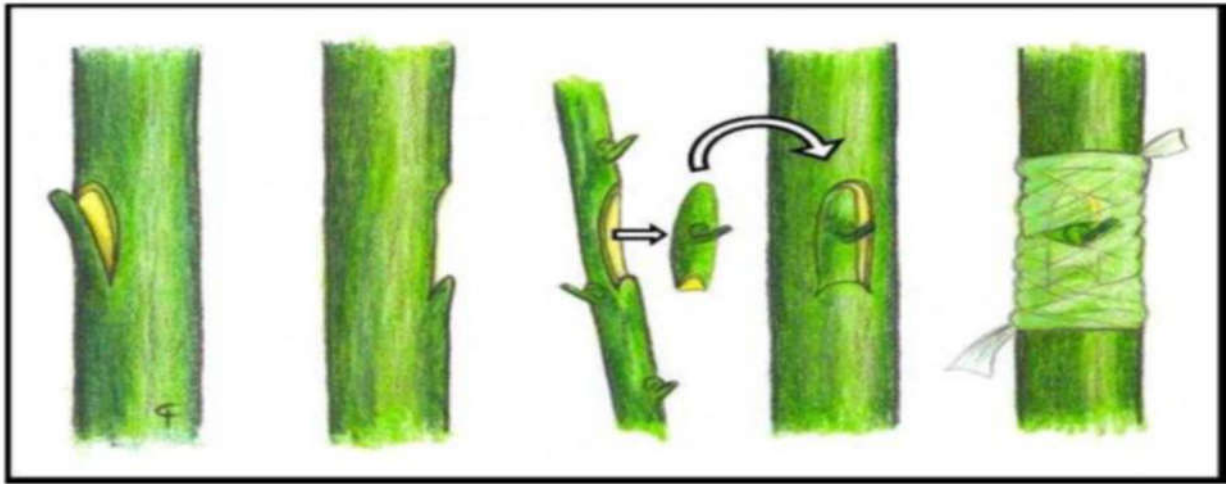


Figure n°16 : Technique du greffage en placage (Jacquemon C. et al, 2009)

21.3.3 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 (Jacquemon C. et al, 2009).

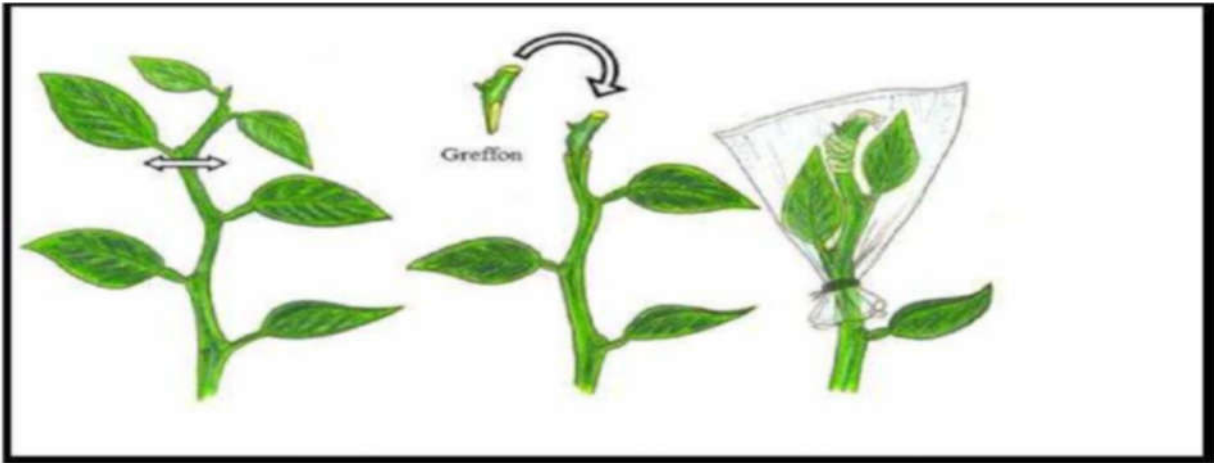


Figure n°17: Technique du greffage en fente herbacée (Jacquemond C. et al, 2009)

21.3.4 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).

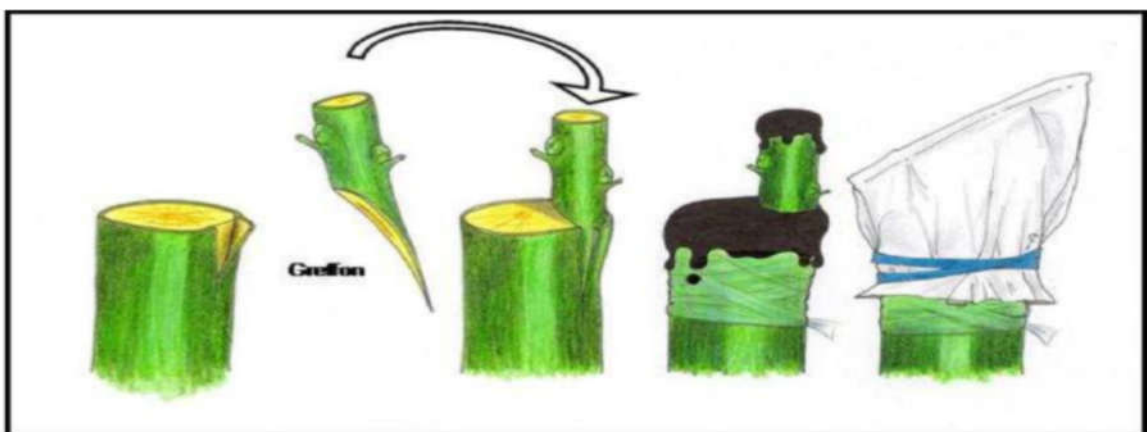


Figure n° 18 : Technique du greffage en couronne (Jacquemond C. et al, 2009)

21.4 Matériel de greffage

•Couteau de greffage ou greffoir

Pour bien greffer, il est important d'utiliser un outil qui ne serve qu'à cela. Un couteau bien aiguisé par exemple peut parfaitement convenir si on greffe peu. Il est cependant préférable de se munir d'un greffoir. On distingue 2 types de greffoir : le greffoir à vigne et l'écussonnoir. Le greffoir sert à inciser le porte-greffe et le greffon. L'écussonnoir est muni d'une petite spatule qui sert à décoller l'écorce sans léser les tissus.

•Sécateur

Il sert à prélever les greffons, à couper les porte-greffes au moment du greffage et du sevrage. Il doit être tranchant et bien nettoyé. La lame et la contre lame doivent être bien serrées afin de ne pas meurtrir inutilement les végétaux et retarderait leur cicatrisation.

•Mastic

C'est une pâte spéciale faite avec de l'argile, des excréments d'animaux et de la paille hachée. On le badigeonne pour protéger la greffe et pour favoriser la cicatrisation. Certains greffeurs expérimentés s'en passent.

•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 (FAO ; 2012).

21.5 Les conditions de réussite de greffage

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

- L'affinité

Il n'y a pas d'affinité possible s'il n'existe pas une très bonne affinité entre le sujet et le greffon. En effet dans ce cas la soudure ne se produit pas. L'expérience a montré que si sujet et greffon appartiennent à un même genre, la greffe est presque toujours possible. S'ils appartiennent à des genres de la même famille botanique, elle est plus difficile mais reste possible et s'ils appartiennent à des familles différentes, elle s'avère impossible.

-L'assemblage

La soudure entre greffon et sujet n'est possible que par le contact intime de leur zone de circulation active de la sève élaborée se trouvant sous l'écorce. Lors de la greffe, la circulation de la sève est interrompue et c'est au niveau de cette zone que se formeront des tissus cicatriciels provoquant la soudure et rétablissant la circulation de la sève. Il est donc primordial de veiller à ce que les zones génératrices du greffon et du sujet soient le plus possible en contact. C'est à ce stade

que l'habileté du greffeur est indispensable. On emploie généralement des ligatures pour renforcer cet assemblage.

-La vigueur réciproque

Dans la mesure du possible, choisissez un sujet et un greffon dont l'état de végétation, la vigueur et la robustesse sont pratiquement identiques. Si l'équilibre entre les vigueurs est bon, le sujet et le greffon présentent un diamètre égal au-dessus et au-dessous du niveau de la greffe. Si l'équilibre est mauvais, le greffon peut-être d'un diamètre supérieur à celui du sujet ou, à l'inverse, celui du sujet supérieur à celui du greffon.

- La saison de greffage

La majorité des greffes doit se réaliser dans la période où la sève est en abondante activité. Pendant la saison des pluies, la sève circule mieux. Il faut faire les greffes en ce moment-là. Mais ne greffez pas quand le tronc est mouillé. Si vous greffez pendant la saison sèche, arrosez beaucoup le porte greffe pendant une semaine avant de greffer. Ne greffez pas pendant les heures chaudes, le soleil sèche la plaie. Ne greffez pas non plus quand il y a beaucoup de vent.

