

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

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

DEHEGANI Selma

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité: AMELIORATION DES PRODUCTIONS VEGETALES

THÈME

Etude de la compatibilité et de l'affinité de quatre variétés de greffons d'agrumes « Washington Navel, Navelina, Orograndé, Nules » sur deux porte-greffes « Citrange Carrizo, Citrus Volkameriana »

Soutenue publiquement le // 2020

DEVANT LE JURY

Président	Mr .GHOULAMALLAH Amin	M .C.A	U. Mostaganem
Encadreur	Mr.TADJA Abdelkader	M.C.A	U.Mostaganem
Examineur	Mr.DEBBA Mohamed El Bachir	M.A.A	U.Mostaganem

Thème réalisé dans la pépinière EL-Nakhla –Ain Defla

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant qui m'a donné le courage, La volonté et la patience pour réaliser ce travail

Je remercie mes parents pour leurs encouragements.

*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, sa disponibilité et l'intérêt qu'il a donné à ce travail*

Mes remerciements vont également au membre du jury :

***Mr.GHOULAMALLAH** pour avoir bien accepté de présider le Jury de cette soutenance.*

***Mr.DEBBA** pour avoir bien accepté d'examiner mon travail.*

*Je n'oublier pas d'associer à mes remerciements les responsables de la pépinière EL-NAKHLA à Ain defla, surtout **Mr.HAMZAoui Mahdi** Pour leur encadrement.*

Mes remerciements vont à tous les professeurs et les enseignants qui m'a beaucoup encouragé et soutenu depuis début de mon premier cycle d'étude jusqu'à la fin de Cinquième année universitaire.

Je remercie également tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail

Selma

Dédicace

Avant tout, je dois rendre grâce à dieu de m'avoir donné le courage de terminer ce travail

Je dédie ce modeste travail à

Mes parents

« Ma cher mère et mon adorable père »

Pour leurs soutiens inconditionnels

Grace le quel, j'ai eu la chance de réaliser mes études, chacun de leur manière

Mes chers sœurs Nihed Rihab Israa

Mon frère Yassinse

Ma cousine Aicha

*Mes chères copines Chahinez Kawter Sarra Karima Nour El houda Chaima Anfal
Kaira*

A mon fiancé Youcef

Mes chers tantes Jamila Fatima Fatiha

Sans oublier les familles DEHEGANI du côté de mon père et la famille LABDI du

Côté de ma mère.

Tous mes collègues de la promotion d'agronomie (2019/2020) et surtout celle d'APV

A la pépinière EL-NAKHLA surtout mon oncle El-HADJ et Mon amie Halima

Toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail

Selma

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste Des Figures	
Liste Des Tableaux	
Liste Des Abréviations	
Introduction	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralité sur les agrumes	2
1.1. Historique et répartition des agrumes	2
1.2. Production agrumicole	3
1.2.1. Dans le monde	3
1.2.1.1. Les principaux producteurs d'agrumes dans le monde	4
1.2.2. Dans le Bassin méditerranéen	4
1.2.3. En Algérie	5
1.2.3.1 Ain –Defla	6
1.2.3.2 Composition variétale et l'âge de verger Agrumicole	7
1.3 Taxonomie des agrumes	7
2. Diversité génétique des agrumes	9
2.1. Génétique des agrumes	9
2.2. Les origines de la diversité des agrumes	9
2.3 Diversité inter-générique	9
2.4. Diversité interspécifique du genre Citrus de nombreux hybrides naturels	9
2.5. Diversité intra-spécifique : croisements inter-variétaux et sélections de mutations spontanées	11
2.6. L'exploitation de la diversité par l'homme: créer de la variabilité	12
2.7. Objectifs d'amélioration des agrumes	13
2.7.1. Objectifs d'amélioration des porte-greffes	14
2.7.2. Objectifs d'amélioration des variétés	14
3. Morphologie et Cycle biologique des agrumes	15
3.1. Morphologie	15
3.1.1. Le système racinaire	15
3.1.2. Le système aérien	16
3.1.2.1. Le tronc	16
3.1.2.2. Les ramifications	16
3.1.2.3. Les feuilles	16
3.1.2.4. Les fleurs	17
3.1.2.5. Les fruits	18
3.2. Morphologie et rôle des ramifications	19
3.3. Cycle biologique (croissance et développement)	20
3.3.1. Étapes de la croissance	20
3.3.2. Cycles annuel de développement	21
3.3.2.1. La croissance végétative	21
3.3.3. Le développement floral	21
3.3.4. Développement des fruits	21
4. Exigences pédoclimatiques des agrumes	22
4.1. Exigences climatiques	22

4.1.1. La température	22
4.1.2- La pluviométrie	22
4.1.3. Les gelées.....	23
4.1.4 .Le vent	23
4.1.5. Humidité.....	23
4.2. Exigences édaphiques	23
4.2.1. Le sol.....	23
4.2.1.1. Paramètres physiques	24
4.2.1.2. Paramètres chimiques.....	25
5. Création d'un verger d'agrumes	25
5.1. Choix du matériel végétal	25
5.1.1. Le porte-greffe	26
5.1.2. Choix de la variété	26
5. 2.Choix du site de plantation.....	26
5.3. Aménagement du site pour une nouvelle plantation.....	27
5.3.1. Travaux préliminaires	27
5.3.2. Installation de brise-vents	27
5.3.3. Préparation du sol	27
5.4. Mise en place de la culture	28
5.4.1. Densité de plantation.....	28
5.5. La plantation proprement dite.....	28
5.6. Irrigation	29
5.7. La taille des agrumes.....	29
5.7.1. Taille de formation	29
5.7.2. Taille de fructification.....	29
5.7.3 La fertilisation	30
5.8. Maladies et ravageurs	30
5.8.1. Maladies virales	30
5.8.1.1. La tristeza (Citricolus citri Fawcett)	30
5.8.1.2. Exocortis (Citrus Exocortis Viroïd).....	30
5.8.1.3. Psorose (Citrus psorosis virus).....	31
5.8.1.4. Cachexie (Citrus cachexia viroid).....	31
5.8.2. Maladies bactériennes	31
5.8.2.1. Le stubborn (Spiroplasma citri).....	31
5.8.2.2. Le chancre bactérien des agrumes (Xanthomonas coprestris PV .Citri).....	31
5.8.2.3. Xanthomonas	32
5.8. 3. Maladies cryptogamiques	32
5.8.3.1. Gommose à Phytophthora (Gummosis - Citrus brownrot).....	32
5.8.3.2. Le Mal secco (Phomatracheiphila)	32
5.8.3.3. La fumagine	32
5.8.3.4. Anthracnose	33
5.8.3.5. Pourridié (pourriture des racines).....	33
5.8.3.6. La Pourriture sèche racinaire	33
5.8.3.7. Pourriture noire du Fruit	33
5.8.4 Ravageurs.....	33
5.8.5. Maladies physiologiques	35
5.8.6. Protection phytosanitaire	36
6. Espèces et variétés des agrumes	36
6.1. Les objectifs d'amélioration des cultivars.....	38
6.2. Les critères de choix de variété	39

6.3. Les variétés cultivées d'agrumes.....	39
7. Les porte-greffes d'agrumes.....	46
7.1. Les critères d'amélioration des porte-greffes	46
7.2. Critères de sélection d'un porte greffe	47
7.2.1. Grille de sélection d'un porte greffe	47
7.2.2. Compatibilité entre greffon et porte greffe.....	48
7.3. Les principaux porte-greffes d'agrumes	49
7.4. Les porte-greffes conventionnels utilisés en Algérie	51
8. Comment produire un plant d'agrumes ?	52
8.1. Production en pleine champ	52
8.2. Production en hors sol (En pépinière)	54
8.3. La culture in vitro	56
8.3.1. Les techniques de la culture in vitro	56
8.3.1.1. Embryogénèse somatique	56
8.3.1.2 La micropropagation	57
8.3.1.3 La culture de méristème ou d'apex	57
8.3.1.4. Le microgreffage d'apex	57
8.3.1.5. Le greffage d'embryon.....	57
8.3.2. Les avantages de la technique des cultures in vitro	57
9. La Multiplication des agrumes.....	58
9.1. Multiplication sexuée (semis)	58
9.2. Multiplication végétative	58
9.2.1. Le bouturage.....	58
9.2.2. Le marcottage	59
9.2.3. Le greffage	60
10. Greffage des agrumes.....	60
10.1. Les avantages de greffage	60
10.2. Matériel de greffage	61
10.3. Les techniques de greffage utilisées chez les agrumes	62
10.3.1. La greffe en écusson	62
10.3.2. La greffe en placage d'un œil en copeau 'chip budding'	64
10.3.3. La greffe en fente simple (ou en fente herbacée)	64
10.3.4. La greffe en couronne perfectionnée dite 'Du Breuil'	65
10.4. Les conditions de réussite de greffage	66
10.5. Mécanisme de soudure ou Callogenèse	68
10.5.1. Explication physiologique de l'opération de greffe.....	68
10.5.2. L'affinité entre le greffon et le porte-greffe	70
10.6. Les incompatibilités au greffage	71
10.6.1. Incompatibilité totale	72
10.6.2. Incompatibilité mécanique dans l'union ou localisée.....	72
10.6.3. Incompatibilité biochimique dite transloquée ou foliaire.....	72
10.6.4. Incompatibilité virale.....	72
10.7. Les interactions entre le porte-greffe et la variété greffon	73
10.7.1. Influence intrinsèque du porte-greffe et la variété greffon	73
10.7.2. Influence sur la vigueur	73
10.7.3. Influence sur l'entrée en fructification et la longévité	74
10.7.4. Influence sur la floribondité et productivité	74
10.7.5. Influence sur la maturité des fruits et la récolte.....	74
10.7.6. Influence sur la qualité des fruits.....	74
10.7.7. Influence sur la résistance au climat et aux maladies et parasites.....	74

10.7.8. Influences réciproques de la variété greffon et du porte-greffe sur la nutrition de l'arbre	75
10.8. Le surgreffage	76

PARTIE EXPERIMENTALE

1- Matériel et méthodes	81
1.1-Objectif de l'essai	81
1.2- Présentation de Lieu de l'expérimentation	81
1.3-Les services de la pépinière	82
1.4-Matériel Végétal.....	83
1.4.1. Caractéristiques des porte-greffes étudiés	83
1.4.1.1. Critères de choix de la qualité du P.G	83
1.4.1.2 Comparaison entre les portes- greffes étudiés.....	83
1.4.2. Caractéristiques des variétés étudiées	87
2-Protocole expérimentale	88
2.1. Présentation de l'essai.....	88
2.2. Préparation des plants avant greffage.....	90
2.3. Le greffage	91
2.4. Les étapes de greffage	92
2.5. Entretien des plants après greffage	93
3-Resultats Et Discussion.....	96
3 .1. Résultats	96
3.1.1. Les paramètres mesurés	96
3.1.2. Les paramètres considérés sur le taux de réussite	96
3.1.3. La hauteur de point de greffe.....	96
3.1.4. Moyennes des Température et Humidité	96
3.1.5. Nombre de pousses principales	98
3.1.5.1. Nombre des pousses primaires dans la pousse principale	98
3.1.6. Nombre de feuilles dans la pousse principale	99
3.1.6.1. Nombre de feuilles dans la pousse primaire	100
3.1.7. Durée de reprise après greffage	101
3.1.8. La reprise après greffage.....	102
3.1.8.1. Le taux de reprise au greffage.....	103
3.1.8.2. Les étapes de reprise au greffage	106
3.1.8.3. Les causes d'échec de greffage	106
3.1.9. Longueur moyenne de la pousse principale.....	107
3.1.9.1. Longueur moyenne de la pousse primaire	107
3.2. Etude et interprétation statistique	110
3.3. Discussion.....	113
Conclusion	117
Références Bibliographiques	

Résumé

Les agrumes présentent une importance économique considérable pour de nombreux pays, 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, le plant greffé est constitué de deux parties: le système racinaire « porte greffe » et la partie aérienne « greffon ». Depuis plusieurs dizaine d'années, 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 porte greffes. Cette tendance visant à augmenter le nombre de porte-greffes potentiellement utilisables s'est confirmée lorsqu'il s'est agi d'apporter une réponse à la menace parasitaire exercée par diverses maladies comme la tristeza, la gommose.

Notre essai est réalisé dans la pépinière El Nakhla à Ain defla, afin d'étudier la compatibilité et affinité par le suivi de taux de reprise au greffage de quatre variétés de greffon (Orange Washington Navel, Orange Navelina, Clémentine Orograndé et Clémentine Nules) greffées en écusson de printemps sur deux variétés de porte-greffes (Citrange Carrizo, Citrus Volkameriana) dans une serre multi -chapelle semi -automatique. La comparaison entre les différentes associations (porte- greffe/variété) qui permet de donner 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 Porte greffe X greffon c'est le porte greffe Citrange carrizo avec la Variété Navelina. Ces résultats obtenus permettent de déterminer un bon choix de matériel végétal pour les pépiniéristes agrumicoles.

Mots –clés : Agrumes ; greffage ; porte- greffe ; greffon ; affinité ; compatibilité ; Citrange Carrizo ; Citrus Volkameriana ; Orange Washington Navel ; Orange Navelina ; Clémentine Orograndé ; Clémentine Nules ; Serre multi- chapelle semi- automatique.

Abstract

Citrus fruits are of considerable economic importance for many countries, it is even for Algeria. Grafting is an operation which aims to combine the advantageous characteristics of two different plants in a single plant, the grafted plant is made up of two parts: the root system "rootstock" and the aerial part "graft". For several dozen. Years, the criteria for choosing a citrus plant have evolved, leading to an expansion of the range of varieties and species available to serve as rootstocks. This tendency to increase the number of potentially usable rootstocks was confirmed when it came to responding to the parasitic threat exerted by various diseases such as tristeza and gum disease.

Our test is carried out in the El Nakhla nursery in ain defla, in order to study the compatibility and affinity by monitoring the graft recovery rate of four graft varieties (Orange Washington Navel, Orange Navelina, Clementine Orograndé and Clementine Nules) grafted in crest of

spring on two varieties of rootstocks (Citrange Carrizo, Citrus Volkameraina) in a semi-automatic multi-chapel greenhouse. The comparison between the different associations (rootstock/ variety) which allows data to the following results:

The semi-automatic multi-chapel greenhouse ensures a favorable microclimate for the plants (temperature and humidity) for successful grafting and shoot development.

The best combination of graft X graft is the Citrange carrizo rootstock with the Navelina variety. These results obtained make it possible to determine a good choice of plant material for citrus nurserymen.

Keywords : Citrus fruits, grafting; rootstock; scion; affinity; compatibility; citrange carrizo; citrus volkameraina; orange Washington Navel; Orange Navelina; Clementine Orograndé; Clementine Nules ;semi- automatic multi-chapel greenhouse.

ملخص

تعتبر الحمضيات ذات أهمية اقتصادية كبيرة للعديد من البلدان، حتى بالنسبة للجزائر. التطعيم هو عملية تهدف إلى الجمع بين الخصائص المفيدة لنبتين مختلفتين في نبات واحد ، ويتكون النبات المطعوم من جزأين: نظام الجذر "الجذر" والجزء العلوي "نوعية الطعم". لعدة عشرات السنوات ، تطورت معايير اختيار نبات الحمضيات ، مما أدى إلى توسيع نطاق الأصناف والأنواع المتاحة لتكون بمثابة جذور. تم تأكيد هذا الميل إلى زيادة عدد حوامل الطعم التي يمكن استخدامها عندما يتعلق الأمر بالاستجابة للتهديد الطفيلي الذي تسببه الأمراض المختلفة مثل. gommoze, Tristeza. تم إجراء هذه التجربة في مشنة النخلة في عين الدفلة ، من أجل دراسة التوافق والتقارب من خلال مراقبة نسبة نجاح التطعيم لاربعة أنواع من الحمضيات (برتقال Washington Navel, برتقال Navelina, كليمنتين Orograndé و كليمنتين Nules) في دفيئة شبه أوتوماتيكية تمت المقارنة بين حامل الطعم وأنواع الحمضيات مما سمح بإعطاء النتائج التالية : -توفر الدفيئة شبه أوتوماتيكية مناخًا محليًا مناسبًا للنباتات (درجة الحرارة والرطوبة) من أجل تطعيم ناجح. -أفضل حامل طعم مع أفضل صنف حمضيات هو (برتقال Navelina / حامل الطعم Citrange Carrizo) وقد سمحت لنا هذه النتائج بتحديد أحسن حامل طعم يتناسب مع صنف الحمضيات بحيث يسهل على منتج شتائل الحمضيات اختيارها.

الكلمات الرئيسية: الحمضيات، التطعيم؛ حامل الطعم؛ نوعية الطعم؛ القابلية؛ التوافق؛ حامل الطعم Citrange carrizo ; حامل الطعم Citrus Volkameriana ; برتقال Washington Navel ; برتقال Navelina; كليمنتين Orograndé ; كليمنتين Nules، دفيئة شبه أوتوماتيكية.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Origine et aire de répartition des agrumes

Figure 2 : l'évolution de la production Mondiale par variétés d'Agrumes par millions de tonnes

Figure 3 : Part des principaux pays producteurs du bassin méditerranéen dans la production méditerranéenne des agrumes (22.6 millions de tonnes) en 2012

Figure 4 : production d'agrumes (tonnes) en Algérie depuis 1962

Figure 5 : Classification des agrumes et origine génétique des Citrus cultivés **Figure 6:** Structuration de la diversité génétique du genre Citrus

Figure 7: Croisements contrôlés dans le groupe des petits agrumes de type mandarine et clémentine

Figure 8: Représentation schématique de quelques Type de feuilles

Figure 9 : fleur d'orange

Figure 10 : Coupe au niveau d'un fruit d'orange

Figure 11: Pépinière d'agrumes

Figure 12 : des semences et un plant issu de semis de citrus volkameriana

Figure 13 : Technique du greffage en écusson)

Figure 14 : Technique du greffage en placage **Figure15:** Technique du greffage en fente herbacée

Figure 16 : Technique du greffage en couronne

Figure17: Coupe transversale d'un tronc d'arbre

Figure 18 : Le mécanisme de soudure entre le greffon et le porte-greffe

Figure 19 : Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes

Figure 20 : Pépinière EL-NAKHLA, Ain Defla (serre multi-chapelle semi-automatique contient des porte- greffes d'agrumes, plants d'agrumes greffés et variétés d'agrumes (18/12/2019)).