-La polarité

Il est essentiel de respecter de sens de l'orientation des parties à mettre en contact .En d'autres termes, il faut respecter le sens de la sève.

-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**).

- 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). À noter que des expériences de greffage à des températures supérieures ont été fructueuses, mais dans une atmosphère très humide).

-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 oeil 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 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**).

-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.

- Soins après greffage

Ligaturage, pincement, masticage, déligaturage, ébourgeonnage, arrosage, désherbage, fertilisation, Protection phytosanitaire.

21.6 Mécanisme de soudure ou Callogenèse

Quelle que soit la technique de greffage mise en oeuvre, c'est l'importance de la surface de contact entre l'aubier du porte-greffe et du greffon qui déterminera la soudure de l'oeil. 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**).

21.6.1 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, toute altération mécanique ou parasitaire à ce niveau de l'arbre peut entraîner des perturbations dans les mécanismes de transfert.

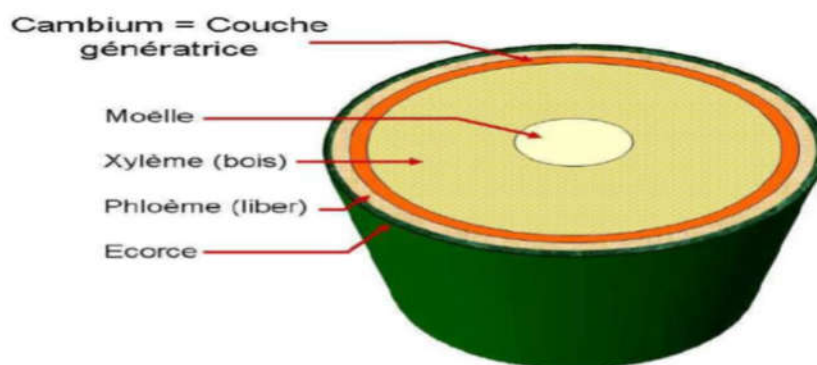


Figure n° 19: Coupe transversale d'un tronc d'arbre (**Jacquemond C. et al, 2009**)

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 assis cellulaires sont lésées empêchant les échanges. On observe cependant très rapidement une certaines adhésions 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 premières heures qui suivent 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).

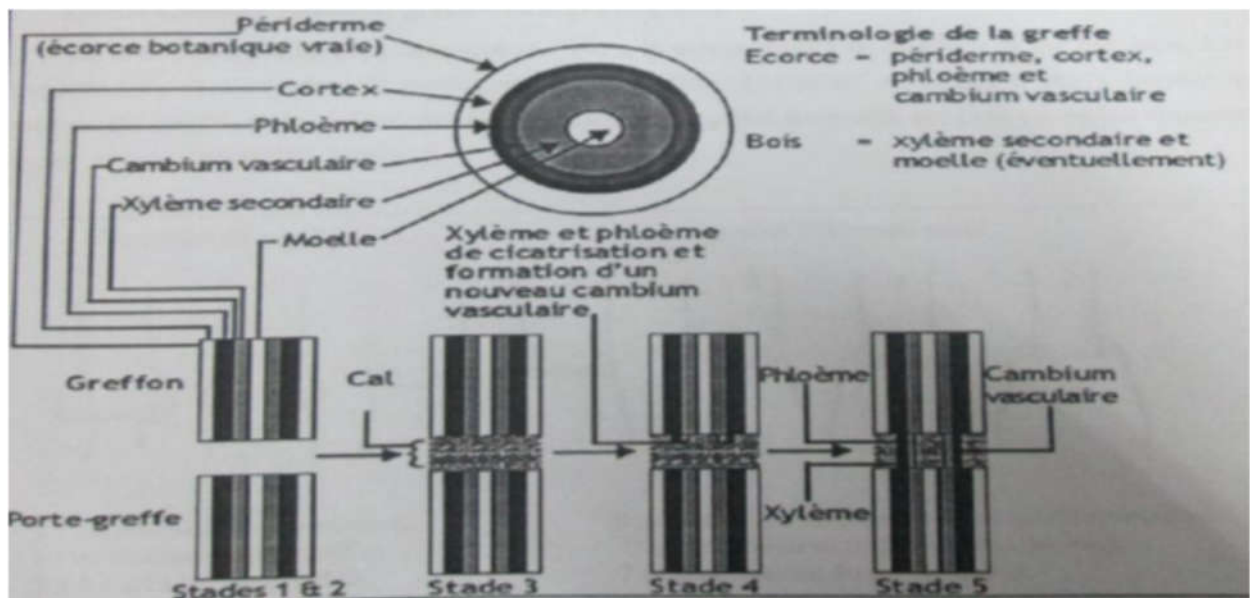


Figure n° 20 : Le mécanisme de soudure entre le greffon et le porte-greffe (Jaeniske ; 2003)

• Phase III : Néoformation 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 division cellulaires différentes de cellules du 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**).

21.6.2 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**).

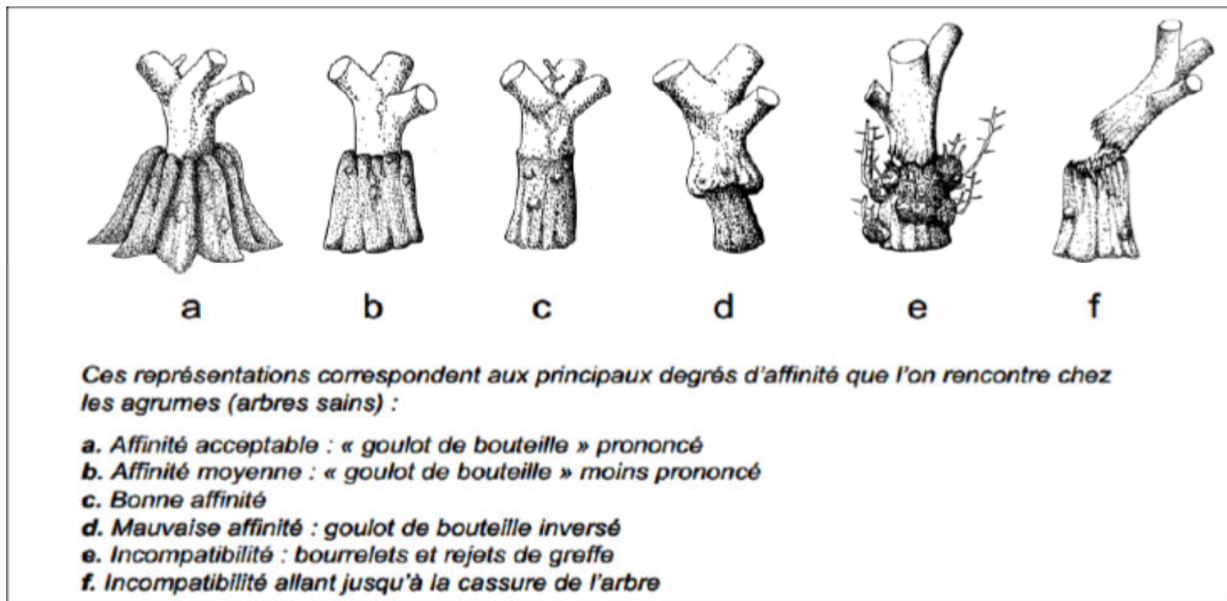


Figure n° 21 : Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes (Jacquemond C. et al, 2009).

21.7 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 un 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 pêcheurs 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. Quel que 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 :

21.7.1 Incompatibilité totale

(le 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 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 respectives de développement de la variété et du porte-greffe (**Jacquemond .C, 2009**).

21.7.2 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 observée 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 annonciateurs (**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 annuels 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**).

21.7.3 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.

21.7.4 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 doux 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 naissant 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.

21.8 Les interactions entre le porte-greffe et la variété greffon

21.8.1 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.

21.8.2 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.

21.8.3 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 vigourisant 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*.

21.8.4 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.

21.8.5 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.

21.8.6 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.

21.8.7 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**).

21.8.8 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**).

21.9 Le surgreffage

Le surgreffage est une Opération qui consiste à greffer un organisme déjà greffé, pour apporter certaines caractéristiques du nouveau greffon. La méthode de surgreffage la plus utilisée est la greffe en couronne

- L'opération doit être effectuée en fin de printemps.
- Elle passe d'abord par une taille sévère de l'arbre.
- Les choix des greffons pour surgreffer.
- Le greffon est une pousse d'un an taillée en biseau à sa base, puis glissée sous l'écorce du porte-greffe incisée verticalement et dont un côté est soulevé.
- Veuillez à joindre parfaitement les tissus pour éviter la pénétration de l'air.
- Ligature de la surgreffe.
- Après la ligature, recouvrir le plateau et la tête du greffon de mastic à greffer.

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 porte-greffe 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.

PARTIE
EXPERIMENTALE

1. Matériel et méthodes

1.1 Objectif de l'essai

Cette expérience est réalisée dans le cadre des essais menés sur la recherche de la variété de greffon la plus compatible sur le porte greffe de citrus volkameraina ; C'est dans cet objectif, qu'on va observer et comparer l'influence d'une seule variante (variété greffon) avec un seul porte greffe sur l'aspect compatibilité et l'évolution de l'association après greffage.

Cette étude porte particulièrement sur ces critères :

1. L'influence de la variété greffon sur la reprise au greffage.
2. Le développement des plants greffés au stade pépinière.
3. Suivi de l'évolution de la callogénèse après greffage de printemps.

1.2 Présentation de Lieu de l'expérimentation

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



Figure n°22 : Pépinière EL-NAKHLA, Ain Defla (serre multi-chapelle semi-automatique contient des porte- greffes d'agrumes, plants d'agrumes greffés et variétés d'agrumes).

PEPINIERE EL NAKHLA, une société algérienne située à Ain Defla. Elle est spécialisée dans la production et la vente de plants maraîchers et fruitiers aux professionnels. Créée en 2012 est devenue leader de la filière production des plants porte greffe francs et greffés.

MACHTALAT pépinière 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 ELNakhla**).

Ils offrent des garanties spéciales :

- Grande capacité de production.
 - Contrôle et maîtrise des paramètres climatiques (Température, Humidité, Lumière).
 - Plantes de qualité et indemnes de toutes maladies ou ravageurs.
 - Suivi et encadrement technique en cas de besoin après plantation sur champ.
- Les coordonnées géographiques de la pépinière El-NAKHLA sont : 36°14'33"N 1°42'17"E .163m.



Figure n° 23: Site de pépinière d'agrumes El Nakhla

1.3 Les services 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.
4. La certification des plants sur le plan variétale de le porte greffe et du greffon avec étiquette.

1.4 Matériel Végétal

1.4.1 Caractéristiques de porte-greffe étudié (*Citrus volkameriana*)

1.4.1.1 Critères de choix de la qualité du P.G

1. Plant non greffé.
2. Racines non 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.

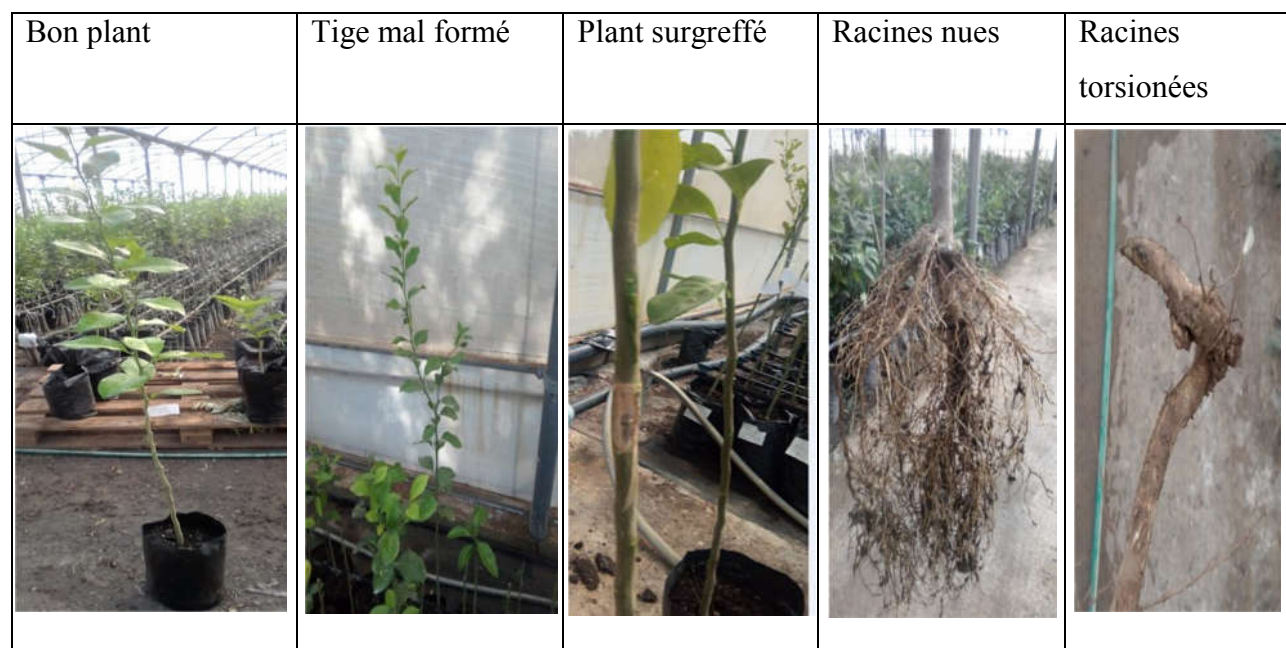


Figure n° 24: Différentes qualités de porte- greffes

1.4.1.2 Normes phytotechniques (âge de greffage)

Tableau (6) : les normes phytotechniques avec porte-greffe étudié (*Citrus volkameriana*).

Paramètres	Citrus volkameriana	Normes
Age (à partir de la date de semis) (mois)	10	6 à 12
Hauteur moyenne des plants (cm)	70	>30
Diamètre moyen au collet (cm)	3 ,1	3 à 7
Observation	PG greffable	P G greffable

1.4.1.3 La fiche technique de Porte-greffe d'agrumes (citrus volkameraina)



Tableau (7) : les caractéristiques de porte-greffe étudié (citrus volkameraina).

Adaptation au sol	Zone humide	Non adapté
	Zone sèche	Adapté
	Résistance au froid hivernal	Faible
	Sol argileux	Moyen
	Sol limoneux	Bien adapté
	Sol acide	Bien adapté
	Calcaire	Adapté
	Salinité (chlorures)	Moyen
Effet sur le comportement de l'arbre	Vigueur	Forte
	Mise à fruits	Rapide
	Productivité	Élevé
Effet sur le fruit (clémentine)	Calibre	Moyen
	Surface peau	Rugueuse
	Épaisseur peau	Plutôt épaisse
	Coloration	Moyenne
	Teneur en jus	Faible
	Extrait sec (sucre)	Moyen
	Acidité	Élevé
	Équilibre sucre - acide	Mauvais
Maladies et ravageurs	Tristeza	Tolérant
	Exocortis	Tolérant
	Cachexie	Tolérant
	Cristacortis	Tolérant
	Psorose	Tolérant
	Gombose	Sensible
	Pourridiés	?
	Nématodes	Tolérant
Comportement en pépinière	Taux de levée	Élevé
	Fonte des semis	Sensible
	Développement du porte-greffe	Rapide
	Greffage	Facile
	Vigueur du plant greffé	Très bonne

(<https://lesjardiniersducentrecorse.files.wordpress.com>)

1.4.1.4 Caractères morphologiques

Tableau (8) : Morphologie de porte- greffe utilisé (citrus volkameriana).

porte- greffe	Racines	Tige	Feuilles	Limbe
Citrus Volkameriana	Profondes, dense	Longue 	Persistante 	Ellipsoïde

1-4-2-Caractéristiques des variétés étudiées

Tableau (9): Caractéristiques des variétés étudiées.









Variété		Orograndé	Nules	Washington Navel	Eureka
Air de production		Maroc, Espagne	Espagne, Maroc, Italie	Maroc, Espagne, USA, Brésil, Australie, Argentine	Californie, Australie, Afrique de sud, Espagne, Maroc
Arbre	Vigueur	Elevée	Moyenne à élevée	Elevée	Elevée
	Fronaison	dense	dense	dense	dense
	Hauteur	8 m	6 m	2,5m	5 m
	Période de floraison	Fin de printemps, été	Fin de printemps, été	Mars à Avril	Étalée sur l'année
Fruit	Productivité	Forte	Moyenne à forte	Forte	Forte
	Entrée en production	Saison	Saison	Précoce	4 Saisons
	Calibre	Moyen à gros	Gros	Moyen à gros	Moyen à gros
	Poids moyen	95 à 105 g	80 à 110 g	100 à 200 g	80 à 150 g
	Teneur en jus	Moyenne	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	élevée
	Pépins	Sans pépins	Sans pépins	Sans pépins	Peu nombreux

Partie expérimentale

	Couleur	Jaunâtre en début de saison et orange en fin de saison	Orange	Orange	Jaune vif
	Equilibre (sucre /acidité)	Bon équilibre	Bon équilibre	Bon équilibre	Bien acide
	Récolte	1 ^{er} novembre -15 janvier	1 ^{er} novembre -15 janvier	1 ^{er} décembre - 28 février	Presque toute l'année (8 mois sur 12)
Sensibilité		Gommose	Gommose à phytophthora Sensible aux vents, sensible au gel	Cératite	Cochenilles, maladies cryptogamiques
Planter et cultiver	PH du sol	Acide, ph 5 à 6	Acide, ph 5 à 6	Bruyère (Acide), Neutre entre 6,5 et 7,5.	Neutre /acide entre 6,5 et 7,5
	Plantation	Printemps, été	Printemps, été	Avril	Printemps, été
	Rusticité	Peu rustique, -2°C min	Peu rustique, -2°C min	Jusqu'à -5°C	Peu rustique, jusqu'à -4°C
Compatibilité et affinité avec porte-greffes	Citrus volkameriana	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne

-La forme des feuilles et des fruits de 4 variétés

Tableau (10): La différence entre les 4 variétés en termes de forme de feuilles et de fruits.