Figure 21: Site de pépinière d'agrumes El Nakhla

Figure 22: Différentes qualités de porte- greffes

Figure 23: Tige de Citrange carrizo

Figure 24: Tige de Citrus Volkameriana

Figure 25 : Feuille de Citrange Carrizo

Figure 26 : Feuille de Volkameriana

Figure27 : fruits des variétés étudiées

Figure 28: Plants d'essai avant le greffage (Citrange Carrizo)

Figure 29 : Plants d'essai avant le greffage (Citrus Volkameriana)

Figure 30 : Etiquettes

Figure 31 : Schéma de l'essai

Figure 32 : Etiquettes (nom de porte greffe, nom de variété de greffon, date de greffage)

Figure33 : La variété

Figure34 : Effeuilage de la baguette de greffon

Figure35 : baguettes de greffon

Figure 36: Le greffoir

Figure 37 : La ligature

Figure 38 : Le Sécateur

Figure 39 : Les étapes de greffage.

Figure 40 : Ebourgeonnage des plants d'essai

Figure 41 : premier pincement des plants d'essai

Figure 42 : bio- stimulant racinaire

Figure 43 : Engrais composé (NP) **Figure 44 :** plants d'essai après le développement des pousses du greffon (Washington Navel, Navelina, Orograndé, Nules) de durée de 50 jours après le greffage (28/04/2020).

Figure 45 : Représentation schématique d'un plant greffé (Gacem H., 2007).

Figure 46 : Nombre de pousse principale

Figure 47 : nombres de feuilles dans la pousse principale.

Figure 48: L'évolution de la pousse principale

Figure 49 : La durée de reprise après greffage

Figure 50: Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés.

Figure 51 : Taux de reprise au greffage des quatre variétés de greffon

Figure 52 : Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés sur le porte- greffe Citrange Carrizo

Figure 53 : Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés sur le porte- greffe Citrus Volkameriana

Figure 54: Les étapes de reprise au greffage

Figure 55: Causes d'échec de greffage

Figure 56 : La mesure de la longueur de pousse principale par un mètre ruban.

Figure 57 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrange Carrizo

Figure 58 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrus Volkameriana.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1 : parts de variétés d'agrumes (%) dans la production mondiale

Tableau2 : Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017

Tableau3 : Composition variétale des agrumes en Algérie

Tableau4 : Structure d'âge du verger agrumicole Algérien

Tableau 5: densité de plantation et nombre de plants par hectare pratiqué en Algérie

Tableau 6 : Les principaux ravageurs d'agrumes insectes et autres

Tableau 7: Les principales variétés cultivées d'agrumes

Tableau 8 : Les principaux porte-greffes d'agrumes

Tableau 9: comparaison entre les normes phytotechniques avec porte-greffes étudiés

Tableau 10: Effet du porte- greffes sur l'adaptation de l'arbre aux conditions pédoclimatiques

Tableau11 : Effet du porte – greffes étudiées sur les performances agronomiques de la variété

Tableau 12 : Sensibilité aux principales maladies conférée à la variété par le porte- greffe étudiée

Tableau 13 : Comportement des porte- greffes étudiées en pépinière

Tableau 14 : Morphologie des porte- greffes utilisés

Tableau 15 : caractéristiques agronomiques des variétés d'oranger

Tableau 16 : caractéristiques agronomiques des variétés de Clémentinier.

Tableau 17 : Traitements phytosanitaires utilisés contre les ravageurs des agrumes.

Tableau 18 : les paramètres mesurés.

Tableau 19: Moyennes de Température et Humidité

Tableau 20 : Nombre moyenne de pousses principales

Tableau 21 : Nombre moyenne de pousses primaires

Tableau 22 : Nombre moyenne de feuille dans la pousse principale

Tableau 23 : Nombre moyenne de feuille dans la pousse primaire

Tableau 24 : Durée de reprise au greffage (Jour).

Tableau 25 : Pourcentage de reprise au greffage (développement de la nouvelle pousse)

Tableau 26 : Longueur moyenne de la pousse principale (cm)

Tableau 27: Longueur moyenne de la pousse primaire (cm)

Tableau 28 : La durée de reprise (Comparaison entre les différentes variétés).

Tableau 29: La longueur de la pousse principale (Comparaison entre les différentes variétés).

Tableau 30 : La durée de reprise (comparaison entre les deux porte-greffes)

Tableau 31: La longueur de la pousse principale (comparaison entre les deux porte-greffes)

LISTE DES ABRIVIATIONS

ACTA : Association de Coordination Technique Agricole

°C : Degré Celsius

Ca : Calcium

Cm : Centimètre

CTV : Citrus Tristeza Virus

DSA : Direction des Services Agricole

DR : Durée de Reprise

FAO : Food and Agriculture Organisation

g : Gramme

ha : Hectare

hl : Hectolitre

ITAF : Institut Technique d'Arboriculture Fruitière

Kg : Kilogramme

L : Litre

LPP : Longueur de la pousse principale

m : mètre

Max : Maximum

MAP : Mono Ammonium Phosphate

meq : Milliéquivalent

Mg : Magnésium

Min : Minimum

ml : Millilitre

mm : Millimètre

MT : Millions de tonnes

m3 : mètre cube

NPK : Engrais azoté phospho-potassique

PG : Porte greffe

SDR : Service du Developpement Rural

SRA : Station de Recherches Agronomiques de San Giuliano

T : Poncirus Trifoliata

TCMA : Taux de Croissance Annuel Moyen

USDA : United States Departement of Agriculture

V : Variété

% : Pourcentage

‰ : Pour mille

INTRODUCTION

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 (**Loussert, 1987**).

De nos jours, les agrumes sont parmi les fruits les plus consommés dans le monde. La production mondiale des agrumes se situe autour de 66,4 millions de tonnes en 2010 avec une augmentation de 14 % par rapport à celle enregistrée durant la période 1997-1999, et de 60 millions de tonnes en 2000, dont 18 millions de tonnes produites par le Brésil à lui seul, suivi par la Floride avec 11 millions et le bassin méditerranéen avec 10 millions (**Loeillet, 2010**). Le Maroc est l'un des premiers producteurs d'agrumes, il forme avec l'Espagne, la Palestine et l'Italie les principaux pays exportateurs de la région méditerranéenne (**Zaouiet, 2010**). En Algérie, 55.000 ha de superficie sont productives en 2011 dont 56 % se situent au centre du pays (**Houaoura 2013**).

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

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

Cette situation fut maintenue jusqu'aux années 1930, avec l'apparition de la Tristeza, maladie virale qui se manifeste par la décimation des plantations, des milliers d'arbres dépérissent ainsi dans un laps de temps très court.

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

Notre travail consiste à étudier comparativement l'influence de deux porte-greffes d'agrumes hors bigaradier, à savoir le *Citrus Volkameriana*, Citrange Carrizo, sur la reprise au greffage et sur le comportement en pépinière de quatre Variétés d'agrumes, Orange Navelina et Orange Washington Navel, Clémentine Nules et Clémentine Orograndé, par écussonnage en printemps.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralité sur les agrumes

1.1. Historique et répartition des agrumes

LOUSSERT (1989b) signale que les agrumes sont originaires des pays du Sud-est asiatique où leur culture se confond avec l'histoire des civilisations anciennes de la Chine, qui les cultivèrent d'abord pour leurs parfums, puis pour leurs fruits. Ce même auteur signale aussi que c'est avec le rayonnement des civilisations Chinoises et Hindoues que leur culture commença à se propager, au cours du premier millénaire avant notre ère, à l'ensemble des pays du Sud-est asiatique (Sud du Japon et archipel de Malaisie). Les Cédriers furent probablement les premiers agrumes cultivés en méditerranée à l'époque des Mèdes, au VII^e siècle avant notre ère (**LOUSSERT, 1989b**). Ce même dernier auteur souligne aussi que c'est à partir de bassin méditerranéen et aux grandes découvertes que les agrumes furent diffusée dans le monde. Dès le X^e siècle, les navigateurs arabes les propagent sur les côtes orientales de l'Afrique jusqu'au Mozambique. Christophe Colomb, à l'occasion de son second voyage (1493), les introduits en Haïti, à partir de laquelle la diffusion se fera vers le Mexique (1518), puis les Etats-Unis d'Amérique (1569 à 1890). Enfin, ce sont les navigateurs Anglo-Hollandais qui en 1654 introduisent les premiers agrumes dans la province du Cap en Afrique du Sud.

En Algérie, les invasions arabes avaient bien introduit le bigaradier dans l'empire des Almohades (**MOREL, 1969**). toutefois, il embellisse déjà, pendant la période Ottmane (du 16^e au 18^e siècle), les jardins des Beys (**ANONYME, 2007**). l'oranger y fut sans doute apporté quelques siècles après par les maures d'Andalousie (**MOREL, 1969**). Au début de la colonisation en 1850, le mandarinier fut introduit en Algérie par M. Harby. Au 19^e siècle, le père Clément de l'orphelinat agricole de Misserghin, effectuant un croisement de mandarinier (Commun) avec le bigaradier (Granito) découvrit (Clémentine) (**ANONYME, 2007**).

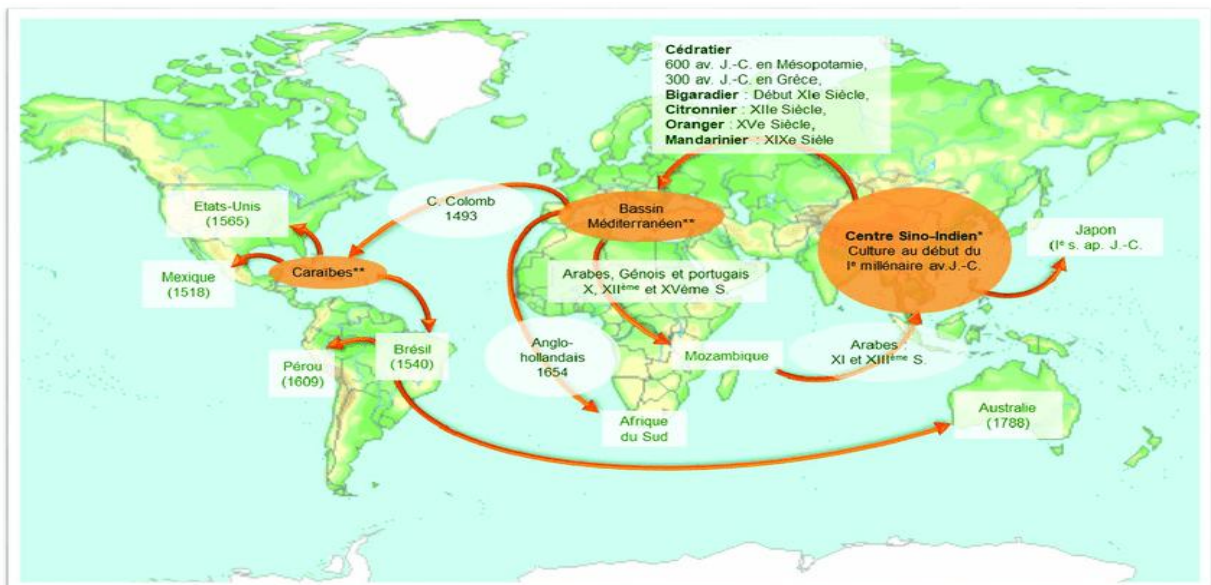


Figure 1: Origine et aire de répartition des agrumes (d'après Praloran, 1971).

1.2. Production agrumicole

1.2.1. Dans le monde

Actuellement le nombre des pays producteurs d'agrumes dans le monde augmente progressivement, et l'agrumiculture s'observe presque dans toutes les zones du globe, essentiellement dans les régions méditerranéennes et tropicales où cette production est possible (Benaissat, 2015).

Selon les données du Département Américain de l'Agriculture USDA, la production Mondiale d'agrumes tous produits confondus s'élève à plus 90 Mt pour la campagne 2016/17 avec un TCAM (Taux de Croissance Annuel Moyen) de 1,2% durant la période 2007-2017. En général, la production mondiale des agrumes se divise en quatre catégories ainsi réparties :

Tableau1 : parts de variétés d'agrumes (%) dans la production mondiale (USDA ,2017).

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

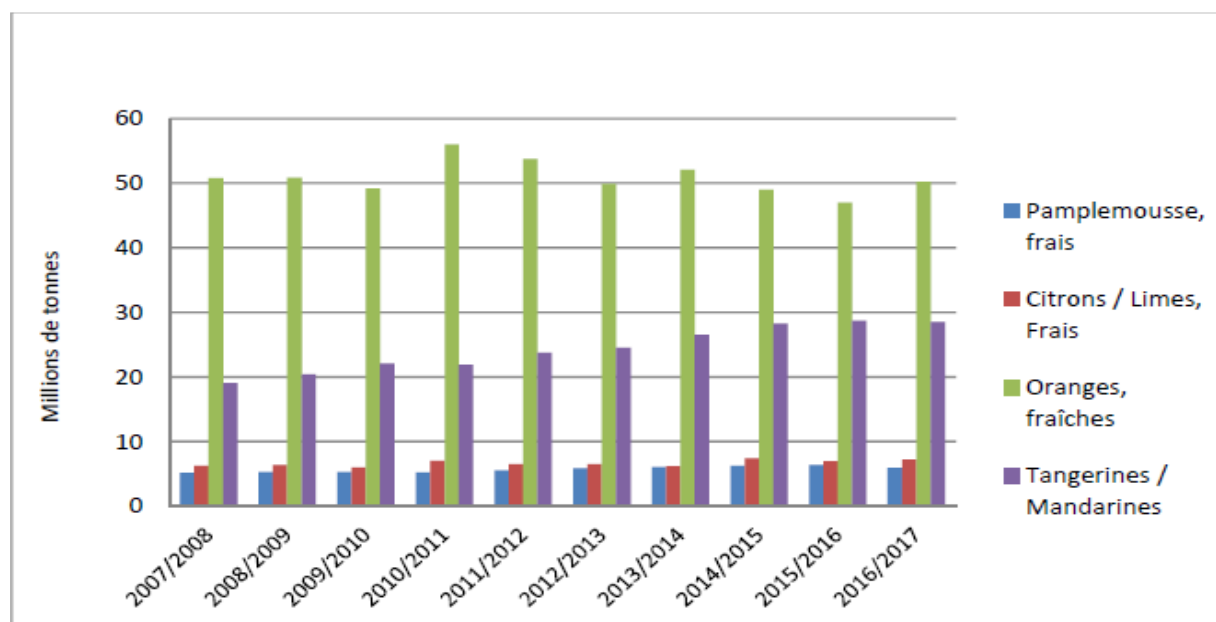


Figure 2 : l'évolution de la production Mondiale par variétés d'Agrumes par millions de tonnes (USDA ,2017).

Durant la dernière décennie, la production de tangerines a augmenté de 5,2% passant de 19 MT en 2007/2008 à 29 MT en 2016/2017. Ces petits agrumes sont Principalement produits en Chine, en Espagne, au Maroc, en Turquie et dans d'autres Pays méditerranéens.

1.2.1.1. Les principaux producteurs d'agrumes dans le monde :

La Chine est le premier producteur d'agrumes dans le monde avec une part de 34% et un volume de 29,5 millions de tonnes, elle est suivie par le Brésil avec une part de 22%. L'UE arrive au 3ème rang suivie par le Mexique (6,7 millions de tonnes) et les Etats unis (4,6 millions de tonnes). Le Maroc occupe le septième rang, suivi par la Turquie avec une Part de 1,6%. **(USDA, 2017)**. Quant à l'Algérie, elle occupe la 18e place dans le rang mondial, avec une production de 1,2 million de tonnes par ans **(FAO, 2013)**.

Tableau2 : Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017 **(USDA ,2017)**.

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

1.2.2 .Dans le Bassin méditerranéen

Le Bassin méditerranéen constitue la plus grande entité agrumicole dans le monde; la production atteint 17 millions de tonnes.

Les fruits proviennent de 20 pays différents ; environ 58% de cette production sont consommés sous forme de fruits frais et 13% sous forme de jus. Les 29% restants sont destinés aux marchés européens **(Aubert, 1995)**.

La part la plus importante de la production dans le bassin méditerranéen est fournie par l'Espagne avec 24% de la production totale de cette zone. Après l'Espagne viennent l'Egypte, la Turquie et l'Italie avec respectivement 17, 15 et 12% de la production méditerranéenne (Figure 3) **(FAO, 2014)**.

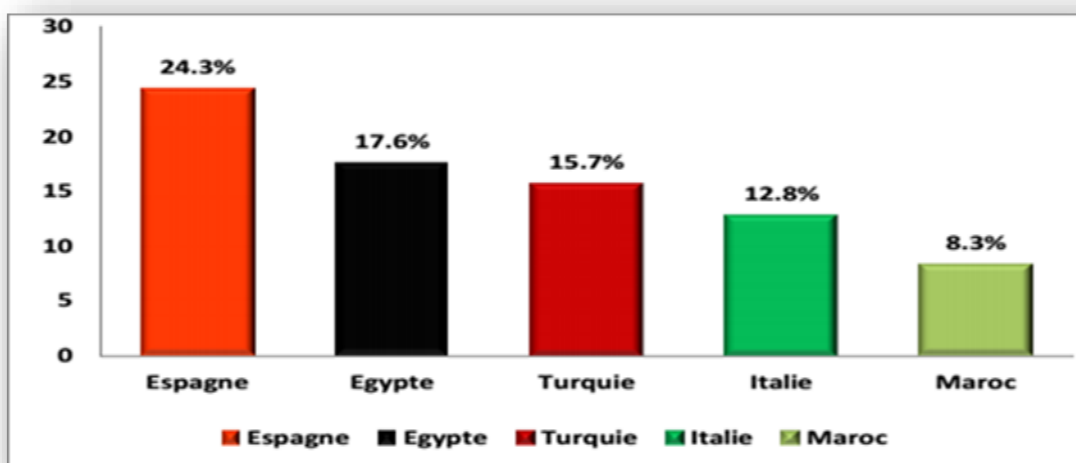


Figure 3 : Part des principaux pays producteurs du bassin méditerranéen dans la production méditerranéenne des agrumes (22.6 millions de tonnes) en 2012 (FAO, 2014).

1.2.3. En Algérie

Le programme Algérien de développement des agrumes occupe une place prépondérante dans la nouvelle politique agricole du pays, Considérant les vocations pédoclimatiques des différentes zones agricoles algériennes **(Guenouni et Kacemi, 2013)**.

L'Algérie possède une collection variétale composée de 178 variétés d'agrumes constituant un patrimoine génétique inestimable. Dans cette partie, un aperçu est donné sur la situation de l'agrumiculture en Algérie ainsi que les perspectives futures. L'agrumiculture en Algérie occupe une superficie de 54.040 ha, soit 11% des surfaces occupée par les arbres fruitiers **(Guenouni et Kacemi, 2013)**. La production nationale agrumicole avait dépassé les 14 quintaux en 2018, contre 7 millions de quintaux en 2010, ajoutant que l'objectif était d'atteindre 20 millions de quintaux dans les prochaines années. L'agrumiculture concerne 32 wilayas pour une superficie globale de 70.503 ha, contre 63.186 ha en 2010. Les principales wilayas agrumicoles sont : Blida (15809 ha), Chleff (5777 ha), Alger (5065ha), Relizaine (4417 ha), Mascara (4232 ha), Mostaganem (4079 ha), Tipasa (3725 ha). En fin juillet 2011, il a été créé le premier Club des agrumiculteurs en Algérie à Tipasa. **(Anonyme, 2013)**.

La production globale d'agrumes (orange, clémentine et citron) pour la saison agricole de 2018 a été estimée à plus de 14 millions de quintaux, dont plus de 11 millions de quintaux d'oranges et 2,5 millions de quintaux de clémentines, et près de 800.000 quintaux de citrons.

Sur un total de 32 wilayas productives d'agrumes, la wilaya de Blida vient en tête avec 4,1 millions de quintaux, puis chlef avec 1,5 millions de quintaux , suivie de Mostaganem avec

1,2 millions de quintaux , puis Tipasa avec 1,1 million de quintaux et le reste de la production agrumicole était réparti sur les 28 autres wilayas. **(DSA, 2018)**.

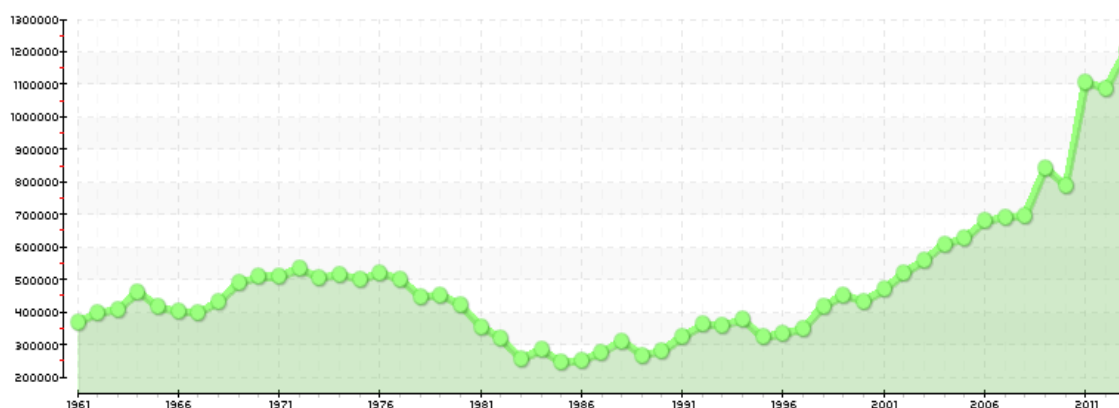
La répartition de la surface occupée par les agrumes dans les trois régions du nord d'Algérie est comme suit :

- Région du centre : 28 243 ha
- Région de l'ouest : 11 658 ha
- Région de l'est : 4 811 ha

D'après **(Guenouni et kacemi, 2013)**, selon leurs exigences en eau et qualité des sols, les agrumes sont localisés essentiellement dans les plaines irrigables:

- La plaine de la Mitidja (44%).
- La plaine de Habra et Mascara (25%).
- Le périmètre de Bouna Moussa et la pleine de Safsaf (16%).
- Le périmètre de la Mina et le Bas Chélif (14%).

Algérie - Production d'agrumes (tonnes)



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



Actualitix.com

Figure 4 : production d'agrumes (tonnes) en Algérie depuis 1962 (FAO STATS d'après ACTUALIX.COM, 2015).

1.2.3.1 Ain –Defla

La production d'agrumes attendue au titre de la saison agricole 2016-2017 dans la wilaya de Ain Defla est de 200 000 qx, en hausse par rapport à celle enregistrée lors de la campagne précédente (132 000 qx), a-t-on appris d'un responsable de la direction locale des services agricoles **(DSA, 2017)**.

La production d'agrumes attendue au titre de la saison agricole 2019-2020 avoisine les 200.000qx, en baisse par rapport à celle enregistrée de la campagne précédente est de 240.000qx **(DSA, 2020)**.

La superficie dédiée à l'agrumiculture concernée par la campagne de collecte est de 1700 ha, soit 350 ha de plus par rapport à celle inhérente à la campagne 2015-2016 et enregistrer à la campagne 2019-2020 1500ha.

Les variétés "**Thompson**" et "**Washington**" sont celles qui prédominent le plus sur le territoire de la wilaya. relevant que l'agrumiculture est présente notamment au niveau des communes de Aïn Soltane, Arrib, El Attaf, Djellida et Aïn Defla (**DSA, 2017**).

1.2.3.2 Composition variétale et l'âge de verger Agrumicole

Le verger agrumicole est constitué par divers groupes d'agrumes, avec spécialement celles appartenant aux oranges et clémentine (**Guenouni et kacemi, 2013**). La gamme variétale du groupe des oranges est la plus importante (voir tableau3), avec une prédominance des variétés précoces, telle que le Washington Navel et le Thomson Navel (50% de la superficie couverte). Par ailleurs, le rythme de plantation et renouvellement des vergers reste insignifiante, ceci, malgré les efforts de l'Etat en matière de soutien pour la filière Agrumicole (voir tableau.4).

Tableau3 : Composition variétale des agrumes en Algérie (**Guenouni et kacemi, 2013**).

Groupe	Surface (ha)	En %
Oranges	28000	62, 3
Clémentines et Mandarines	137000	30,4
Citrons	28000	6,2
Pamélos	150	0,4
Autres	350	0,7
Total	45000	100

Tableau4 : Structure d'âge du verger agrumicole Algérien (**Guenouni et kacemi, 2013**).

Tranche d'âge	Surface (ha)	En %
01 à 10	6 000	13,3
11 à 30	15 000	33,3
31 à 50	20 000	44,5
> 50	4 000	8,9
Total	45 000	100

1.3 Taxonomie des agrumes

D'après **JACQUEMOND et al (2009)**, beaucoup de travaux ont été réalisés au cours du XXème siècle afin de classer les différentes variétés et espèces, il est admis que les agrumes se répartissent en trois genres botaniques, compatibles entre eux : Poncirus, Fortunella et Citrus. Ces trois genres appartiennent à la tribu des Citreae. Les Poncirus ne produisent pas de fruits consommables, mais sont utilisés comme porte-greffe car ils confèrent certaines résistances intéressantes. Les Fortunella produisent des petits fruits qui se dégustent avec la peau. Enfin, le

genre *Citrus* qui regroupe la plupart des espèces d'agrumes cultivées et renferme suivant les taxinomistes, entre 16 et 156 espèces (SWINGLE et REECE, 1967) et (TANAKA, 1961).

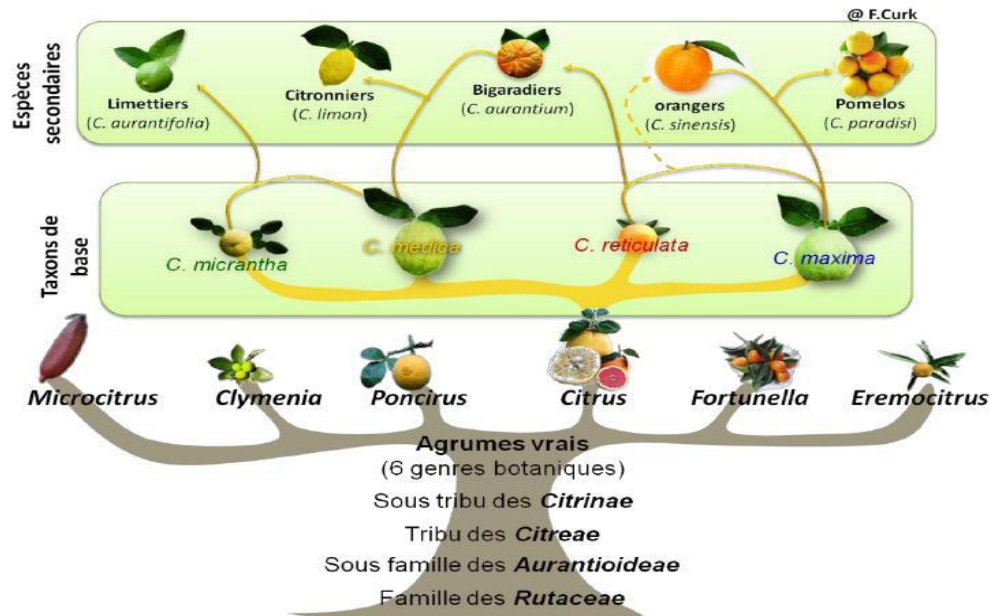


Figure5 : Classification des agrumes et origine génétique des *Citrus* cultivés (Khefifi, 2015).

Classification :

Les Agrumes appartiennent aux genres *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*. Ces trois genres sont de la famille des « *Rutaceae* ». D'après Swingle in Praloran (1971), la position taxonomique des agrumes est la suivante :

Classe : *Dicotyledoneae*.

Sous classe : *Archichlonideae*.

Ordre : *Géraniales*.

Famille : *Rutaceae*.

Sous famille : *Aurantioideae*.

Tribu : *Citreae*.

Sous tribu : *Citrinae*.

Genre : *Citrus*.

En référence à la classification de (Swingle, 1967), on distingue huit principaux groupes taxonomiques : *C. medica* (L.) (Cédratiers), *C. reticulata* Blanco (mandariniers), *C. maxima* (L.) Osb. (Pamplemoussiers), *C. sinensis* (L.) Osb. (Orangers), *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (Limettiers), *C. paradisi* Macf. (Pomelos), *C. limon* (L.) Burm. F. (citronniers), *C. aurantium* (L.) (Bigaradiers).

2. Diversité génétique des agrumes

2.1. Génétique des agrumes

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

2.2. Les origines de la diversité des agrumes

La complexité relative de la classification d'agrumes résulte, entre autres, d'une large diversité morphologique et de la compatibilité sexuelle des espèces du genre *Citrus*. Par ailleurs certaines variétés cultivées se sont vues élevées au rang d'espèces, bien qu'elles soient issues de croisements entre deux espèces différentes et qu'elles ne puissent se reproduire naturellement par fécondation. La taxonomie de **Swingle** et **Reece** est plus en adéquation avec la notion d'espèce, c'est pourtant celle de Tanaka qui est la plus souvent utilisée. Elle offre en effet une dénomination latine, et donc une forme d'appellation standardisée, à des variétés cultivées, bénéficiant souvent de multiples appellations locales.

Le développement récent des outils d'analyse, et notamment ceux affiliés à la variation du génome, ainsi que les connaissances sur la biologie de la reproduction ont contribué à éclaircir l'origine et l'évolution des espèces cultivées du genre *Citrus* (**Jacquemont C. et al, 2009**).

2.3 Diversité inter-générique

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

- Le cloisonnement géographique au cours de l'évolution, durant des millénaires ; par exemple le *Poncirus*, de par ses caractères spécifiques d'adaptation aux températures gélives (chute des feuilles en saison froide...), est originaire de régions plus septentrionales de Chine que les *Citrus*.
- Un décalage entre les époques de floraison des 3 genres.
- Des facteurs génétiques limitant l'association croisée, par exemple des combinaisons de gènes défavorables, ralentissant la croissance des hybrides ou engendrant des stérilités ne permettant pas l'obtention de nouvelles générations (**Jacquemont C. et al, 2009**).

2.4. Diversité interspécifique du genre *Citrus* de nombreux hybrides naturels

Les résultats de nombreux travaux, axés sur la variabilité morphologique ou la variabilité génétique, convergent vers l'existence de 3 taxons à l'origine de l'ensemble des *Citrus* cultivés), qui se seraient diversifiés dans trois zones géographiques distinctes : les pamplemoussiers seraient en effet originaires de l'archipel Malaisie ; les cédratiers auraient évolué dans le nord-

est de l'Inde et dans des régions voisines; les mandariniers se seraient diversifiés dans une région qui couvre le Vietnam, la Chine du sud et le Japon.

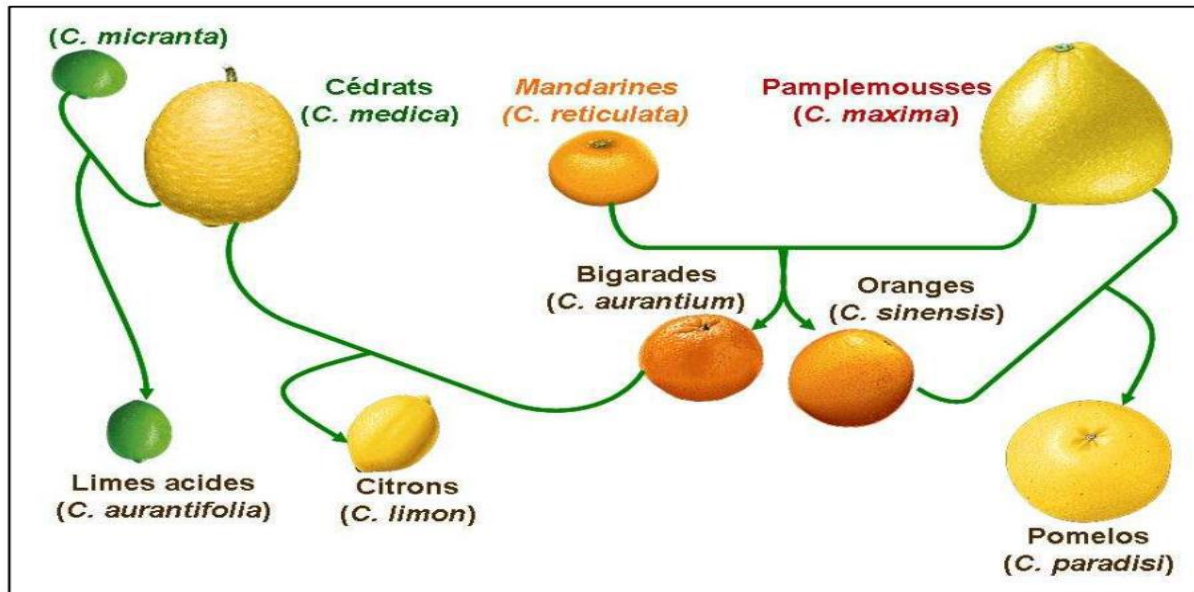


Figure 6: Structuration de la diversité génétique du genre Citrus (Jacquemon C. et al, 2009).

Les autres espèces cultivées seraient ensuite apparues par recombinaison entre ces taxons de base, mis en contact au gré des échanges commerciaux et des migrations humaines.

Les orangers et bigaradiers, proches des mandariniers, ont probablement eu un pamplemoussier comme parent femelle.

Les pomelos, apparus dans les Caraïbes autour du XVII^{ème} siècle, résulteraient d'une combinaison hybride naturelle entre oranger et pamplemoussier.