Variété	Orograndé	Nules	Washington Navel	Eureka
Fruit				
feuille				

2. Protocole expérimentale

2.1 Présentation de l'essai

- une espèce de porte-greffes :

- Citrus Volkameriana (40 plants).

- quatre variétés de greffon :

- Orograndé (Clémentinier)
- Nules (Clémentinier)
- Eureka (Citron)
- Washington Navel(Oranger)

Prélèvement de plants de carré pieds-mères (40plants) .L'opération de greffage a été réalisée par des greffeurs spécialisée avec dix répétitions pour chaque association (L'opération de greffage effectuée le 06/04/2021).

Les plants greffés sont élevés dans un seul milieu «Multi-chapelle semi-automatique »avec conditions de culture favorable, en particulière la température et l'humidité.

Partie expérimentale



Figure n°25: Plants d'essai avant le greffage
(Citrus Volkameriana, age: 10 mois)

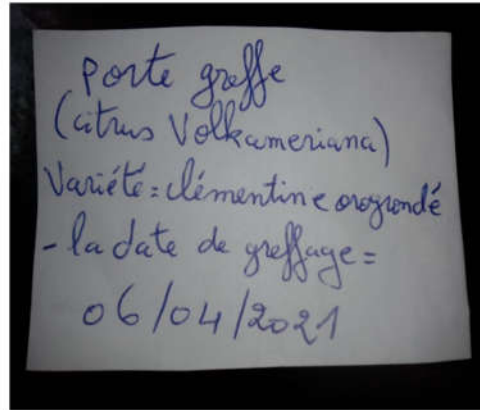
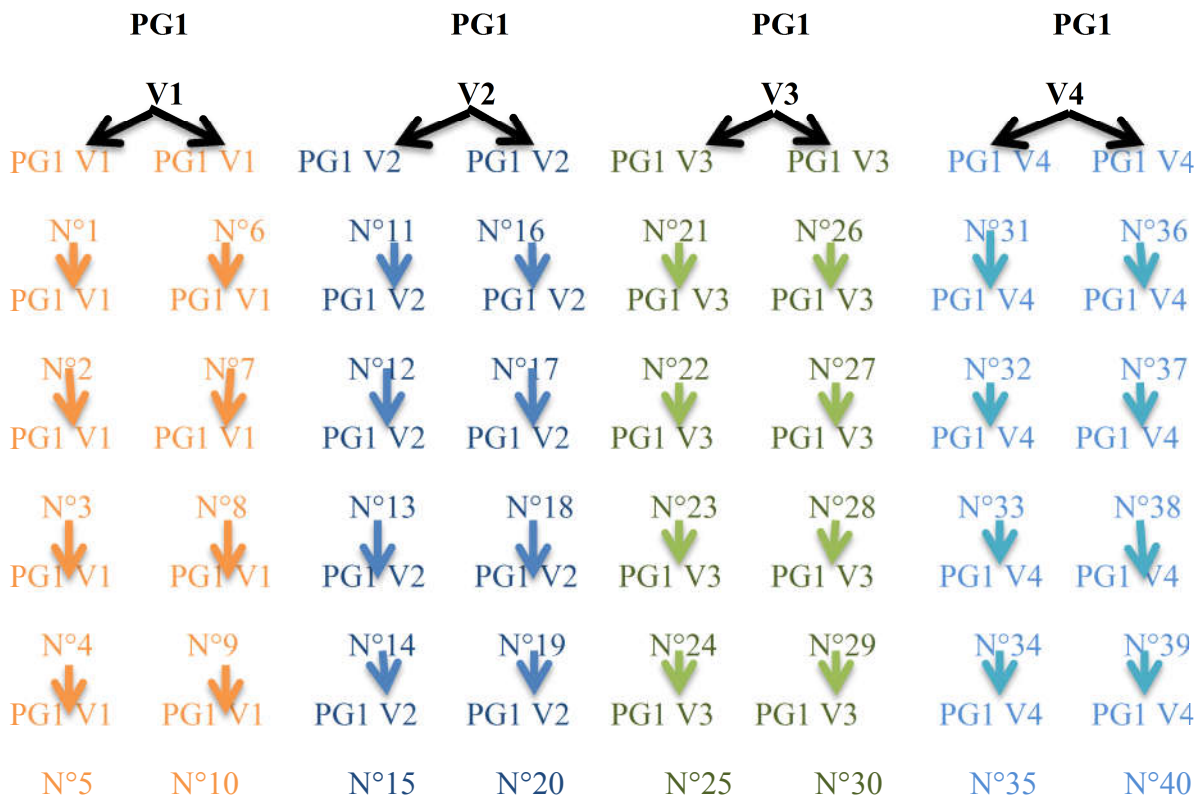


Figure n°26 : Etiquette (nom de porte greffe, nom de variété de greffon, date de greffage)



PG : porte-greffe **V :** variété **PG1 :** Citrus Volkameriana **N° :** numéro de répétition

Figure n°27: Schéma de l'essai.

2.2 Préparation des plants avant greffage

- Pincement avant greffage** : taille des extrémités des tiges des porte- greffes pour former le port du plant (sélectionner directement manuellement).
- Ebourgeonnage** : enlèvement des bourgeons (manuellement) fait d'une manière continue durant la préparation du porte-greffe pour favoriser la croissance de la tige.
- Arrosage** : par goutte –à- goutte.
- **désherbages** suivis de binages sont effectués régulièrement.
- Fertilisation** : Les engrais peuvent être ajoutés au porte- greffe (par ferti-irrigation) dès le repiquage pour favoriser la croissance des racines et des tiges.
- NPK (20.20.20)** : est un engrais composé (10 à 20 kg de NPK 20 20 20 dans 100 L d'eau/HA).
- Starhumic** : est un produit organique à base d'acides humiques et fulviques (40 à 60 L/HA).
- **sulfate de Manganèse** : engrais à base de soufre et manganèse.
- Protection phytosanitaire** : pulvériser des insecticides contre les acariens, pucerons ...
- Etiquetage** : chaque plante porte une étiquette présentant les informations élémentaires (le nom de porte-greffe, le nom de la variété du greffon et la date de greffage).

2.3 Le greffage

• Prélèvement et préparation des rameaux greffons

Les rameaux sur les quels seront enlevés les écussons sont récoltés peu de temps avant leur emploi, on les a effeuillés à l'aide d'un sécateur, mais en respectant ou gardant le pétiole de chaque feuille. Les rameaux greffons sont constitués par des baguettes de 10 à 20 cm de long portant des yeux bien formés. Ils sont prélevés à partir des arbres identifiés indemnes de maladies et la variété authentifiée.

Les variétés

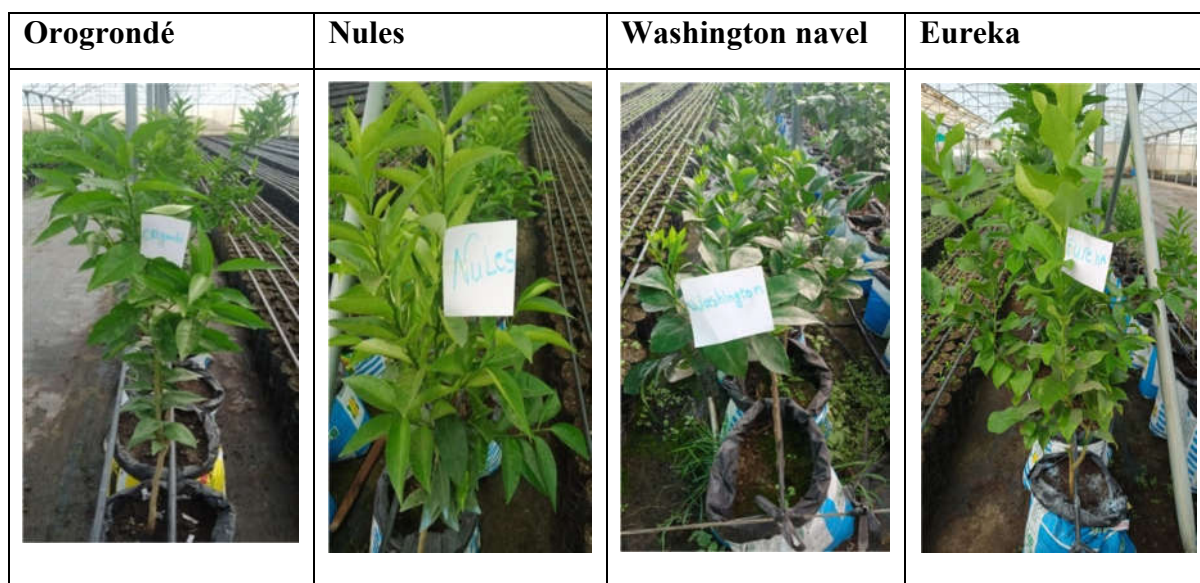


Figure n°28 : Les quatre variétés d'arbustes de greffon



Figure 29: Rameau greffon (Citrus limon Eureka).



Figure 30: Suppression des feuilles des rameaux greffons.



Figure 31: baguette de greffon.

• **Préparation du porte-greffe**

Le greffage sera précédé par une taille de formation du sujet porte - greffe. Celle-ci consiste à supprimer la frondaison se trouvant au niveau et en dessous du point de greffe. Elle peut se faire immédiatement avant le greffage.

• **Hauteur de greffage**

On greffe à une hauteur de 25 - 30 cm pour créer une barrière physique entre le sol (porteur de maladies) et le greffon.

• **La date de greffage :** L'opération de greffage effectuée le 06 avril 2021.

• **Mode de greffage:** En écusson

• **Le Matériel utilisée :**



Figure n°32:Le greffoir.



Figure n°33: Le Sécateur.



Figure n°34: La ligature.

2.4 Les étapes de greffage

-Prélèvement du bourgeon : Avec un couteau bien tranchant, un morceau d'écorce avec un bourgeon (œil) est prélevé sur le greffon.

-Le bourgeon est le point de départ de la nouvelle tige qui donnera l'arbre et les fruits.

-La réalisation de la fente sur le porte-greffe : une fente est réalisée (forme T).pour ce faire, une partie de l'écorce au-dessus du collet (30cm). La fente doit avoir la même taille que le greffon.

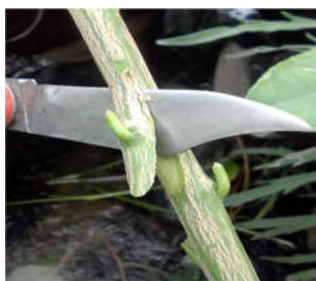
-Pose du greffon sur le porte-greffe : le greffon est posé délicatement sur la fenêtre du porte-greffe.

-Ligature du greffon sur le porte greffe : le greffon est attaché solidement à l'aide du ruban en plastique sur le porte-greffe.

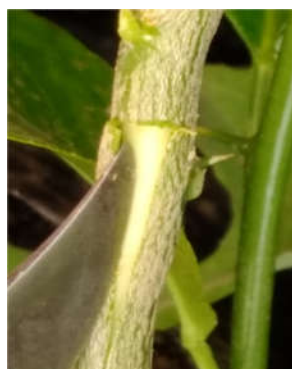
-Le bourgeon (œil) du greffon ne doit pas être enfermé sous le ruban.



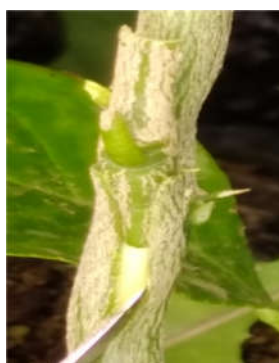
1. préparation des baguettes



2. Enlèvement d'écusson



3. Ouverture d'écorce de P.G



4. Emplacement d'écusson



5. Ligature de greffe

Figure n° 35: Les étapes de greffage.

2.5 Entretien des plants après greffage

- **Irrigation** : dans la semaine suivant la greffe, on veillera à ne pas trop arroser la plant 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 (par ferti-irrigation), l'azote beaucoup plus, pour favoriser la végétation.
- **Protection 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.



CV : porte- greffe Citrus Volkameraina

V1 : variété de greffon (Orograndé)

V2: variété de greffon(Nules)

V1 : variété de greffon (Eureka)

V3: variété de greffon (Washington Navel)

Figure n° 36: plants d’essai après le développement des pousses du greffon (Orograndé, Nules Washington Navel, Eureka) d’une durée de 47 jours après le greffage (**23/05/2021**).

3. Résultats et Discussion

3.1 Résultats

3.1.1 Les paramètres mesurés

Tableau (11) : les paramètres mesurés.

Paramètre	Durée de reprise	Taux de reprise	Longueur de pousse principale	Nombre de pousses principales	Nombre de feuilles dans la pousse principale
Unité	Jour	%	Cm	Pousse	Feuille

3.1.2 Les paramètres considérés sur le taux de réussite

- Durée de reprise.
- Taux de reprise.
- Développement de la pousse principale du greffon (longueur).

3.1.3 La hauteur de point de greffe

La hauteur de point de greffage : 22cm par rapport au niveau du substrat du sol (variant suivant) la zone de point de greffage, et la distance entre les nœuds, donc la hauteur réelle doit varier entre 14 et 31 cm.

3.1.4 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 (12) : Moyennes de Température et Humidité.

	Max	Min
Température (°C)	43	16
Humidité (%)	83	28

3.1.5 Nombre de feuilles dans la pousse principale

Tableau (13) : Nombre de feuilles dans la pousse principale.

Porte-greffe	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules	Orange Washington Navel	Citron Eureka
Citrus Volkameriana	6,78	10,36	8,64	5,42

3.1.6 Nombre des pousses principales

Toutes ces mesures (de pousse principale) ont été faites le 23 Mai 2021, soit 47 jours après le greffage, pour l'ensemble des plants.

Tableau (14) : Nombre de pousses principales.

Porte-greffe	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules	Orange Washington Navel	Citron Eureka
Citrus Volkameriana	1,7	1,3	1,2	0,9

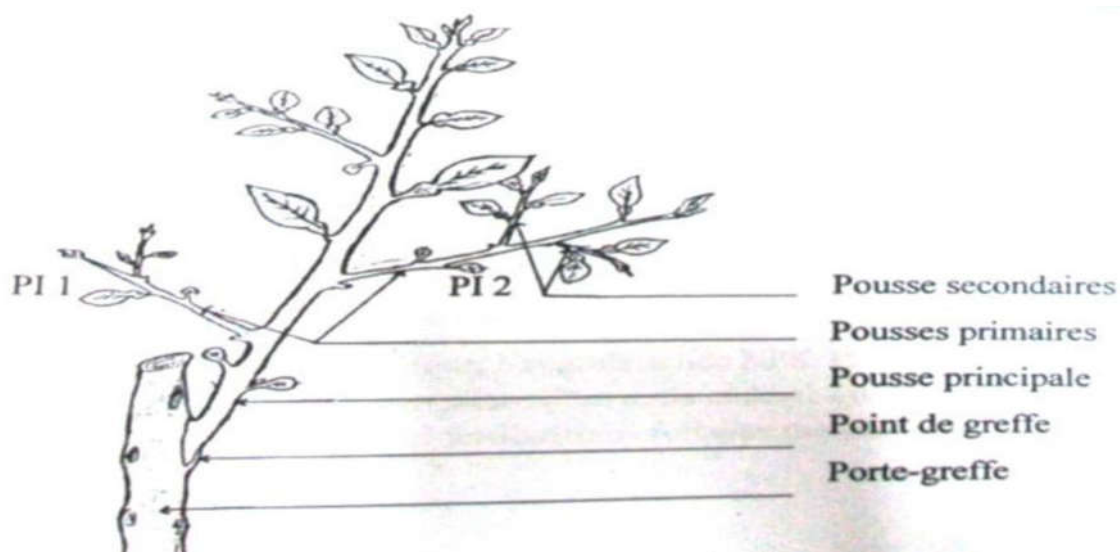


Figure n°37: Représentation schématique d'une plante greffée (Gacem H., 2007).