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

Le clémentinier est apparu en Algérie à la fin du XIX^{ème} siècle, à la suite d'un croisement naturel entre un mandarinier et un oranger cultivés. Le limettier Mexicain, produisant les fameux « citrons verts » ou limes, serait un cas à part puisqu'il aurait été engendré lors d'une combinaison entre un cédratier et une espèce étrangère au trio basique pamplemousse - cédrat - mandarine : *Citrus micrantha* Wester. Ces hybrides ont été multipliés par deux voies différentes:

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

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

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

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

Les cédratiers présentent un faible niveau de diversité génétique, qui s'explique par une évolution essentiellement réalisée par autofécondation. Le pamplemoussier, au contraire, de par une incapacité génétique à ce qu'une fleur soit fécondée par le pollen d'une fleur de la même variété: ce système favorise le brassage génétique, qui se traduit par une forte diversité génétique et morphologique chez les pamplemoussiers. Dans le groupe des mandariniers, l'auto-fertilité est très répandue, mais les croisements inter-variétaux ont été le principal moteur de leur diversification.

Qu'ils soient issus d'espèces ancestrales (mandarines, pamplemousses, cédrats) ou d'hybrides naturels (clémentines, pomelos, orangers, citronniers), les groupes cultivés se sont diversifiés au cours des âges par des modifications spontanées de leurs gènes, que l'on nomme « mutations ». Il arrive qu'une mutation perdure et que, par ailleurs, elle arrive à modifier l'expression d'un gène. Un caractère morphologique ou physiologique peut alors être modifié. Il suffit alors qu'un œil avisé repère cette modification, généralement sur l'arbre adulte, et la considère suffisamment intéressante pour être conservée et multipliée par greffage. D'ordinaire, les mutations repérées sont celles qui affectent le méristème d'un bourgeon végétatif : les fruits portés par la branche issue de ce méristème peuvent alors être visuellement différents (nombre, calibre ou qualité).

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

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

2. 6. L'exploitation de la diversité par l'homme: créer de la variabilité

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

On peut néanmoins mentionner la pratique du greffage qui, au début du XIX^{ème} siècle, est le premier exemple d'exploitation de la diversité génétique pour l'amélioration de la culture des agrumes. En effet, pour lutter contre le dépérissement par un champignon du sol (de type *Phytophthora*) les variétés cultivées (citronniers, orangers) sensibles à cette maladie et jusque-là multipliées par graines furent greffées sur des variétés résistantes (porte-greffe). Le choix du porte-greffe s'est porté sur le bigaradier (*Citrus aurantium L.*). Cette association entre deux variétés différentes (scion/porte-greffe) peut être considérée, comme la première manipulation des plantes ayant eu pour but de tirer partie 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* (**figure7**), 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.

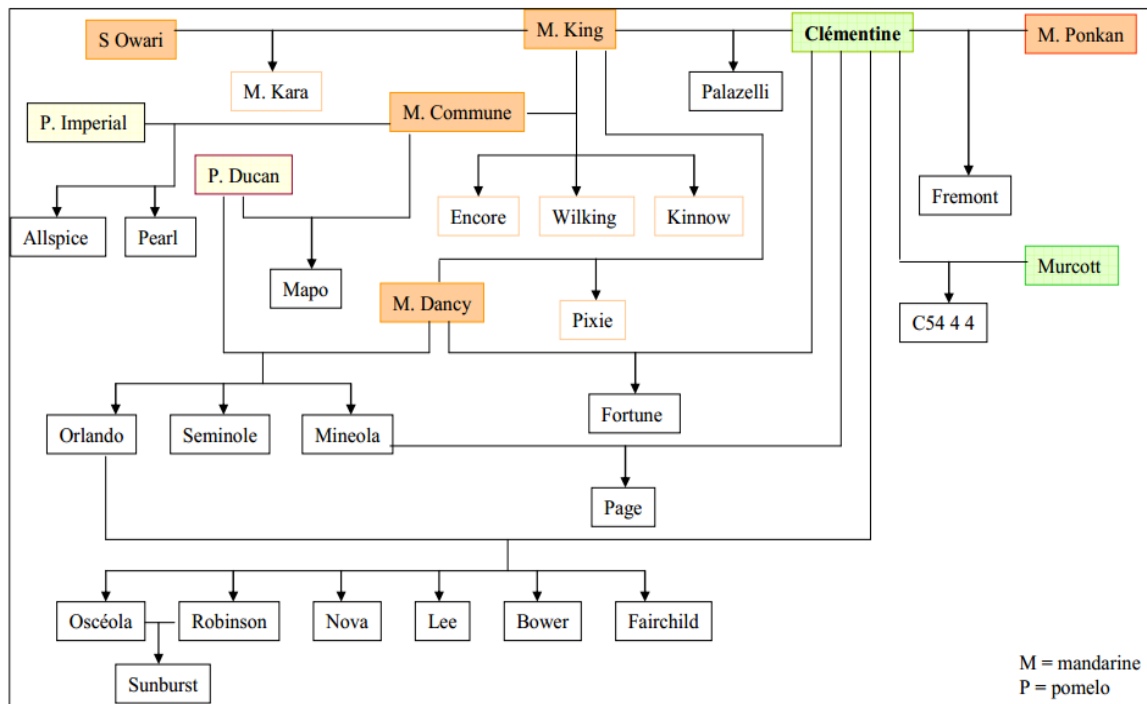


Figure7: Croisements contrôlés dans le groupe des petits agrumes de type mandarine et clémentine (Jacquemond C. et al, 2009).

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

2.7. Objectifs d'amélioration des agrumes

De nombreuses variétés cultivées à travers le monde sont issues de sélections d'hybrides spontanés ou de sélections de mutations spontanées identifiées dans les vergers. Depuis la fin du XIXe siècle, les programmes d'amélioration ont exploité la facilité des agrumes à s'hybrider entre eux pour améliorer les caractères pomologiques ou agronomiques des variétés dites défailtantes. En effet, la compatibilité sexuelle s'est avérée très large, tant pour les combinaisons intra et interspécifiques qu'inter génériques. De plus, de longs cycles de recherche ou d'induction de variabilité (prospection de mutants, hybridation, mutagenèse, biotechnologies...), suivis de processus de sélection et validation, ont été entrepris par différentes équipes à travers le monde chez les agrumes. Le perfectionnement des techniques horticoles a permis de contourner les diverses contraintes environnementales (salinité, pression parasitaire...) par l'utilisation de l'association cultivar / porte-greffe (Aubert et Vullin, 1997). Ceci permet de distinguer des objectifs liés à l'amélioration des porte-greffes et d'autres liés à l'amélioration variétale, en tenant compte des besoins spécifiques de chaque région du monde.

2.7.1. Objectifs d'amélioration des porte-greffes

L'adaptation aux différents types de sol et aux pathogènes qui s'y trouvent est le premier objectif qui guide la sélection des porte-greffes. Ainsi, suivant les types de sol, on recherche une tolérance au sel, une adaptation aux sols alcalins ou acides, et, dans tous les cas, une résistance ou une tolérance aux *Phytophthora* sp. et aux nématodes. Le génotype des porte-greffes permet de moduler le comportement de l'association porte-greffe/cultivar pour de nombreux caractères comme la tolérance à la Tristeza, la tolérance au froid, la vigueur et la productivité. Au-delà d'un effet quantitatif sur la récolte, le porte-greffe a une influence non négligeable sur le plan qualitatif. Il agit sur de nombreux facteurs importants sur le plan économique, comme le calibre, l'épaisseur de la peau, la teneur en jus ou la saveur du fruit.

La dispersion de la Tristeza à travers le monde a totalement remis en cause l'utilisation du bigaradier (*C. aurantium*) alors qu'il était le porte-greffe quasi exclusif dans la région Méditerranéenne. La plupart des pays producteurs s'orientent vers la reconversion de leur verger en utilisant des porte-greffes tolérants à cette maladie. Il apparaît toutefois que les porte-greffes tolérants à cette maladie sont mal adaptés aux autres contraintes du Bassin Méditerranéen. La création de nouveaux porte-greffes cumulant des tolérances aux contraintes biotiques (Tristeza, *Phytophthora* sp, nématodes) et abiotiques (calcaire, salinité), tout en conférant un niveau de qualité élevé aux oranges et petits agrumes, constitue ainsi un objectif majeur pour le Bassin Méditerranéen mais également pour de nombreux pays du Sud soumis aux mêmes contraintes. Le développement de la Sudden Death pour les orangers greffés sur limettier Rangpur soulève la même problématique au Brésil (**Ollitrault et al, 2006**).

De nouveaux porte-greffes offrant une bonne compatibilité avec les cultivars d'agrumes locaux et tolérants à ces diverses contraintes doivent être trouvés. D'intéressants caractères de tolérance vis-à-vis de stress biotiques et abiotiques existent dans les espèces du genre *Citrus* et des genres apparentés. La recombinaison génétique, utilisable pour exploiter cette diversité génétique, est limitée par la biologie de la reproduction des agrumes et la forte hétérozygotie de la plupart des cultivars et porte-greffe. En revanche, l'hybridation somatique apparaît comme étant une voie plus favorable au cumul des caractères d'intérêt agronomique et de tolérances à des pathogènes tels que la Tristeza et le *Phytophthora*.

Le porte-greffe doit être également compatible au greffage avec la variété et favoriser le développement durable d'arbres capables de produire des fruits en grandes quantités et de bonne qualité (**Khan et Kender ,2007**).

2.7.2. Objectifs d'amélioration des variétés

Pour le marché du fruit frais, la qualité du produit est le critère essentiel. La définition de la qualité organoleptique peut varier suivant les habitudes du consommateur. En Occident, elle est déterminée par la coloration, l'arôme, la présence de pépins, l'épaisseur de l'épiderme la teneur en jus et le rapport sucre/acidité. Des différences d'appréciation notables existent toutefois entre les différents pays Européens. Le sélectionneur doit donc s'efforcer de développer une gamme variétale susceptible de répondre à la diversité de ces perceptions de la qualité organoleptique. L'aspermie, la facilité d'épluchage et la régularité de l'écorce participent à la définition de la qualité du fruit. Au-delà de l'aspermie des nouvelles variétés, il convient de sélectionner des

cultivars incapables de polliniser les variétés auto-incompatibles C'est particulièrement important vis-à-vis du clémentinier, qui représente actuellement l'essentiel des vergers de production de petits agrumes dans le Bassin Méditerranéen. A défaut, les vergers de production de clémentinier côtoyant ces nouvelles variétés produiront en effet des fruits contenant de nombreux pépins. L'étalement de la production constitue également un objectif très important des programmes de sélection dans le groupe des petits agrumes de type mandarine. Des variétés tardives sont ainsi particulièrement attendues par le marché. L'amélioration de la qualité des petits agrumes pour les zones tropicales humides et une plus grande valorisation des pamplemousses dans les zones tropicales sont également des enjeux importants pour les pays du Sud (Ollitrault. et al ,2006).

Pour répondre à la diversité des goûts, des sélectionneurs développent une gamme variétale de qualité variable s'adaptant à la demande. Cependant, d'autres contraintes, telles que qualité variable s'adaptant à la demande. Cependant, d'autres contraintes, telles que l'étalement de la production, la longueur de la phase juvénile, le calibre, la productivité, la conservation ou l'absence de critères de sélection précoce pour la plupart des caractères sont autant de problématiques auxquelles les programmes de sélection s'intéressent.

Des caractères de résistances aux maladies sont également à rechercher. En particulier pour la cercosporiose africaine des agrumes qui cause des dégâts très importants en Afrique et qui menace le Bassin Méditerranéen ou pour le "mal secco"(Phoma tracheiphila) pour les citronniers. La recherche de tolérance au Huanglongbing est aujourd'hui une priorité majeure pour les pays asiatiques et depuis peu pour le Brésil et la Floride où la maladie a été identifiée en 2004 et 2005 (Ollitrault.et al, 2006).

3. Morphologie et Cycle biologique des agrumes

3.1. Morphologie

3.1.1. Le système racinaire

Selon Loussert (1989), le développement du système racinaire de l'arbre adulte est avant tout en fonction des caractéristiques physiques du sol. Certes, il est démontré que la nature des porte-greffes joue aussi un rôle dans le développement et la localisation des racines.

En règle générale, le système racinaire des agrumes est essentiellement localisé dans les premiers 100cm de profondeur.

Selon les fonctions du système racinaire, deux types de racine ont été mise en évidence :

-Les racines principales

Au nombre de deux à trois, ancrent solidement l'arbre au sol en se développant jusqu'à un à deux mètres de profondeur. Ce rôle de fixation joué par ces racines est important, car les arbres adultes doivent supporter des productions en fruits pouvant dépasser les 100 Kg /arbre. De plus, dans les régions ventées, la frondaison des arbres présente une prise de vent important (frondaison à feuillage persistant)

-Les racines secondaires

Se divisent en fines racines qui constituent le chevelue racinaire. Elles ont un rôle de nutrition, car c'est à partir de ce chevelue que sont absorbés les éléments minéraux et l'eau présents dans le sol. Ce chevelue racinaire se localise en général dans les premiers 50cm où il trouve les conditions optimales à son fonctionnement : aération satisfaisante de la terre, humidité convenable et sans excès, sol riche en éléments nutritifs apportés.

3.1.2. Le système aérien

Le système aérien est constitué du tronc, à partir duquel se développent les branches charpentières, puis les ramifications qui porteront les feuilles, les fleurs et les fruits.

3.1.2.1. Le tronc

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

3.1.2.2. Les ramifications

Elles constituent l'armature de l'arbre. Les branches charpentières, limitées à 3 ; 4 ou 5 par la taille de formation, prennent naissance sur le tronc. Elles doivent être d'égale vigueur afin de favoriser le développement équilibré de la frondaison. Les charpentières se divisent en sous – charpentières (ou sous mères) qui à leur tour porteront les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères. À l'intérieur de la frondaison, peuvent parfois se développer des rameaux verticaux de grande vigueur, pourvus de larges feuilles associés à des épines ulcérateuses. Ces rameaux appelés gourmands, grands consommateurs de sève, peuvent compromettre l'alimentation d'une sous mère ; ils doivent être ou être affaiblis par la taille.

3.1.2.3. Les feuilles

Tous les agrumes sont des arbres à feuilles entières et persistantes qui ont une durée de vie limitée et les chutes interviennent naturellement en automne et au printemps quand les nouvelles pousses apparaissent (**Bachès, 2011**). Cependant, les feuilles sont très différentes et présentent une grande variabilité de tailles et de forme selon les espèces, les variétés et l'âge de l'arbre et permettent souvent l'identification des agrumes.

Généralement, les jeunes arbres sont pourvus de feuilles plus larges et plus grandes que les arbres adultes.

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

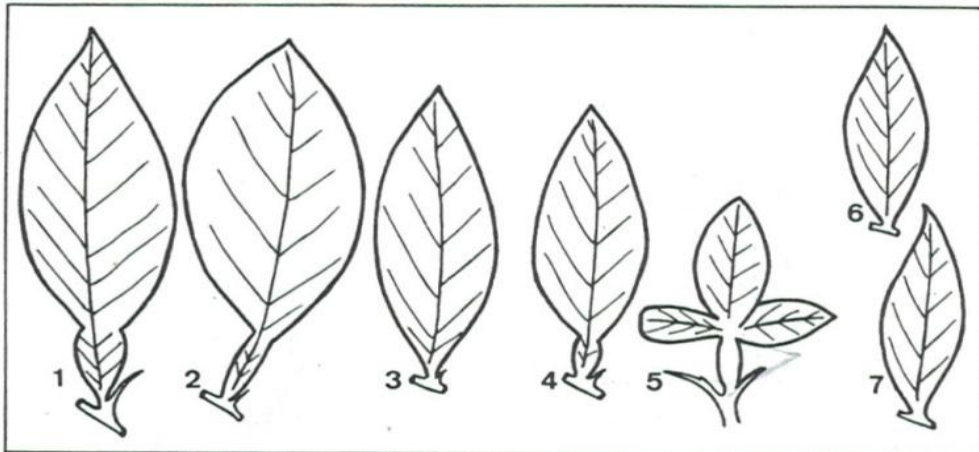


Figure 8: Représentation schématique de quelques Type de feuilles :1) Bigaradier 2) Oranger 3) Citronnier 4) Pomelo 5) Poncirus trifoliata 6) Mandarinier 7) Clémentinier (Guenouni et kacemi, 2013).

3.1.2.4. Les fleurs

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

- De 3 à 5 sépales colorés en vert, soudés en forme de coupe protectrice ; ils constituent le calice.
- De 4 à 8 pétales (généralement 5) ; blancs ou légèrement coloré en pourpre chez certaines espèces (citronniers, pomelos, limetiers) ils forment la corolle.
- De 20 à 30 étamines, soudées à leur base par groupes de 3 à 4. Les anthères renferment le pollen, qui sera libéré au printemps, au moment de la plein floraison des arbres, les grains de pollen, de couleur jaune brillant, sont pourvus de nombreux sillons microscopique qui leur permettant de se fixer le stigmate du pistil.
- du pistil formé par l'union de plusieurs carpelles. l'ovaire constitue la partie basale du pistil, surmonté du style qui se termine par le stigmate.



Figure9 : fleur d'orange (<https://www.lebabi.net/fleur-d-oranger-l-eau-calmante-1280.html> Source : topsante.com)

3.1.2.5. Les fruits

Les fruits de principales espèces et variétés cultivés de citrus diffèrent par la coloration, leur forme, leur grosseur, la composition de leur jus et leur époque de maturité .cependant tous les fruits de citrus cultivés présentent la même structure anatomique, bien que les éléments composant cette structure varient avec l'espèce. On peut distinguer les parties suivantes :

-L'écorce

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

-La pulpe

C'est la partie comestible du fruit, elle est formée par l'endocarpe .cet endocarpe est constitué par un ensemble de poils ou vésicules renferment le jus, et qui sont regroupés en quartiers. Le nombre de quartiers varie de 5 à 18 :

-9 à 11 pour les oranges ;

-8 à 11 pour les citrons ;

-12 à 15 pour pomelos.