Partie expérimentale

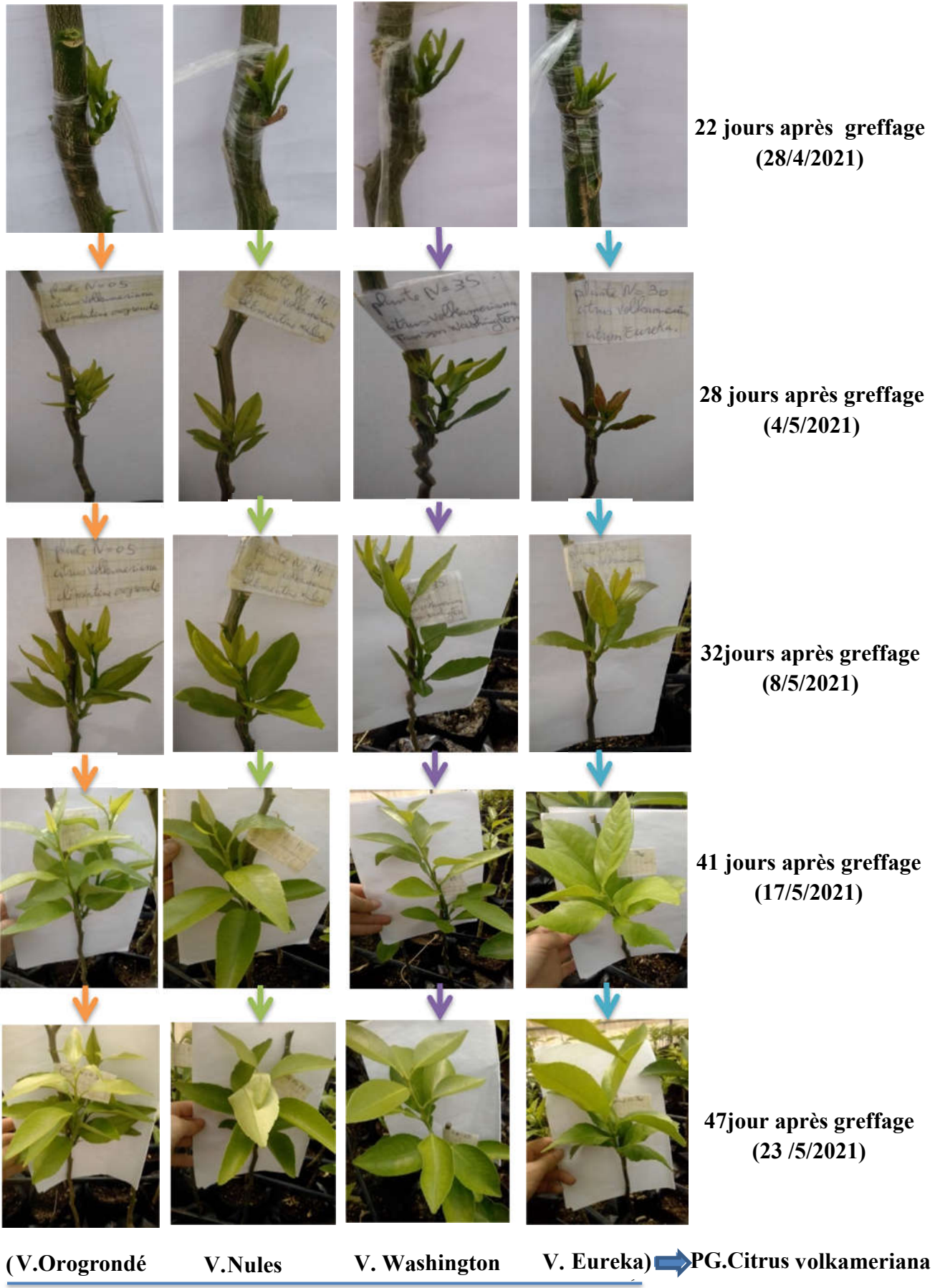


Figure n°38: L'évolution de la croissance : pousse principale

3.1.7 Durée de reprise au greffage

Tableau (15) : Durée de reprise au greffage (Jour).

Porte-greffe	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules	Orange Washington Navel	Citron Eureka
Citrus Volkameriana	24	22	23	24

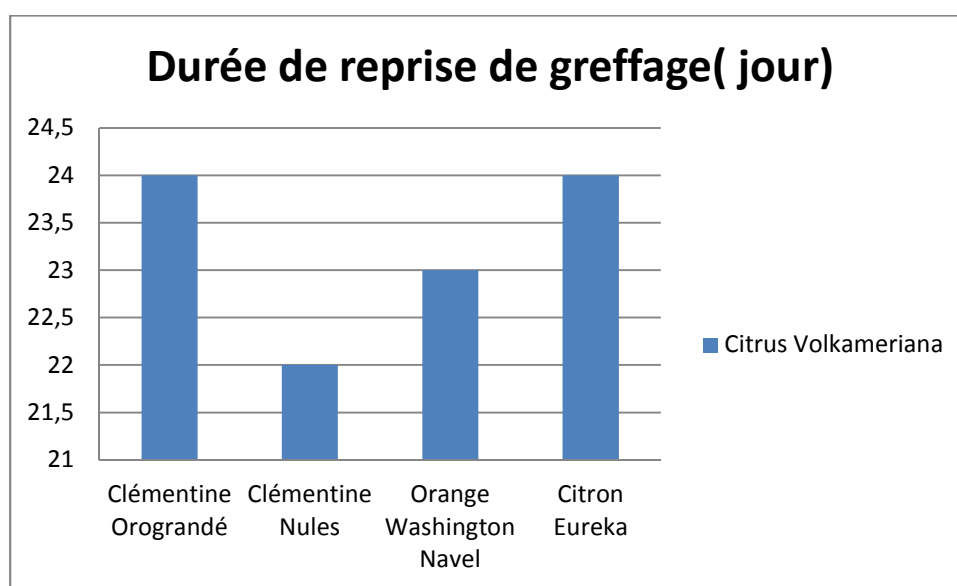


Figure n°39: La durée de reprise après greffage.

-L’histogramme graphique (figure 39) présente la durée de reprise après greffage (jour) pour chaque variété de greffon. La durée la plus courte a été enregistrée chez la variété de clémentine Nules.

3.1.8 La reprise après greffage

Le suivi de la callogénèse 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 23 Mai 2021 (47 jours après le greffage). Il traduit le nombre réel de plants aptes à être transplanter en verger de production.

3.1.8.1 Le taux de reprise au greffage

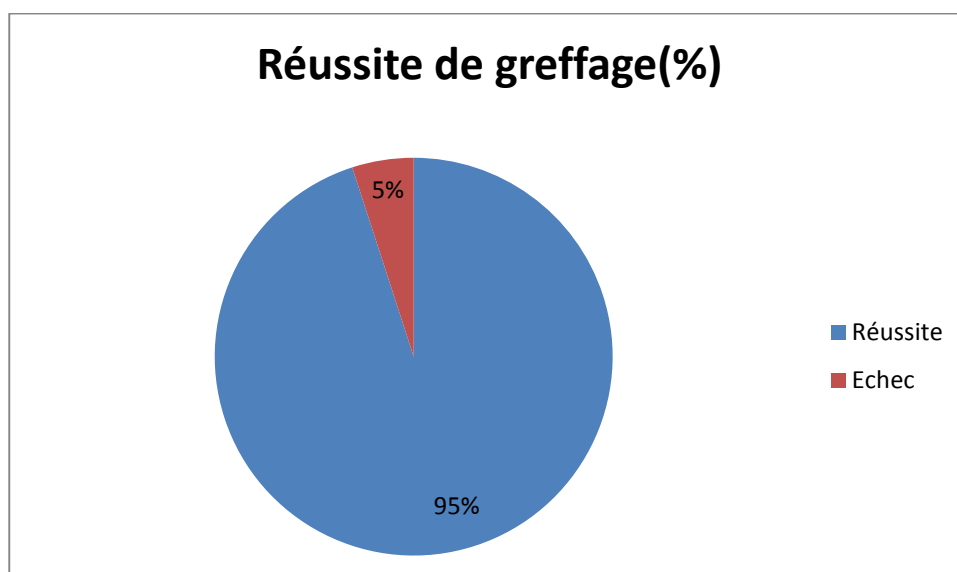


Figure n°40: Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés qui étudiées.

Le taux d'échec de greffage est causé essentiellement par les conditions climatiques défavorables comme la température, l'humidité et le repos végétatif du porte-greffe.

Tableau (16) : Pourcentage de reprise au greffage (développement de la nouvelle pousse).

Porte-greffe	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules	Orange Washington Navel	Citron Eureka
Citrus Volkameriana	90 %	100 %	100 %	90 %

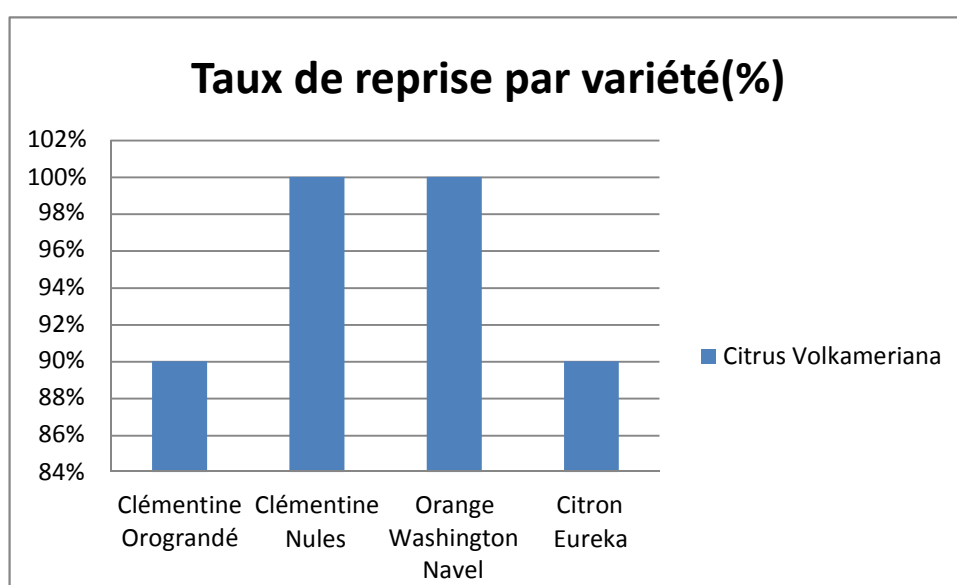


Figure n°44: Taux de reprise au greffage pour les quatre variétés de greffon.