-Les pépins

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

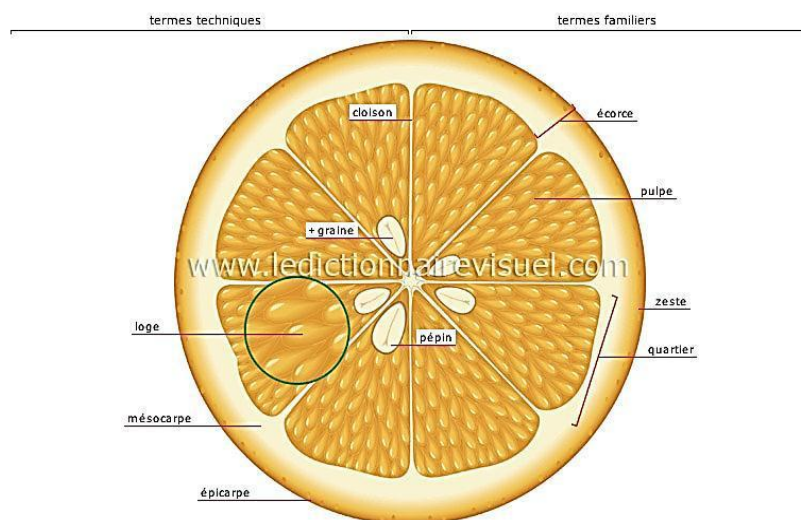


Figure10 : Coupe au niveau d'un fruit d'orange (Loussert, 1989)

3.2. Morphologie et rôle des ramifications

- **Règles morphogénétiques des agrumes** : la formation des rameaux est régie par une dominance apicale marquée, où le méristème du bourgeon terminal de la pousse en formation inhibe le développement des bourgeons latéraux par la production de substances hormonales (auxines). Cela se traduit par le fait qu'une pousse feuillée se développe dans un premier temps sans se ramifier. Au fur et à mesure de la croissance de la pousse, les bourgeons se forment en même temps que les feuilles, en position axillaire (à l'aisselle de la feuille). Chaque bourgeon, qu'il soit apical (terminal) ou latéral (axillaire) contient l'ébauche d'une tige feuillée ou d'une inflorescence. Les bourgeons restent latents, en repos végétatif, tant que les conditions favorables à leur débourrement ne sont pas réunies.

- **Construction de la charpente** : les premières années le rôle essentiel de la ramification est de permettre la construction d'une charpente solide et adaptée à la variété et à son mode de culture. Par la taille dite de formation, l'homme contraint et oriente la structuration naturelle. Sur le tronc prennent naissance les branches charpentières, qu'on limite à 3, 4 ou 5, qui elles-mêmes se subdivisent en sous-charpentières. Celles-ci se ramifient en rameaux végétatifs et fructifères, qui se développent et se renouvellent chaque année. À l'âge adulte, les agrumes atteignent une forme plus ou moins sphérique en fonction des variétés, et leur feuillage devient très dense du fait de l'émission de nombreux rameaux à chaque pousse végétative.

À l'intérieur de la frondaison, peuvent parfois se développer des rameaux verticaux de grande vigueur, appelés « gourmands » en raison de leur grande consommation de sève. Si aucune taille n'est réalisée, ces gourmands peuvent dépasser rapidement la frondaison pour former, au-dessus d'elle, un nouvel étage posant problème dans la conduite culturale du verger.

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

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

- **Accumulation des réserves** : l'ensemble du tronc et de la ramure constitue un volume élevé de divers tissus susceptibles d'accumuler des réserves importantes et de jouer le rôle de régulateur ou de tampon entre, d'une part, les possibilités de nutrition et, d'autre part, les besoins exprimés par les parties consommatrices pour assurer le développement et la fructification. Ce pouvoir tampon peut expliquer par exemple le décalage entre l'application de certaines matières fertilisantes et l'observation de son effet. Comme toutes les espèces du genre Citrus, le clémentinier est un arbre à feuillage persistant, ce qui lui permet de conserver une capacité et une activité photosynthétique tout au long de l'année. La durée de vie d'une feuille est au maximum de trois ans, ce sont surtout les jeunes feuilles qui ont la meilleure efficacité

photosynthétique, mais ce sont les feuilles plus âgées qui ont la meilleure capacité de stockage (sous forme d'amidon principalement mais également de sucres solubles).

3.3. Cycle biologique (croissance et développement)

3.3.1. Étapes de la croissance

- **Période d'élevage en pépinière**

Cette période, d'une durée de 12 à 36 mois, se déroule en pépinière (LOUSSERT, 1989b). Elle commence par le semis des graines pour la production du porte-greffe, se poursuit avec le greffage de la variété sur le port- greffe, et se termine par l'élevage de jeune plant (CASSIN, 1983).

- **Période improductive**

Le jeune plant en provenance de la pépinière est mis en place sur terrain de plantation. Le jeune plant installé développe à la fois son système racinaire et sa frondaison. Néanmoins, les arbres nécessitent des soins attentifs (fumure, irrigation, taille de formation, traitements phytosanitaires, etc.). Cette période dure en moyenne 2 à 3 ans .Elle représente un important investissement pour l'agrumiculteur, à la fois sur le plan technique et économique (CASSIN, 1983).

- **Période d'entrée en production**

Avec les premières floraisons apparaissent les premières fructifications. L'arbre fleurit de plus en plus, et ce durant une période de 5 à 7 ans (CASSIN, 1983).

- **Période de pleine production**

C'est la période la plus intéressante pour l'agrumiculteur. Le développement végétatif de l'arbre se stabilise dont l'arbre consacre son énergie à fleurir, à fructifier et à renouveler ses ramifications, ses feuilles et ses racines. Par des soins appropriés, l'agrumiculteur tend à prolonger au maximum cette période qui assure la rentabilité de son verger. La durée de cette période ne dépasse guère (CASSIN, 1983).

- **Période de vieillissement**

Les productions des arbres, dont ils sont en place depuis 30 à 40 ans, vont progressivement diminuer. Le renouvellement des pousses fructifères se ralentit, la frondaison est moins fournie (CASSIN, 1983).

- **Période de décrépitude**

Selon CASSIN (1983) C'est la période où il convient de prendre la décision d'arracher les arbres, car les frais d'entretien ne sont plus couverts par la vente des récoltes. Les arbres, affaiblis, deviennent sensibles à de nombreuses attaques parasitaires, qu'accentuent souvent des carences alimentaires. Les récoltes sont faibles et les fruits produits sont de qualité médiocre.

3.3.2. Cycles annuel de développement

Bien que chez les citrus le cycle annuel ne soit pas aussi marqué que chez les espèces fruitières à feuilles caduques, il est possible d'en différencier les étapes suivantes :

3.3.2.1. La croissances végétatives

Elle se manifeste sur les jeunes ramifications (rameaux) dites poussées de sève au cours des trois périodes suivantes :

-La première poussée de sève de printemps :(de la fin février au début mai), les ramifications s'allongent et développent de jeunes feuilles de coloration vert clair, très distinctes des autres feuilles plus âgées colorées en vert sombre. Sur ces nouvelles ramifications apparaissent, en Avril- Mai, les pousses fructifères (boutons floraux, puis fleurs) (**LOUSSERT, 1989b**).

-La deuxième poussée de sève d'été : (courant Juillet-Aout) plus ou moins vigoureuse suivant les températures, les irrigations et la vigueur des arbres. Cette poussée de sève est en général moins importante que les pousses de printemps et d'automne (**LOUSSERT, 1989b**).

-La troisième poussée de sève d'automne : (d'Octobre à la fin Novembre), elle assure en partie le renouvellement du feuillage (**LOUSSERT, 1989b**).

3.3.3. Le développement floral

Les principales étapes du développement floral sont :

-La floraison

Elle a lieu en printemps (fin mars, début mai) .Le nombre de fleur portées par un arbre est très important. Il est estimé par un arbre adulte d'orange à 60.000, mais seulement 1% de ces fleurs donnera des fruits.

-La pollinisation et la fécondation

Lors de la plein floraison, les anthères des étamines s'ouvrent et laissent échapper les grains de pollen, ces derniers sont transportés par le vent et les insectes. Le développement parthenocarpique du fruit est déclenché par la germination des grains de pollen sur le stigmate sans qu'il y est fécondation complète.

- Les grains de pollen déposé sur le stigmate de la fleur germent en développant leur tube pollinique dans le style.

- L'anthérozoïde qui accompagne le tube pollinique sera ainsi acheminé jusqu'à l'oosphère.

- La fusion des deux gamètes anthérozoïde et oosphère est la phase ultime de la fécondation.

3.3.4. 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.

- **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.

-**La maturation** : Cette étape s'effectue pendant la période échelonnée entre Juillet et Septembre, le fruit poursuit leur développement en grosseur pour atteindre en Octobre son calibre définitif (**Loussert, 1989 ; Praloran, 1971 cité par Berrighi, 2007**).

4. Exigences pédoclimatiques des agrumes :

4.1. Exigences climatiques

Les climats les plus adéquats pour les agrumes sont ceux des régions tropicales et subtropicales humides. On dit que les meilleurs fruits d'agrumes sont ceux des climats subtropicaux humides ou ceux des régions plus arides (c'est-à-dire le climat méditerranéen) (**Rieger, 2002**).

4.1.1. La température

Les agrumes sont considérés comme des arbres à climat chaud, néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. La température optimale de croissance serait de 25 à 26°C; au-delà, l'activité décroît pour s'arrêter aux environs de 38 à 40°C (**Loussert, 1985 ; 1989**). Le zéro végétative admis est de 12,8°C.

Les températures moyennes favorables pour les agrumes sont de 10 à 12°C en hiver et de 22 à 24°C en été.

En hiver, les températures inférieures à 0°C provoquent des dégâts sur les fruits en cours de maturation; celles comprises entre -3 et -9°C peuvent abimer la charpente et même entraîner la mort de l'arbre. Cependant, des températures comprises entre 0 et +12°C exercent un effet favorable sur la coloration des fruits. Au printemps, les températures inférieures à +10°C provoquent des dégâts sur les jeunes pousses, les fleurs et les jeunes fruits. Un abaissement brutal de la température après une température modérée peut, également, entraîner des troubles physiologiques graves.

Les températures élevées peuvent également provoquer des dégâts sérieux surtout si elles sont couplées à des déficits hydriques et des vents chauds et secs. Les températures élevées de printemps et d'été peuvent entraîner une sous-alimentation en eau par fermeture des stomates et l'enroulement des feuilles. Comme la consommation en eau peut augmenter en raison de l'élévation de l'évapotranspiration, les températures supérieures à 40°C peuvent provoquer une brûlure des feuilles particulièrement en zones continentales à atmosphère sec (**Lebdi Grissa, 2010**).

4.1.2- La pluviométrie

En terme de besoins en eau, 120 mm par mois, soit 1200 à1500 mm par an, représentent une quantité d'eau au-dessous de laquelle la culture des agrumes nécessite une irrigation (**GRISONI, 2003**).

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

-Une période humide et fraîche allant de Septembre à Mars, durant laquelle les quantités de pluies tombées fournissent environ les 2/3 des quantités totales ce qui permet d'améliorer le calibre des fruits et leur teneur en jus, lave le feuillage et améliore la photosynthèse, constitue une réserve d'eau au niveau du sol et contribue à lutter contre l'accumulation et la remontée des sels (**Loussert, 1987 ; Lebdi Grissa, 2010**).

-Une période chaude et sèche allant d'Avril à Août qui coïncide au niveau de l'arbre à des périodes de croissances végétatives, de floraison, de fécondation, de nouaison et de croissance des fruits qui nécessitent de grands besoins en eau. La synthèse de cette situation montre nettement une discordance entre la période pluvieuse caractérisée par des pluies irrégulières dans le temps et dans l'espace et qui sont loin de répondre aux exigences des agrumes qui ont de grands besoins en eau. Pour y remédier, il serait important de prendre en considération les précipitations régionales et leur répartition mensuelle au cours de la création du verger afin d'envisager en cas de crues les possibilités d'évacuation rapide des eaux en excès pour éviter l'asphyxie, d'ajuster le programme d'irrigation en fonction des précipitations enregistrées, d'oeuvrer par le travail du sol à un apport de matière organique et autres moyens pour améliorer la capacité de rétention en eau du (**Lebdi Grissa, 2010**)

4.1.3. Les gelées

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

A des températures inférieures à -1 et -2°C, des dégâts se manifestent sur les fruits tandis qu'à des températures inférieures à -3 et -4°C des dégâts sur les parties aériennes apparaissent et en dessous de -8°C l'arbre dépérit (**Loussert, 1985 ; 1989**).

4.1.4 .Le vent

Le vent est un aléa climatique redoutable pour les agrumes. Par son action mécanique, il peut provoquer des dégâts importants tels que la chute des fruits et l'altération de leurs écorces ; les pertes de production sont par conséquent élevées, d'où la nécessité de renforcer le dispositif de protection par l'installation de « brise-vents » (**Loussert, 1985 ; 1989**).

4.1.5. Humidité

L'humidité ne semble pas avoir une forte influence sur le comportement des agrumes eux-mêmes. Elle a par contre des incidences sensibles sur le développement de certains parasites : phytophthora, pourritures, cochenilles (**LOUSSERT, 1985 ; CHAHBAR, 2004**).

Il est alors fortement conseillé d'éviter les expositions littorales et les terrains hydromorphes ou l'humidité est toujours excessive. D'un autre côté, la faible humidité de l'air augmente la transpiration des agrumes et élève le besoin en eau d'irrigation (**GRISSA, 2010**).

4.2. Exigences édaphiques

4.2.1. Le sol :

Les agrumes possèdent un système racinaire important et nécessitent des sols profonds. La large gamme de porte-greffes disponibles permet, par un choix judicieux, d'implanter les

agrumes dans des sols très variables en termes de pH, de texture et d'équilibre chimique. Les agrumes se développent sur des sols aussi différents que des alluvions peu argileux, des sols sableux que des sols noirs très argileux. En règle générale, il faut éviter les sols trop lourds ou très limoneux, (WALALI et al. 2003).

4.2.1.1. Paramètres physiques

Les critères à prendre en considération sont :

- La profondeur et l'homogénéité du sol.
- La perméabilité.
- La capacité de rétention de l'eau (Loussert, 1989).

Les caractéristiques physiques d'un bon sol agrumicole doivent assurer aux arbres une bonne nutrition minérale et hydrique. Les principaux critères à prendre en considération sont :

- **La profondeur et homogénéité** : le sol a vocation agrumicole est un sol profond (1m au minimum) qui ne présente pas des croûtes calcaire ou la présence d'une nappe phréatique.
- **La perméabilité** : un sol perméable cause des difficultés en irrigation et en fertilisation, alors qu'un sol peu perméable cause l'asphyxie racinaire et le compactage de la terre. Une perméabilité satisfaisante pour les agrumes doit être comprise entre 10 et 20 mm/h, les points extrêmes sont 5 et 40 mm/h.
- Les sols trop humides sont asphyxiants et potentiellement vecteurs de maladies graves (gommoses phytophthora, pourridiés).
- La perméabilité des sols n'est généralement pas homogène parce que les couches du sol n'ont pas les mêmes perméabilités
- **La capacité de rétention de l'eau** : c'est la réserve que peut retenir un sol suite à une pluie ou une irrigation. Elle est en relation avec la granulométrie du sol.

Certains terrains nécessitent l'installation d'un réseau de drainage, afin d'éviter toute stagnation d'eau, facteur de pourritures racinaires.

La texture convenable pour les agrumes est comme suit :

- 15 à 20% d'argile.
- 15 à 20% de limon.
- 20 à 30% de sable fin.
- 30 à 50% de sable grossier (Praloran, 1971).

4.2.1.2. Paramètres chimiques

Les principaux paramètres sont :

- **La teneur en matière organique** : des teneurs de 2 à 3 % dans la couche superficielle (0 – 30 cm) sont considérées comme bonne.

- **La teneur en P₂O₅ et K₂O** :

Ces teneurs sont considérées satisfaisantes par (Loussert, 1989) :

- Teneur en P₂O₅ assimilable :

- Jusqu'à 30 % d'argile : 0.26 à 0.36 ‰.

- Entre 30 et 40 % d'argile: 0.37 à 40 ‰.

- Teneur en K₂O assimilable :

- Entre 25 à 30 % d'argile : 0.7 à 0.8 meq/100 g.

- Plus que de 40 % d'argile : plus 0.95 meq/100 g.

- **La salinité des sols** : ce sont surtout les chlorures (de sodium et de magnésium) qui affectent le rendement. Les agrumes sont sensibles à la salinité. Les porte-greffes de bigaradier sont adaptés aux sols salins.

- **Le pH** : Le pH idéal serait entre 5,5 et 7,5 (WALALI et al, 2003). Malheureusement, dans les régions méditerranéennes, les Ph sont souvent supérieurs à 7.5. Ce phénomène se traduit par des antagonismes entre les oligoéléments qui se manifestent par des carences surtout en Fer, Magnésium et en Cuivre (LOUSSERT, 1987a).

- **Le calcaire actif** : Des teneurs en calcaire actif supérieures à 8 à 10% peuvent induire des carences alimentaires (phénomène de blocage de l'assimilation de certains éléments).

Le porte- greffe Poncirus trifoliata est à moindre effet. Ses hybrides, les Citranges sont sensibles à tout excès de calcaire actif, par contre les autres porte- greffes présentent une meilleure tolérance au calcaire (BACHÉS, 2004).