Le taux de reprise le plus élevée (100%) a été enregistré dans les colonnes des variétés : Nules, Washington Navel greffés sur la porte greffe Citrus Volkameriana.

Partie expérimentale

3.1.8.2 Les causes d'échec de greffage (pour échec 5% des plants greffés c'est-à-dire deux plantes greffés non réussite de greffage)

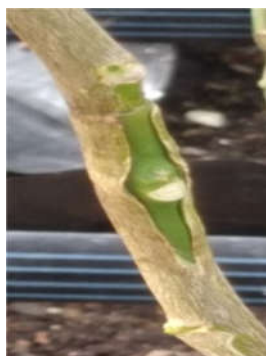


Figure n°41: échec de repos végétatif



Figure n°42: Echec par pourriture



Figure n°43: Echec de dessèchement

3.1.8.3 Les étapes de reprise au greffage



1. Fin de greffage
(6/4/2021)



2. Ouverture et enlèvement de ligature avec une lame
(1/5/2021)



3. la nouvelle pousse
(1/5/2021)

Figure n° 45: les étapes de reprise au greffage.

3.1.9 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 (17) : Longueur moyenne de la pousse principale (cm).

Porte-greffe	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules	Orange Washington Navel	Citron Eureka
Citrus Volkameriana	3,9	6,9	7,7	4,7

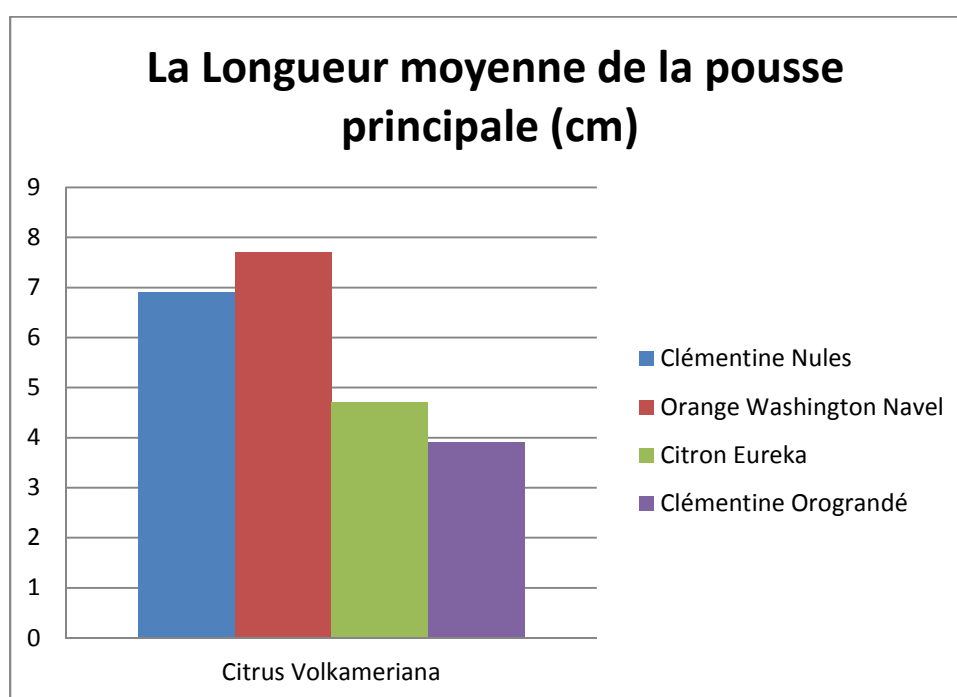


Figure n°46: Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrus Volkameriana.

-Dans cet histogramme (Figure 46) la longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur le Citrus Volkameriana le plus grande a été enregistrée dans les colonnes des variétés : l'orange Washington Navel et Clémentine Nules.

-Le développement des variétés : l'orange Washington Navel et Clémentine Nules est rapide sur le citrusVolkameriana.

Partie expérimentale

3.2 Etude et interprétation statistique

Une étude statistique a été effectuée par la comparaison de variantes suivantes :

- Durée de reprise de greffage
- Longueur de pousse obtenue (les mesures se font 5 fois par des différentes dates)

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

-Comparaison entre les 4 variétés de greffon par test d'ANOVA (analyse de variance)

Tableau (18) : La durée de reprise (Comparaison entre les différentes variétés).

Analyse de variance						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Valeur F	Probabilité (>F)	Valeur critique pour F
Entre groupes	20,40	3	6,800	0,0881	0,9661	2,866
A l'intérieur des groupes	2779,6	36	77,211			
Total	2800	39				

Tableau (19): La longueur de la pousse principale (Comparaison entre les différentes variétés).

Analyse de variance						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Valeur F	Probabilité (>F)	Valeur critique pour F
Entre groupes	474,4	3	158,13	4,5968	0,003918	2,650
A l'intérieur des groupes	6742,3	196	34,40			
Total	7216,727	199				

Partie expérimentale

- ❖ déterminer quelles sont les variétés avec des longueurs différentes à utiliser le test Tukey à l'aide du logiciel R.

Tableau (20): Comparaisons multiples des moyennes de Tukey. (Les niveaux de facteur de niveau de confiance de 95% de la famille ont été ordonnés).

Les variétés	différence	Limites inférieur	Donnes supérieur	probabilité
E-O	0,868	-2,1715	3,907	0,880
N-O	3,038	-0,0015	6,077	0,050
W-O	3,776	0,7364	6,815	0,008
N-E	2,170	-0,8695	5,209	0,253
W-E	2,908	-0,1315	5,947	0,066
W-N	0,738	-2,3015	3,777	0,922

Comparaison des moyennes

a- Durée de reprise

La comparaison de la durée de reprise entre les différentes variétés de greffon en utilisant le test ANOVA montre une probabilité de l'ordre P-value = 0,9661, qui est supérieure à 0.05, ce qui indique une différence non significative de la durée de reprise pour les 04 variétés de greffon (Orograndé, Nules, Washington navel et Eureka), donc nous avons une durée de reprise homogène entre les différentes variétés de greffon. Cela signifie que la variété a un effet non significatif sur la durée de reprise au greffage.

b- Longueur des pousses principales

Pour la longueur des pousses principales, le test ANOVA indique une probabilité de $p = 0,0039$ qui est inférieur au seuil $\alpha = 0.05$, donc nous avons au moins une paire de variétés qui présentent des longueurs moyennes des pousses principales différentes.

Afin de déterminer ces longueurs moyennes différentes nous procédons à l'utilisation du test de Tukey, qui indique une probabilité inférieure à 0.05 entre les variétés W et O ($P = 0.008$), ce qui signifie qu'il existe une différence significative entre les longueurs moyennes des pousses principales de la variété W et de la variété O, dont la variété W présente une longueur moyenne des pousses principales supérieure à celle de la variété O.

3.3. Discussion

Notre essai sur la comparaison en pépinière de quatre variétés d'agrumes est : Clémentine Orograndé, clémentine Nules, l'Orange Washington Navel et Citron Eureka. On a trois variantes essentielles qui sont le taux de réussite de greffage, la durée de reprise et la longueur de la pousse principale obtenues après 47 jours après la date de greffage.

-Le taux de reprise au greffage

Le taux de reprise le plus élevée (100%) a été enregistré chez les variétés : Nules, Washington navel ; greffée sur le porte greffe Citrus volkameriana.

Les deux variétés : Orograndé, Eureka ; greffée sur le porte greffe Citrus volkameriana ; ont enregistré un taux de reprise de 90% ou il y a un taux d'échec de 10%, Le pourcentage d'échec de reprise est causée par :

- Les conditions climatiques défavorables telles que la température et l'humidité qui a causé le dessèchement et la pourriture de point de greffage.
- L'absence de contact entre les zones génératrices ou cambiums de deux partie le porte greffe et greffon donc la sève brute et la sève élaboré ne circulent pas ce qui cause la déshydratation de greffon et empêcher la formation de la soudure soit la callogénèse.
- Le repos végétative qui peut être provoquée par une moyenne de températures trop faibles au début de printemps (dessous d'environ +12°C nocturne).

-La durée de reprise au greffage

-La durée de reprise la plus courte a été enregistrée chez les variétés : Nules, Washington navel greffées sur le porte greffe Citrus volkameriana.

-L'orsque on compare la durée de reprise entre les quatre variétés on peut les classer dans cet ordre : Clémentine Nules, orange Washington navel, Clémentine Orograndé, et Citron Eureka.

-Les échecs de reprise peuvent être expliqués par l'instabilité des températures et l'humidité et aussi par la luminosité enregistrée par la plante chaque jour soit insuffisante.