5. Création d'un verger d'agrumes

La mise en place d'un verger d'agrumes nécessite des investissements importants à l'installation. Le verger occupe le sol plusieurs dizaines d'années, la moindre anomalie technique est lourde de conséquences et l'échec ne se manifeste que quatre à cinq années après la plantation (ITAF, 1995).

5.1. Choix du matériel végétal

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

5.1.1. Le porte-greffe

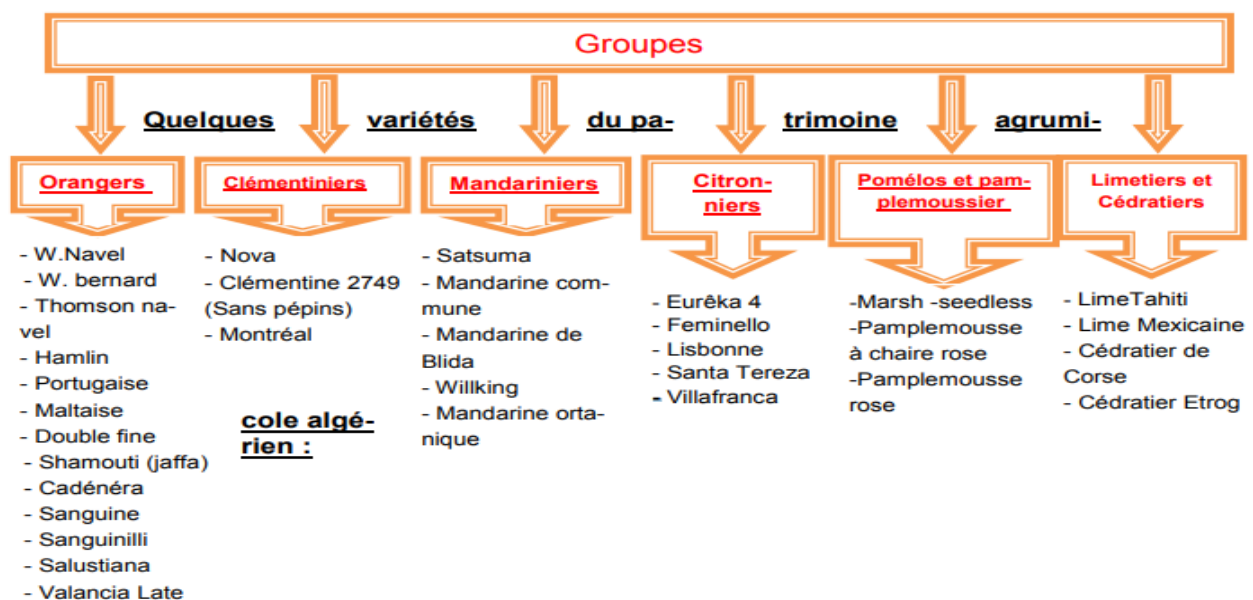
Le choix du Porte-greffe tient compte du pouvoir d'adaptation de ce dernier aux conditions édaphiques, ainsi que sa résistance aux différentes maladies virales (CTV, Psorose, Cachexie, Exocortis), Nématodes et champignons (Phytophthora).

Les principales portes greffes d'agrumes sont : Le Bigaradier (*Citrus aurantium*), *Poncirus trifoliata*, Citrange Troyer, Citrange Carrizo *Citrus volkameriana*, *Citrus Macrophylla*, Mandarinier Cléopâtre (ITAF, 1995).

5.1.2. 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.



5. 2.Choix du site de plantation :

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

-Drainage

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

-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.

5.3. Aménagement du site pour une nouvelle plantation

5.3.1. Travaux préliminaires

Les différentes opérations à effectuer sont les suivantes :

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

5.3.2. Installation de brise-vents

Lorsque le verger n'est pas protégé, la constitution de rideaux d'arbres autour de la parcelle est souvent indispensable pour éviter les effets néfastes des vents dominants (vents marins en particulier). On choisira de préférence des espèces dont le feuillage n'est pas trop dense (pour éviter les turbulences) et dont le développement en hauteur sera assez important. Un brise-vents protégera la culture sur une distance équivalente à 10 fois sa hauteur. La concurrence avec la culture doit être également prise en compte : on laissera une distance suffisante entre les arbres du verger et le brise-vents (8 à 10 m). Il est fortement conseillé d'implanter le brise-vents au moins un an avant la plantation du verger pour les espèces à croissance rapide (casuarina) et au moins 2 à 3 années pour les espèces à croissance lente (cyprès).

5.3.3. Préparation du sol

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

a. Travaux du sol avant plantation

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

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

-Un labour moyen de reprise sur une profondeur de 25 à 40 cm entre septembre et octobre est indispensable.

b. Préparation pour une plantation par trou isolé:

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

5.4. Mise en place de la culture :

5.4.1. 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 5 donne les distances à respecter dans les principales situations.

Tableau 5: densité de plantation et nombre de plants par hectare pratiqué en Algérie (ITAF ; 1995).

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

5.5. La plantation proprement dite:

✓ Les opérations à effectuer:

-Disage, nivelage, Traçage et piquetage

-Confectionner un trou de bonnes dimensions.

-Manuellement de 0,80 à 1 mètre cubes.

-Mécaniquement, pour des raisons pratiques et économiques, cette opération peut être également réalisée à l'aide d'une tarière.

-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.
- Un tuteur sera bien utile pour un arbre formé sur tige au dans un endroit exposé aux vents.
- L'arrosage de l'arbre (50 litres/ plant environ) est important pour hydrater le plant, faire tasser la terre entre les racines et chasser les éventuelles poches d'air.

5.6. Irrigation :

Sous notre climat, l'irrigation est nécessaire dès le printemps et jusqu'à l'automne, à une époque où la demande climatique (évapotranspiration de la culture) excède la réserve en eau. L'irrigation peut être assurée par :

- Mode gravitaire (par cuvette, planche, submersion ou billon) ; éviter le contact de l'eau avec le tronc (risques de développement de la gommose à phytophthora).
- Système localisé (goutte à goutte). Irrigation par système localisé Irrigation par mode gravitaire.

5.7. La taille des agrumes :

La taille comprend un ensemble d'opérations destinées à donner aux arbres des formes et dimensions qui permettent d'améliorer la régularité et la rentabilité de leur production (ITAF, 1995).

5.7.1. Taille de formation

La taille de formation consiste à former l'ossature de l'arbre sur quatre charpentières bien réparties et espacées de 10 cm. L'année qui suit est consacrée à la formation des sous-charpentières (2 à 3 par charpente-mère).

- Éliminer également par des pincements tous les gourmands.
- Donner à la frondaison une forme de sphère surbaissée (proche du port naturel des agrumes) afin de faciliter la cueillette et permettre une bonne alimentation des charpentières et sous-charpentières.

5.7.2. Taille de fructification

Une fois que l'arbre est entré en production, il suffit de l'entretenir à raison d'une taille effectuée après la récolte (avant l'émission de nouvelles pousses de l'année).

Elle consiste à dégarnir légèrement l'intérieur de l'arbre, éliminer les branches enchevêtrées, le bois sec, les gourmands (s'ils ne sont pas à conserver pour remplacer une ou des charpentières perdues), les branches chétives ou malades afin d'assurer une bonne aération de l'arbre et pénétration des produits phytosanitaires.

5.7.3 La fertilisation

Les agrumes exigent, en général, une fertilisation copieuse, principalement azotée et phospho-potassique afin d'atteindre un niveau de production élevé et surtout régulier.

Fumure organique : Utilisée sous forme de matière organique (fumier, fiente de volailles, gadoues, compost débris végétaux, engrais vert), enrichit le sol surtout en N, P, K et améliore ses propriétés physicochimiques.

Fumure minérale : Ce sont des apports complémentaires d'engrais chimiques (N, P, K, Ca, Mg, et oligoéléments) qui répondent aux besoins des plantes cultivées apportés à des époques bien déterminées.

5.8. Maladies et ravageurs

Les agrumes sont exposés à une large gamme de maladies cryptogamiques, bactériennes et virales qui peuvent affecter les feuilles, les racines, les fruits, et le xylème. . La certification sanitaire des plants et le choix de porte-greffes et de variétés résistantes garantissent l'implantation d'un verger sain vis-à-vis de certaines maladies, notamment la tristeza. Il est possible de réaliser des traitements cupriques en sortie d'hiver afin de limiter le développement de certaines maladies

Les virus se propagent par les boutures et les greffons, par les outils (de taille) et par les mains, La Tristeza se propage aussi par les pucerons. Une fois qu'un arbre est infecté, il ne peut plus guérir et il doit être détruit le plus rapidement possible pour ne pas former un foyer d'infection pour les autres arbres.

5.8.1. Maladies virales

5.8.1.1. La tristeza (*Citri-*viatoris* Fawcett*)

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

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

Les symptômes se traduisent par des nécroses des vaisseaux du liber, tant dans la partie souterraine que dans la partie aérienne (**Jamoussi, 1955**). En effet, le virus commence ses attaques sur le chevelu radiculaire (**Klotz et Fawcett, 1952**), puis la nécrose gagne de proche en proche la partie aérienne et à la fin, l'arbre dépérit et meurt (**Fajinmi et al, 2011**).

5.8.1.2. Exocortis (*Citrus Exocortis* Viroïd)

Maladie à viroïde transmise par greffage et par les outils de taille, elle se manifeste uniquement sur les arbres greffés au niveau du porte-greffe sensible. (**Loussert, 1989**). Cependant, cette maladie ne cause pas actuellement de grave dommage, car le bigaradier est

tolérant à l'exocortis contrairement au citrange qui est affecté par cette maladie. Ses symptômes se traduisent par un écaillage plus ou moins prononcé de l'écorce du porte-greffe, le greffon n'étant pas touché (**Loussert, 1989**).

5.8.1.3. Psorose (*Citrus psorosis virus*)

On rassemble sous le nom de la Psorose, un groupe des maladies à virus désignés sous le nom de Citrivir psorosis dont il existe plusieurs variétés, chacune étant responsable d'une forme de Psorose, elle se transmet surtout par greffage (**Jamoussi, 1955**).

Cette maladie présente des symptômes caractéristiques qui se traduisent par une décoloration du limbe, des feuilles et des nervures centrales par une couleur vert clair ou des taches jaunâtres qui sont visibles au verger et apparaît au printemps sur les jeunes feuilles (**Loussert, 1989**).

Cette maladie grave : bien qu'elle n'entraîne pas la mort des arbres elle les affaiblit ; les fruits restent de petit calibre et les chutes sont importantes (Loussert, 1987).

5.8.1.4. Cachexie (*Citrus cachexia viroid*)

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

5.8.2. Maladies bactériennes

5.8.2.1. Le stubborn (*Spiroplasma citri*)

C'est la maladie la plus répandue et la plus grave, surtout lorsqu'elle est associée à une autre virose principalement la psorose. Elle est transmise soit en pépinière par greffage ou bien dans le verger à partir d'arbre malade à des arbres sains par les cicadelles, plus spécialement par les 2 espèces *Circulifer tenellus* et *Neoaliturus haematocephus*.

Selon **Fajinmi et al. (2011)**, ce mycoplasme présente les symptômes et dégâts suivantes :

- Aspect de feuilles de saule.
- Rameaux courts et coudés.
- Le limbe a tendance à s'enrouler de chaque côté de la nervure médiane.
- Les feuilles deviennent chlorotiques et tombent.
- Les fruits affectés sont généralement glandiformes avec variation dans l'épaisseur de la peau.
- En cas d'attaque grave, la pulpe est atteinte et devient aigre-amère avec une odeur désagréable

5.8.2.2. Le chancre bactérien des agrumes (*Xanthomonas coprestris* PV .*Citri*)

Le chancre des agrumes est une maladie bactérienne provoquée par la bactérie *Xanthomonas coprestris* pv. *citri*. Cette maladie infecte toutes les parties aériennes de la plante. Elle provoque des symptômes qui se traduisent par :

- Des petites taches translucides et lésions des feuilles, tiges, et fruit des arbres.
- Développement de pustules brun et liégeuses sur la tige des plantules.
- Eruptions verticalement et horizontalement, formant plaquettes rectangulaires (**Gottwald et al, 2002**).

5.8.2.3. *Xanthomonas*

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

La seule manière de traiter la maladie est de déraciner et de détruire tous les arbres infectés de la région.

5.8. 3. Maladies cryptogamiques

5.8.3.1. Gommose à *Phytophthora* (*Gummosis - Citrus brownrot*)

Appelée encore maladie du collet, la gommose est provoquée par un champignon qui appartient au groupe Péronosporales, du genre *Phytophthora* (**Jamoussi, 1955**). Son développement est favorisé par les sols mal drainés et l'humidité excessive (**Polese, 2008**).

Selon **Ricci et al, (1990)** ; **Ippolito et al. (2004)**, ce champignon provoque :

- Des boursouflures et des plaques transparentes jaune clair d'épaisseur variable au niveau de l'écorce.
- Des exsudations de gomme au niveau du tronc et des branches et entraîne un jaunissement et flétrissement des feuilles sur les nervures.
- Affaiblissement des racines.
- Décoloration marron clair des fruits avec mycélium blanc sur la surface.

5.8.3.2. Le Mal secco (*Phomatraceiphila*)

Appelé aussi le dessèchement infectieux. C'est une maladie cryptogamique causée par *Deuterophoma tracheiphila* (**ACTA, 1990**). Elle est dû à un excès de sel dans le sol et se développe dans les tissus conducteurs et entrave la circulation de la sève (**Jamoussi, 1955**). Les premiers symptômes se manifestent par une légère chlorose qui ne frappe pas, en général toute la plante, mais se cotonne dans certains secteurs de l'arbre et une coloration des rameaux malade avec le jaune châtain et le bois de l'arbre avec le jaune marron (**Passinetti, 1952**).

5.8.3.3. La fumagine

Selon **Loussert (1989)**, cette maladie est due à l'installation de *Capnodium citri* qui se développe sur le miellat déposé sur les feuilles et les rameaux après une forte attaque des insectes homoptères opaque sur les feuilles et les fruits ce qui diminue fortement l'activité photosynthétique. Si l'infection sur les feuilles se succède plusieurs années, la vigueur de l'arbre diminue.

5.8.3.4. Anthracnose

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

5.8.3.5. Pourridié (pourriture des racines)

A la suite d'une blessure ou sur certaines variétés sensibles, le mycélium de différents champignons peut envahir les racines, provoquant l'arrêt de la circulation de la sève et par suite la mort de l'arbre (ITAF, 2012).

5.8.3.6. La Pourriture sèche racinaire

C'est une maladie qui est causée par *Fusarium* sp., dont les symptômes sont, une mort brutale des arbres. Un dépérissement unilatéral des arbres. Et une pourriture sèche des racines avec une coloration brune ou marron (ITAF, 2012).

5.8.3.7. Pourriture noire du Fruit

Causée par *Alternaria citri* qui est un pathogène de blessures (grattages d'épiderme, plaie de coupe du pédoncule), mais il pénètre surtout dans les fruits par les ouvertures naturelles (ombilic, cicatrice styloïde, craquelures de base du pédoncule). Peu visible extérieurement, car le champignon s'installe en profondeur et nécrose la pulpe, sauf dans le cas d'une attaque sur lésions accidentelles. Elle provoque une pourriture noire du fruit, décoloration noire des graines et des taches brunes circulaires qui s'agrandissent, fusionnent et provoquent la pourriture des fruits (Isshiki et al, 2001).

5.8.4 Ravageurs

En Algérie les principaux ravageurs des agrumes sont les cochenilles, la mouche des fruits, les acariens, les aleurodes, la mineuse des feuilles, et les pucerons. Certains d'entre eux entraînent des déformations des feuilles et des fruits, d'autre secrètent des substances qui peuvent attirer des fourmis et provoquer la formation et l'installation de la fumagine (BICHE, 2012).

Tableau 6 : Les principaux ravageurs d'agrumes insectes et autres (ACTA ,2008).

Nom Scientifique	Commun	Description et dégâts	Lutte
<i>Chrysomphalus dictyspermi</i>	Pou rouge	Présence de petits boucliers de forme et de coloration variables, de 1 à 4 mm,	Pulvériser des insecticides
<i>Lepidosaphes gloverii</i>	Cochenille serpette	Dégâts sur feuilles, rameaux et fruits après piqures dues à différents espèces de cochenilles.	
<i>Icerya purshasi</i>	Cochenille australienne		
<i>Pseudococcus citri</i>	Cochenille blanche		
<i>Toxoptera aurantii</i>	Pucerons	Avortement des feuilles et déformation des très jeunes feuilles.	Lutte chimique
<i>Aphis spiracola</i>			
<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des feuilles	Feuilles minées entre les deux épidermes par une chenille de micro lépidoptère.	Un parasitisme naturel contrôle cet insecte.
<i>Ceratits capitata</i>	Mouche Méditerranéenne des fruits	La femelle adulte de ces mouches pond ses œufs dans les fruits. Les asticots se nourrissent de la chair des fruits et provoquent des pourritures. Lorsque les fruits commencent à jaunir, ils deviennent très attractifs pour les mouches. Cicatrice de ponte et galerie de larve dans les fruits, développent des pourritures secondaires.	Surveillance par pièges attractifs. Traitement chimique par tache. Lutte biologique possible en utilisant des parasitoïdes.
<i>Scirtothrips aurantii</i>	Thrips	Déformation des feuilles dues aux piqures d'insectes.	Lutte chimique
<i>Trioza erythraeae</i>			

<i>Diaphorina citri</i>	Psylles	Petites galles sur les limbes et déformation des feuilles.	Les traitements insecticides sont peu efficaces.
<i>Tylenchulus Semipenetrans</i> <i>Radophilus similis</i>	Nématodes	Croissance ralentie des arbres ; pas de symptômes spécifiques.	Traiter les sols avec un nématicide.
<i>Panonychus citri</i> <i>Tetranychus urticae</i>	Acariens	Les Tetranychus apparaissent en saison chaude et sèche, à l'approche de la récolte, parfois aussi en période chaude et humide. Décoloration des jeunes pousses et feuilles.	Contrôle naturel possible par acariens prédateurs. Lutte chimique.

5.8.5. Maladies physiologiques

Selon Anonyme (1968) On distingue

1-Maladies de carence de nutrition

Azote : La carence se traduit par :

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

Phosphore : La carence se manifeste sur les arbres par les symptômes suivants :

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

Potassium :

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

Oligo-éléments:

Les carences en oligo-éléments se manifestent comme suit :

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

2-Maladies d'intoxication (suite à excès de sel, de calcium, de cuivre, ou de bore dans le sol).

3-Asphyxie racinaire.

4-Brûlure suite à l'isolation au traitement.

5-Des affections d'origine génétiques telle que les craquelures longitudinales de l'écorce.

6-Eclatement des Fruits et de l'écorce.

7-Chute des fruits.

5.8.6. Protection phytosanitaire :

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

Il existe trois types d'interventions pour la protection :

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

6. Espèces et variétés des agrumes

D'après **VIRBEL-ALONSO (2011)** les variétés d'agrumes sont très nombreuses. Elles sont même en augmentation car de nouveaux hybrides apparaissent régulièrement sur les marchés de l'agrumiculture des pays du bassin Méditerranéen est diversifiée, tant au niveau des variétés cultivées (oranges, mandarines, clémentines, pomelos, citrons, limes, pamplemousses pour ne citer que les plus courants) reflète d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres, du fait de l'extension de cette culture. Il est évident que le nombre des variétés d'agrumes se révèle considérable.

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**).

ESCLAPON (1975) signale que les agrumes sont divisés en 3 grandes groupes :

- **Groupe I:**

Les espèces de ce groupe ont quelques caractères en communs comme de jeunes pousses vertes, des fleurs blanches, des feuilles avec un limbe caractérisé par la présence d'un pétiole plus ou moins important (pétiole ailé), persistantes, et un fruit généralement de forme sphérique.

- ✓ **Les orangers**

Selon REBOUR (1966), on a deux types d'orangers :

-Oranger amer : *Citrus aurantium* ou C. bigaradier : les feuilles à ailes développées, tiges épineuses, fruit gros ou moyen, à peau rouge-orangée, plus ou moins verruqueuse. Il est utilisé comme porte-greffe et aussi pour ses fleurs en parfumerie et ses fruits en confiture et confiserie.

-Oranger doux : (*Citrus sinensis*) : Espèce à laquelle appartiennent toutes les variétés d'oranges commercialisées pour la consommation. Les feuilles peu ailées, tiges peu ou pas épineuses, fruit assez gros à moyen à peau orangée plutôt lisse. Exemple : Thomson navel.

- ✓ **Mandarinier (*Citrus reticulata*)**

Feuilles non ailées, petites, lancéolées, tiges inermes, fruit à peau orangée lisse (**LOUSSERT, 1989b**).

- ✓ **Clémentinier : (Hybride : Mandarinier x Bigaradier)**

Selon **ESCLAPON (1975)**, l'origine en est contestée, pour les uns ce serait un hybride entre le mandarinier et le bigaradier et pour les autres, il proviendrait d'une souche orientale proche de la mandarine de Canton, les tiges sont inermes, les feuilles comparables au mandarinier pour la forme et à l'oranger pour la taille.

- ❖ **Pamplemoussier (*Citrus grandis*)**

Selon **PRALORAN (1971)**, les feuilles sont ailées, grandes, tiges grosses, peu épineuses, le fruit est très gros, sphérique, amer et consommable uniquement comme fruit confit ou en confiture.

✓ **Pomelo ou Grape-fruit :(*Citrus paradisi*)**

Selon **PRALORON (1971)**, cette variété est caractérisée par des grandes feuilles, fruits de grosseur moyenne, à écorce lisse, réunis en grappe.

✓ **Tangos (Mandarinier x Oranger)**

Selon **ESCLAPON (1975)**, ce sont, en réalité, des hybrides de mandarinier x oranger dont la maturité est très tardive. Il faut les greffer sur *Poncirus trifoliata*, ils sont sensibles à l'alternance mais ils présentent un intérêt car ils résistent aux froids, donc c'est possible de les cultiver dans les sites les plus exposés au gel.

• **Groupe II :**

Comme pour le premier groupe, les espèces ont des caractères en communs comme les jeunes pousses violacées, les fleurs blanches, rose violacé en dehors, des feuilles à pétiole non ailé et persistantes, les fruits jaunes pâles et allongés à écorces adhérentes à la pulpe.

✓ **Citronnier (*Citrus limon*)**

Selon **REBOUR (1966)**, le citronnier est caractérisé par des feuilles grandes, sans ailerons, peu brillantes, tige assez grosse plus ou moins épineuse. Les fruits ont une taille moyenne, allongés, jaune clair, écorce lisse et mince.

✓ **Limettier (*Citrus latifolia*)**

Selon **ESCLAPON (1975)**, les feuilles sont grandes, sans ailerons, peu brillantes, tige assez grosse, plus ou moins épineuse, fruit gros, jaune clair, écorce épaisse et plus ou moins verruqueuse.

• **Groupe III :**

Les jeunes pousses sont vertes, les fleurs entièrement blanches, les feuilles trifoliées et caduques, les fruits petits, globuleux et jaune pâle, à écorce rude et non comestible.

✓ **Oranger trifolié (*Poncirus trifoliata*)**

Selon (**ESCLAPON, 1975**), les feuilles sont trifoliées, sans ailerons et caduques, tiges de grosseur moyenne, le fruit à écorce ligneuse et petit, inconsommable. Sur un plan presque uniquement ornemental figurent dans le 3eme groupe deux espèces le Kumquat (*Fortunella Japonica*) et le Chinois (*F. margarita*) dont les fruits très petits sont utilisés en confiserie (fruits confits de forme ronde).

6.1. 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 culturelles (exemple : maturité groupée des fruits en vue de la récolte mécanique et l'adaptabilité aux sols) (**ITAF ; 1995**).

6.2. Les critères de choix de variété

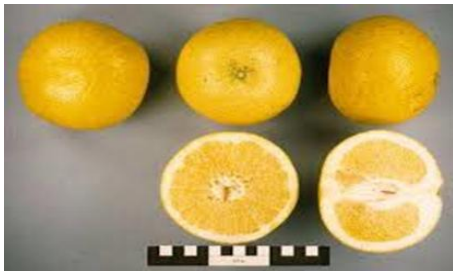
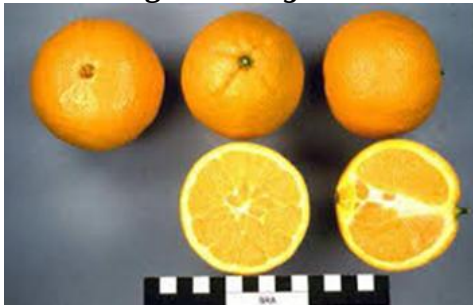
Le choix de la variété fait appel aux critères suivants:

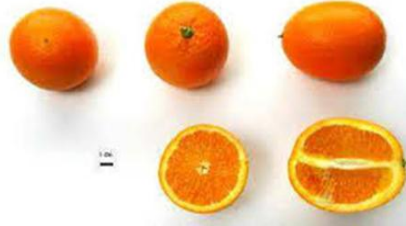
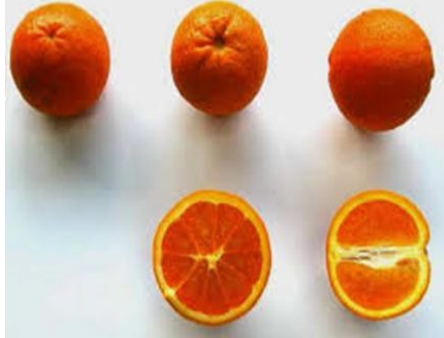
- Critères commerciaux : à savoir la destination et l'utilisation des fruits à l'état frais ou pour l'industrie (transformation).
- Critères de conservation en froid et résistance au transport.
- Critères agronomiques : la précocité et la productivité des variétés.

6.3. Les variétés cultivées d'agrumes

Les agrumes par leur diffusion et leur sélection sont constituées de centaines de variétés cultivées vers le monde pour plusieurs destinations de consommation, on cite quelques variétés dans le tableau 7 :

Tableau 7: Les principales variétés cultivées d'agrumes (Jacquemond C. et al, 2009 et autres).

Sous - groupe	Variétés	Caractéristiques
Les Oranges <i>Citrus sinensis</i>(L) Obs.		
Les Naveles	Orange Navelina 	• précoce • arbre vigoureux à feuillage dense avec de grandes feuilles de couleur vert foncé • récolte de novembre à janvier • fruits, sans pépin, sont de couleur orange-rouge foncé et de calibre moyen (de 100 à 200 g.) • facile à éplucher avec une peau plus ou moins épaisse • sensible aux attaques de Cératite
	Orange Thomson navel 	• 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.
	Orange Washington navel 	• 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

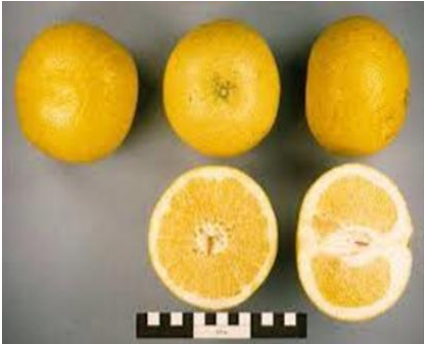
Les Sanguines	Orange sanguinelli 	• Arbre de vigueur moyenne au feuillage allongé, clairsemé • Fruits oblongs • La peau est orange à très rouge, la pulpe est demi-sanguine à complètement sanguine • Les fruits varient de 80 à 180 g • La qualité gustative plutôt medicore en corse
	Orange double fine améliorée 	• 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.
	Orange Moro 	• 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
Les blondes	Orange Hamlin 	• 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
	Orange Salustiana 	• 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

Les mandarines et leur hybrides <i>citrus reticulata</i> (L)		
Sastumas	Sastuma Miho et Sastuma Wase 	• mandarines japonaises en générale précoces et sans pèpin • 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 • sensibles à la mouche des fruits
	Mandarine Méditerranéenne 	• 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	Tangelo Orlando 	• Fruits a couleur orange, varient de 80 à 150 g • Très juteuse (plus de 55 % de jus), avec quelque pépins et à peau fine • Récolter à décembre à janvier • Variété est un pollinisateur particulièrement efficace pour le clémentinier
Tangeros	Tangor Afourer 	• 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
	Tangor Murcott 	• 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

Les Clémentines <i>Citrus reticulata</i> L.		
	Clémentine Ragheb 	• Variété précoce • Arbre de forme ellipsoïdale, elle présente un port dressé et une frondaison dense, vigueur : forte • la floraison est précoce • Entrée en production : lente • Productivité : faible • récolte s'effectue en mi-octobre à mi-novembre • Fruits sphérique , aplatie, de calibre moyen (60-80g) • Peau jaune verdâtre, peu épaisse, lisse • Teneur en jus : faible • Sensible au vent : risque de marbrures sur fruits
	Clémentine Caffin 	• 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
	Clémentine Commune 	• 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

	Clémentine Nules 	• Arbre forme sphérique, une frondaison dense ave 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 a élevée • Saveur : sucre acidité) • Très sensible à gommose à phytophthora • Sensible au gel sur les dernières récoltes de janvier
	Clémentine Marisol 	• 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
Les citrons (<i>Citrus limon</i> (L.)Burm)		
	Citrus limon (Citron eureka frost) 	• 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
	Citron Feminello 	• 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 (<i>Citrus aurantifolia</i> L.)		
Limes acides	Lime Mexicaine (<i>Citrus aurantifolia</i>) 	• 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
	Lime Tahiti 	• 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 (<i>Citrus limon</i>). • La peau de ces fruit est fine, jaune en zone froide, restant verte en région chaude
Limes douces	La lime de Palestine ou lime douce du Brésil (<i>Citrus limetioïdes</i>) 	• 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.
Les Pamplemousses (<i>Citrus maxima</i> (Burm.)Merr.)		
	Pamplemousse Goliath 	• 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.

Les Pomelos (<i>Citrus Paradisi Macf</i>) (Hybride supposé entre pamplemousse et orange)		
	Pamelo March 	- ce Pomelo à chair blanche, très amère, a été - l'une des premières variétés de pomelos commercialisées qui soient presque sans pépín. - 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.
Les Kumquats (<i>Fortunella sp.</i>)		
	Kumquats Marumi 	- 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 (<i>Fortunella margarita</i>) à fruits longs et acidulés. et le Marumi (<i>Fortunella japonica</i>) 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>)		
		- Utiliser comme essence aromatique pour les confiseries, et les parfums - Parfum : très bon - Qualité gustative : moyenne - Maturité des fruits : novembre à décembre

7. Les porte-greffes d'agrumes

7.1. Les critères d'amélioration des porte-greffes

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

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

7.2. Critères de sélection d'un porte greffe

Depuis plusieurs dizaine d'années, 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 porte greffes.

Cette tendance visant à augmenter le nombre de porte-greffes potentiellement utilisables s'est confirmée lorsqu'il s'est agi d'apporter une réponse à la menace parasitaire exercée par diverses maladies comme la tristeza, la gommose.

La meilleure stratégie de lutte consiste, en effet, à mettre au point des combinaisons résultant de l'emballage adéquat d'une variété donnée avec un porte greffe déterminé, conférant à la plante un caractère de résistance. Il en est de même pour la sélection d'agrumes adaptés à d'autres contraintes de type abiotique telles que la salinité du sol ou la salinité des eaux d'irrigation. Par ailleurs, les exigences actuelles de rendement et de qualité des fruits ont conduit à augmenter, le nombre d'espèces et d'assemblages d'agrumes cultivés. Lorsque l'agrumiculteur achète un lot de plants greffés, il recherche toute à la fois une mise à fruit précoce, l'absence de caractères de juvénilité, une bonne uniformité des sujets et la meilleure adaptation possible aux contraintes du milieu qu'il veut mettre en valeur. Dans l'intérêt des producteurs d'une région donnée ; le pépiniériste devra donc proposer plusieurs options, afin de répondre à la diversité des situations se des demandes (**Aubert et Vallin ; 1997**).

7.2.1. Grille de sélection d'un porte greffe

L'analyse bibliographique exhaustive faite par Filleron(1996) a permis d'élaborer une grille simplifiée de 15 porte- greffes évalués par rapport à leur réponse à diverses contraintes ; elle permet d'orienter le choix du pépiniériste qui doit tenir compte de plusieurs critères : Contraintes pédoclimatiques, sanitaires, type de cultivar développé et conduite culturale choisie (**Aubert et Vallin, 1997**).

❖ Contraintes d'origine tellurique

Les contraintes d'origine tellurique sont tout d'abord liées aux qualités physico-chimique du sol, à la composition des eaux d'irrigation, ainsi qu'aux conditions de sécheresse. Ces facteurs concernent, par ailleurs, les maladies et ravageurs du sol : les phytophthora sp. , les nématodes...

❖ contraintes phytosanitaires de type viral

Ces contraintes ont également deux composantes. Elles concernent, d'une part, les maladies transmissibles par la greffe ou par divers vecteurs, qui entraînent une dégénérescence de

l'association porte greffe/greffon pouvant conduire à la mort de l'arbre ; il s'agit le plus souvent de traumatismes concernant la ligne de greffe(Exemple de tristeza) ou de problèmes plus complexes affectant plus ou moins directement la circulation de la sève élaboré (huanglungbin-greevvvvvninig) ou de la sève brute(Blight). Elles s'appliquent, d'autre part, aux maladies d'affaiblissement de l'écorce ou du bois du porte greffe (psorose, exocortis,cavhexie,cristacortis) qui seules, ou en combinaison, peuvent entraîner des baisses de rendement d'environ 20 à 60%.

❖ Effets sur la qualité des fruits

En fonction du type de porte greffe choisis, la qualité de la récolte effectuée sur une variété donnée- principalement d'oranges, de mandarines ou de leurs hybrides- pourra varier de façon assez notable sur le calibre du fruit, l'épaisseur et la couleur de la peau ou les teneurs en jus, en sucres et en acidité titrable. Sur les citrons, les limes ou les pomelos, l'incidence du porte greffe sur la qualité des fruits sera, toutefois, sensiblement moins prononcée.

❖ Comportement de l'association

Le choix du porte greffe influe sur la vigueur de l'arbre, son rendement, sa précocité de mise à fruit, ainsi que sa résistance au froid.

7.2.2. Compatibilité entre greffon et porte greffe

La notion d'affinité physiologique est liée à la compatibilité de la soudure de l'assise cambiale et des vaisseaux libéro-ligneux et, par corollaire à la circulation de la sève entre le greffon et le porte greffe. La présence d'un bourrelet de greffe traduit une mauvaise circulation de la sève descendante défavorable à la nutrition hydrocarbonée des racines. Dans le cas goulot d'étranglement, la vigueur du porte greffe se trouve freinée au niveau du greffon. Une des conséquences en est la réduction de taille de la couronne, donnant des arbres (Compacts) ou nains. Cette particularité peut être exploitée pour les vergers plantés à haute densité (**Aubert et Vallin ,1997**).