-La longueur de la pousse principale

Le développement de la pousse principale dépend en premier lieu de conditions de milieu (température et humidité) puis la variété et le porte greffe et aussi l'alimentation régulière de la plante (l'eau et éléments minéraux).

La variété à un effet significatif sur la longueur des pousses donc les caractéristiques de la variété (croissance rapide) à un effet significative sur la croissance des pousses, ce sont des facteurs génétiques.

CONCLUSION

Conclusion

Rappelant que notre objectif de travail est l'étude de la reprise de greffage de quatre variétés d'agrumes : Clémentine Orograndé, Clémentine Nules, l'Orange Washington Navel, et Citron Eureka. Et nous les comparons entre eux. Sur une seule espèce de porte-greffe (*Citrus Volkameriana*).

Les différentes observations nous ont permis de mettre en évidence les interactions entre les quatre espèces greffées et un seule porte-greffe. 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, lorsqu'on a choisi la période de greffage en printemps.
- La production de plants d'agrumes en pépinière permet d'obtenir des plants de variétés améliorées en grande quantité et bonne qualité (vigueur, état sanitaire, précocité, rendement et l'adaptabilité aux différents types et conditions du sol) avec une durée limitée.
- La meilleure association de point de vue durée de reprise au greffage et l'état de développement est élevée est *Citrus Volkameriana* avec l'orange washington navel, puis *Citrus volkameraina* avec clémentine Nules.
- 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 variété greffon idéale n'existe pas, il convient donc de retenir le meilleur compromis.
- Le greffage reste le moyen le plus facile 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 une seule plante, donc le taux de réussite au greffage dans une pépinière moderne est plus élevée que le plein champ.

Au final, il est intéressant de poursuivre cette étude afin de suivre les évolutions et ainsi pouvoir obtenir la parfaite variété greffon qui donne une meilleure compatibilité porte greffe greffon dans le secteur pépinière des agrumes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Anonyme, 1994-** Mémento de l'agronome - République Française - Ministère de la Coopération
DIARY VALY - Agenda Agricole 1993 – 1994.
2. **Anonyme a, 2004-** Les agrumes pour les régions tempérées. Les dossiers de Gardenbreizh.
Jardins et plantes exotiques pour tout climat. October.
3. **Anonyme b, 2012-** Norme CEE-ONU FFV-14 concernant la commercialisation et le contrôle de
la qualité commerciale des agrumes. Éd Nations Unies New York et Genève, Diffusé le 12
Novembre : 4p.
4. **Aubert b., et Vullin G.,1997** Pépinières et plantations d'agrumes. Ed. CiradFlhor. Montpellier,
Pp 11-168.
5. **Benettayeb Z., 2011-** Performance du greffage des arbres fruitiers Ed. ONPU, Algérie.
6. **Bertin Y., 2002.** Note technique sur la culture des agrumes. Ed CIRAD-FLHOR. Atuona
Novembre : 5p.
7. **Berrighi I., 2007** : étude de la dynamique des populations de la mineuse des agrumes
phyllocnistis citrillla staint (lepidoptera ; gracillariidae) dans la commune de mazagran
(mostaganem).
8. **Biche M., 2012-** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis
naturels. Institut national de la protection des végétaux, le ministère de l'agriculture et du
développement rural et FAO, 36 p.
9. **Blondel J., 1959-** La culture des agrumes en Algérie. Rapport, station expérimentale
d'arboriculture de Boufarik, Algérie, 11p.
10. **Cassin J., 1984** - Comportement des variétés d'agrumes dans les différentes régions de
production. rev. Fruit, Vol. 39, n°4, Pp. 263-275.
11. **Cavalcante et Devendra. K.Choudhary., 2000.** plant-microbe interaction : An approach to
sustainable agriculture. amity institute of microbial technology. university uttar Pradesh Noida.
India.
12. **Chikhi A.,** (Contribution à l'étude de la fertilité des sols sous agrumes cas de l'orangerie de la
région de Draâ Ben Khedda). Pp8 PDF.
13. **Colombo A., 2004** – La culture des agrumes, Ed. Devenchi S.A., Paris, pp 5-70.
14. **FAO., 2013.** FAOSTAT <http://faostat3.fao.org/home/E>.
15. **Federici C.T., Fang D. Q ., Scora R.W. and Roose M.L. 1998.** Phylogenetic relationships
within the genus Citrus (Rutaceae) and related genera as revealed by RFLP and RAPD analysis.
Theor. Appl. Genet. 96: 812–822.
16. **Food and Agriculture Organisation of United Nations, 2011** - La production de jus
d'agrumes et l'application des technologies au marché des agrumes frais, Symposium sur les
agrumes Chine, Pp. 83-90.

Références bibliographiques

17. **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.
18. **Herrero R., Asins M.J., Carbonell E.A. and Navarro L. 1996a**. Genetic diversity in the orange subfamily Aurantioideae. I. Intraspecies and intragenus genetic variability. Theoretical and Applied Genetics. 92 (5): 599- 609.
19. **ITAF., 1995**- Conduite d'un verger d'agrumes. ITAF, Algérie.
20. **I.T.A.F.V, 2014** - Création d'un verger d'agrumes, Tome III, guide technique Document élaboré par les services techniques de l'I.T.A.F.V., Ed. DFRV., Pp 30-44.
21. **Jacquemond C., et Blondel D., 1986** - Contribution à l'étude des porte-greffes d'agrumes, le *Poncirus trifoliata* (1^{ière} partie). Rev. Fruit, vol 41, n° 5, Pp 303-309.
22. **Jacquemond C., Agostini D. et Cur K., 2009** - Des agrumes pour l'Algérie, Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie, p 4.
23. **Jacquemond C., Mario H. et Coord, 2013**- les clémentiniers et autres petits agrumes. Ed. Quae. 368p.
24. **Kijas J.M.H., Fowler J.C.S., Thomas M.R. 1995**. An evaluation of sequence-tagged microsatellite-site markers for genetic analysis within Citrus and related species. Genome. 38: 349-355.
25. **Krueger R.R. & Navarro L. 2007**. Citrus Germplasm resources. In: Khan IA. ed. Citrus genetics, breeding, and biotechnology. Wallingford, UK: CAB International, pp. 45-140.
26. **Loussert., 1989**, les agrumes, production. Ed. scien. univ. Liban, vol.1, 80p, vol2, 280p.
27. **Loussert., R., 1989b** - Les agrumes. Production. Ed. Lavoisier, Paris, vol n° 2, 157 p.
28. **M.A.D.R.P., 2013**-L'agriculture dans l'économie nationale, Ed. Ministère de l'agriculture, 48p.
29. **Mazoyer M., Aubineau M., Bermond A., Ney B et Roger E., 2002** - Larousse agricole. Ed. INAP-G. Paris, Pp. 29-30.
30. **Metap, 2001**. Rapport sur la gestion de la qualité de l'eau et des interventions possibles du METAP, Alger : 12 p.
31. **Meziane S.1987**-Les porte –greffes des agrumes .premier séminaire sur les agrumes à chlef du 02à 04mars, pp 143-151.
32. **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.

Références bibliographiques

33. **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.
34. **Ollitrault P. et Navarro L. 2012.** Citrus. In: Badenes M.L., Byrne D.H. (eds.) Fruit breeding. New-York, USA: Springer. Handbook of Plant Breeding. 8: 623-662.
35. **Patrick O., 2006 .**Organisation et déterminants de la variabilité phénotypique chez les agrumes; Implications sur les stratégies d'amélioration variétale. pp22-23.
36. **Pesson P., et Louveau J., 1984-**Pollinisation et production végétale. Ed. INRA. Paris.637p.
- 37.**Richard D., 2004 -** Orange et Citron. Ed. Devecchi S.A. Montmartre, Paris, Pp 20-31.
38. **Rousse F., 1988 -** Agrume : quelques hybrides. Rev. Arbri, n°3, Pp. 3-5.
39. **Spiegel-Roy P. et Goldschmidt E. 1996.** Biology of citrus. Cambridge Univ Press.

Liens internet consultés

40. Dépliant pépinière EL Nakhla.
41. **Fiche technique** réalisée par Irénée Modeste BIDIMA.
42. <https://www.elle.fr>
43. <https://www.olfastory.com>
44. <https://upload.wikimedia.org>
45. <https://www.magazine-avantages.fr>
46. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_16
47. <http://snapo.org/bez-rubriki/pourquoi-greffer-un-oranger.html>
48. https://agriculturemono.net/agrumes/#Creation_dun_Verger_dAgrumes
49. <https://plandejardin-jardinbiologique.com/parasites-maladies-agrumes-traitements-bio.html>
50. <http://bacteries-champignons.blogspot.com/2012/02/choix-du-porte-greffe-des-agrumes.html>
51. <https://lesjardiniersducentrecorse.files.wordpress.com/2018/01/fiche-technique-porte-greffe-agrumes.pdf>
52. itab@itab.asso.fr Fiche rédigée par : Gilles Bénaouf (CIVAM BIO CORSE)
53. www.wikipidia.com