7.3. Les principaux porte-greffes d'agrumes

Les principales caractéristiques des porte-greffes sont résumées dans le tableau ci-après :

Tableau 8 : Les principaux porte-greffes d'agrumes (ITAF ; 1995)

Porte –greffe	Aptitudes et comportement	Sensibilité aux maladies et parasites
Bigaradier <i>Citrus aurantium L.</i> 	-Une bonne affinité avec les principales variétés cultivées ; -Une multiplication par semis/greffage très facile -Une grande souplesse d'adaptation aux conditions édaphiques; -Relativement tolérant aux chlorures; - Assez tolérant au calcaire; - Induit une qualité de fruit acceptable avec une productivité moyenne; - Bonne affinité avec toutes les variétés sauf le kumquat et la Satsuma; - Résiste à la sécheresse - Craint l'excès d'eau et les sols lourds.	-Sensible à la Tristeza sauf en association avec le citronnier, - Sensible au Mal sec-co et aux nématodes, -Tolérant au Blight, et l'Exocortis -Résistant à la gom-mose à Phytophthora
Poncirus Trifoliata (L.) 	-Espèce à feuilles caduques ; -Résistant au froid (-15°C) partiellement conféré au scion ; - enracinement puissant traçant et pivotant ; -Faible vigueur des arbres (PG nanisant) -Supporte les terres humides et l'asphyxie -Sensible au calcaire, aux chlorures et l'excès de bore (toxicité) ; - Amélioration de la qualité du fruit (taux de sucre) -N'affecte en rien la bonne affinité avec l'ensemble des espèces et convient mieux avec les variétés à petits fruits (Clémentiniers, Mandariniers, Kumquat) -Mise à fruits tardive;	- Sensible à l'Exocortis. - Tolérant aux nématodes ; - Tolérant à la Tristeza

<i>Citrangue Troyer</i> 	- Porte greffe vigoureux par rapport au Poncirus T; - Les jeunes plants sont peu sensible à la fonte de semis ; -Enracinement de type pivotant ; -Supporte les sols moyennement humides; -Peu tolérant au calcaire et aux chlorures; -Amélioration très légère de la sensibilité au froid;	Sensible à l'Exocortis et aux nématodes -Tolérant à la Tristeza, - Résistant à la gommose
<i>Citrangue Carrizo</i> 	- Un hybride de même type que le C. troyer, avec enracinement pivotant, dense et profond, porte-greffe vigoureux, le plus utilisé actuellement - Supporte les sols moyennement humides; - Peu tolérant au calcaire et aux chlorures; - Productivité élevée, de bonne qualité; - Confère à la variété greffée une bonne résistance au froid.	- Sensible à l'Exocortis - Tolérant à la Tristeza, - Tolérant aux nématodes
<i>Citrus volkameriana</i> 	-Bon porte- greffe, très compatible avec les citronniers et les pomélos; - Bon enracinement - Bonne résistance au froid; - Très vigoureux, hâte la mise à fruits ; - Adapté aux sols secs et aérés; - Résistant aux chlorures; - En pépinière plein champs il est très sensible aux fortes gelées.	-Tolérant à la Tristeza et à l'Exocortis - Résistant à la gommose

<i>Citrus macrophylla</i> Wester 	- Porte greffe compatible surtout avec les citronniers et pomélos; - Très vigoureux ; - Bonne productivité et hâte la mise à fruit; - Sensible au froid et aux sols humides; - Supporte les chlorures et le calcaire;	Sensible à la Tristeza - Tolérant à la Gommose et à l'Exocortis.
Mandarinier Cléopâtre (<i>Citrus reticulata</i> Blanco) 	-S'adapte mieux aux sols légers et bien drainés ; - Tolère le calcaire et les chlorures ; - Productivité moyenne ; - Mauvaise reprise au greffage ; - Germination des graines en pépinières très difficile (fonte de semis) ;	Tolérant à la Tristeza, la Cachexie-xylophorose et l'Exocortis. -Résistant à la gommose.

7.4. 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 révéler 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'existe pas. Cependant, certains présentent des particularités qui se rapprochent des qualités du bigaradier, mais la présence d'un ou plusieurs inconvénients est toujours observée.

Les gammes des porte-greffes utilisées en Algérie très réduite. Ainsi, le Poncirus Trifoliata et ses hybrides (Citrange Troyer et Citrange Carrizo) introduits en Algérie en 1982, sont tolérants à la Tristeza mais sensibles à l'exocortis (Meziane, 1987). Ces porte-greffes sont bien adaptés aux conditions pédoclimatiques particulières pour la culture des Clémentiniers. Ces résultats ne sont pas toute fois transposables dans de nombreuses régions du bassin méditerranéen. En Algérie, le Poncirus trifoliata est réservé aux sols non calcaires, à pH avoisinant 7, et en greffant dessus des variétés indemnes d'Exocortis. Les 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**).

8. Comment produire un plant d'agrumes ?

La production de plants d'agrumes se fait par trois procédés

8.1. Production en pleine champ : la production de plants d'agrumes par la méthode classique se fait par les étapes suivantes

- **Préparation planche de semis**

Les planches de semis doivent:

- Avoir une largeur de 1 à 1,20m
- Avoir une longueur de 15 à 30 m
- Etre légèrement surélevées de 15 à 20 cm (**ITAF ; 2020**).

- **La stratification des semences**

La stratification est une méthode permettant de faciliter la germination des graines à enveloppe dure pour but de réduire la période de dormance de la graine en créant des conditions adéquates reproduisant celles de la nature.

La stratification des graines se réaliser principalement en décembre par les étapes suivantes :

- trempier les grains dans de l'eau tiède pendant 48h.
- préparer une terrine : sur un fond drainant installer une couche de sable humide.

- Veillez à ce que le substrat soit sain.
- déposer délicatement les graines au-dessus de la couche de sable.
- recouvrir d'une nouvelle couche de sable humide.
- placer la terrine en extérieur enterrée au nord et protégée par un grillage.

Une alternance le réfrigérateur dans les régions aux hivers trop doux, penser alors à aérer la terrine pour éviter la pourriture.

- **Les traitements des semences**

Le traitement des semences permet de lutter contre les maladies transmises par les semences et protéger les jeunes plantes contre les parasites naturellement présents dans le sol. Il assure également une protection contre des attaques précoces de maladies et de parasites en végétation et les attaques des animaux (oiseaux).

- **Le semis des grains d'Agrumes**

Le semis doit s'effectuer:

- Au mois de mars ou avril selon les régions
 - À un intervalle de 20 cm entre les lignes et 2 à 2,5cm entre les graines
 - À une profondeur de 2 à 3cm
 - Assurer des irrigations périodiques
- Dès que les plants ont quatre feuilles:
- Effectuer un traitement fongique
 - Désherber les planches
 - Epannage de 150 kg/ha de nitrates de potassium au mois d'août (ITAF, 2020).

- **Arrachage des plants agrumes**

Dans une pépinière bien entretenue et avant le repos végétatif, les sujets auront les hauteurs suivantes:

- Bigaradier: 20 à 25 cm
- Poncirus Trifoliata: 15 à 20 cm
- Citranges et citrus Volkameriana: 25 à 30 cm

Les plants agrumes sont mis en paquets de 20 à 25 plants avec un rabattage des sujets à une hauteur de 20 à 25cm et les racines à une longueur de 10 à 15cm (ITAF ; 2020).

- **Techniques de repiquage des agrumes**

Il existe deux méthodes de repiquage:

- Repiquage manuel: densité de 36000 plants/ha
- Repiquage mécanique: densité de 27000 plants/ha
- Après repiquage, il faut apporter par rigole 900 M3/ha pour éviter les poches d'air

Soins après repiquage des plantes d'agrumes

- L'irrigation est selon les besoins
- Le binage et le désherbage
- L'ébourgeonnage
- Le d'ébourgeonnage avant greffage
- L'épandage de l'engrais azoté
- La protection phytosanitaire de la pépinière **(ITAF ; 2020)**.

- **Le greffage**

Greffage à partir du printemps à œil poussant (mois de mai) ; ou en fin d'été à œil dormant (Aout – Septembre).

8.2. Production en hors sol (En pépinière)

La pépinière est le lieu de production des plants qui constitueront le matériel végétal utilisé pour la création des futurs vergers.

Du choix de ce matériel, des soins apportés à son développement pendant son séjour en pépinière, de la qualité des plants produits, dépendront en grande partie la longévité et la rentabilité des vergers.

Il s'agit d'une culture intensive basée sur l'utilisation des abris en polyéthylène. Les plants sont placés dans des conteneurs avec un support favorable à leur croissance **(Barchiche, 1987)**.

Les pépiniéristes jouent un rôle de premier plan dans la filière agrumicole : ils assurent l'approvisionnement en jeunes plants et doivent faire preuve d'une grande capacité d'anticipation sur la demande des planteurs **(Jacquemond, 2009)**.

Les objectifs qui motivent une telle démarche sont nombreux il s'agit :

- De respecter rigoureusement les filiations et les normes sanitaires.
- De réduire les coûts de transport et de manutention grâce à l'utilisation de substrats légers.

- D'écourter les cycles de production en ayant recours à l'acclimatation et à l'irrigation fertilisante combinée à l'emploi de substrats correctement équilibrés.
- De rationaliser l'espace occupé par la pépinière (**Aubert et Vullin ; 1997**).



Figure 11: Pépinière d'agrumes (Jacquemond, 2009)

- **Préparation du substrat**

Préparer un mélange de:

- 1/3 de fumier bien décomposé.
- 1/3 de sable mort.
- 1/3 de terre fine (franche).

Désinfection du substrat:

- Par chaleur.
- Chimique (nématocide) (**ITAF ; 2020**).

- **Semis des grains des Agrumes**

Avoir de conteneurs de 13cm de diamètre et de 25cm de hauteur 02 graines sont semées dans le centre du pot recouvert d'un demi- centimètre de mélange Le semis s'effectue fin janvier, début février en serre chauffée à une température moyenne de 25°C et une hygrométrie de 60 à 80%.

- La levée aura lieu en 01 mois.

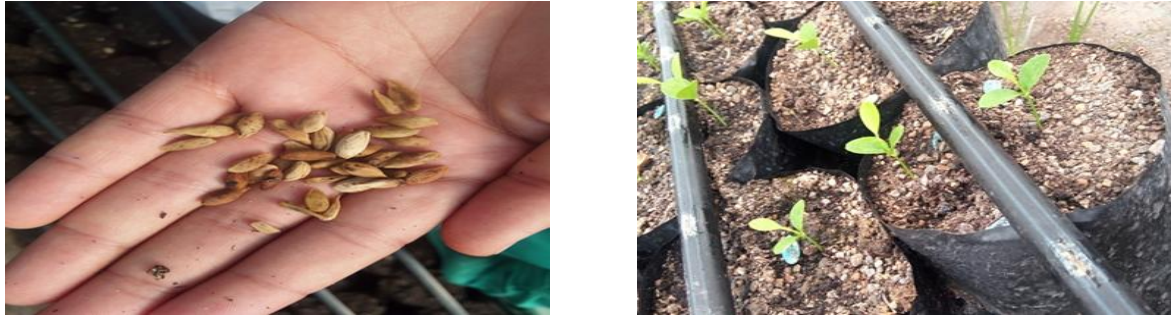


Figure 12 : des semences et un plant issu de semis de citrus volkameriana (Originale, 2020).

- **Entretien après semis**

-**Eclaircissage:** conserver les plants d'agrumes le plus vigoureux.

-Arrosage et alimentation: 02 mois après la levée et chaque fin de semaine, appliquer une solution nutritive tertiaire (15 15 15).

-En septembre, à une hauteur de 30 à 40cm et un diamètre de 3 à 4 mm du collet, on peut procéder au greffage.

-Un mois et demi après greffage (novembre), on procède au repotage des plants dans les conteneurs de 05 litres.

-Surveiller les plants d'agrumes des attaques parasitaires (ITAV ; 2020).

7.3. La culture in vitro

La technique in vitro est un mode de multiplication végétative artificielle qui permet la régénération d'une plante entière autonome et fertile à partir des plantes ou des cellules sur des milieux nutritifs artificiels. Les premières tentatives de culture in vitro datent de la fin du 19^{ème} siècle grâce aux travaux du botaniste autrichien G. Haberlandt qui en 1902 formule les premières idées sur lesquelles reposent les cultures de tissus.

La culture in vitro se base essentiellement sur le concept de la totipotence cellulaire défini selon Haberlandt comme suit « la cellule, unité morphologique et physiologique de l'être vivant, est capable d'autonomie. Elle possède toute l'information génétique nécessaire pour régénérer la plante entière, à condition de créer les conditions convenables ».

L'application de la technique des cultures in vitro peut se faire par micro propagation, par embryogénèse somatiques, par la culture des protoplastes...

8.3.1 .Les techniques de la culture in vitro

8.3.1.1. Embryogénèse somatique

L'embryogénèse somatique permet des taux de multiplication clonale élevés de matériel sain. Chez les agrumes, l'embryogénèse somatique est induite par la culture in vitro d'ovules d'espèces polyembryonnées (Olliatrault et Luro 1995 ; Rangan et al. 1969). Elle peut aussi être

induite par culture de styles (Carimiet al.1995). Chez certains espèces telles que les Citrus, la capacité de régénération d'une plante entière est conférée que par les protoplastes issus de cals embryogénèse .En effet, dans les conditions de culture utilisées, les protoplastes issus de mésophylles foliaires de Citrus ne présentent pas d'aptitude à la régénération .La constitution de collection de cals embryogénèse est donc un préalable à la mise en œuvre du programme d'hybridation somatique (**Ollitrault et de Rocca Serrz 1992b**).

8.3.1.2 La micropropagation

La micropropagation est une réelle technique de multiplication qui n'ayant pas d'influence sur la qualité sanitaire de la plante propagée, il est donc indispensable de posséder au départ un matériel sain (Bouthrin et Brong, 1989). Cependant elle exige une parfaite maîtrise des techniques et une main d'oeuvre très qualifiée et des investissements importants (Gautier, 1993).

8.3.1.3 La culture de méristème ou d'apex

C'est la première technique à avoir débouché sur les applications pratiques, son but principale et la régénération d'espèces atteintes de virus à partir des méristèmes qui ont la capacité de se diviser activement pour obtenir des plants indemnes de virus (Margara, 1989 et Mbodji, 1995). C'est la technique de multiplication primordiale pour l'obtention de matériel de base nécessaire à la propagation de matériel végétale certifié et qui sert également de point de départ pour la micropropagation (Bouthrin et Brong, 1989).

8.3. 1.4. Le microgreffage d'apex

Le microgreffage est venu d'appoint de la technique de culture de méristème pour résoudre les problèmes de réactivation d'enracinement des microboutures chez les ligneux. Chez les agrumes le microgreffage d'apex est devenu une exigence pour la reconstitution de clones homogènes assainis (Mbodji, 1995). Il présente l'avantage d'utiliser une partie de la tige en pleine croissance qui n'est pas en relation avec le reste de la plante. En revanche, le choix de porte-greffe résistant aux parasites est très important. Dans le cas des agrumes, le porte-greffe le plus utilisé est le Poncirus Trifoliata.

8.3.1.5. Le greffage d'embryon

C'est une technique qui donne des résultats rapides suite à une suppression des phases d'élongation et d'acclimatation. Elle résulte des combinaisons d'embryogénèse somatiques et du greffage d'embryon in vitro (Margara, 1989)

8.3.2. Les avantages de la technique des cultures in vitro :

La production des vitro plantes peut se substituer des avantages multiples, parmi lesquelles on cite :

- La possibilité de conservation de ressources végétales.
- La production de substances biochimiques intéressantes pour l'industrie, et les secteurs agroalimentaires.
- L'obtention de clones sélectionnés pour leur vigueur, leurs caractères intéressants (Chrysanthème, Fraisier, Bananier), leur rareté (Orchidées).

- La possibilité de propagation de plantes réfractaires au bouturage.
- L'assainissement des végétaux et l'amélioration des conditions sanitaires par la possibilité l'éradication des viroses par exemple.
- La production rapide et en masse à n'importe quel moment de l'année et le raccourcissement des cycles de vie des végétaux.
- La facilité de stockage et conservation sur de très petites surfaces, mais aussi du transport des plantes produites d'une région à une autre. Multiplication plein champs des Agrumes

9. La Multiplication des agrumes

Les agrumes peuvent se multiplier de bien des façons, Bien que les techniques soient tout à fait courantes, elles demeurent plutôt une affaire de spécialistes. Les différents procédés, semis, bouturage, marcottage et greffage ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients.

Excepté pour le semis où les maladies ne sont pas transmises par les graines, les autres procédés de multiplication requièrent de travailler avec du matériel végétal en très bon état sanitaire (**Jean –Marie Polese, 2008**).

9.1. Multiplication sexuée (semis)

Le semis, facile et simple à réaliser, se montre néanmoins souvent décevant car les caractères des plantes issues de ce procédé ne sont pas toujours le reflet de ceux des parents Certaines espèces cependant sont bien reproduites par semis, comme le Poncirus et les limes.

Le semis donne pourtant des plantes vigoureuses, mais qui mettent beaucoup de temps à fructifier, de 3 à 10 ans. Leur durée de vie, si les plantes sont bien entretenues.

La faculté germinative des graines des agrumes dure peu de temps. ne laissez surtout pas sécher les graines. mais vous pouvez les conserver quelques mois dans un récipient fermé au réfrigérateur.

Semez dans du terreau mélangé à du sable. Les graines devront être recouvertes de l'équivalent de leur hauteur. Arrosez et placez-les à 22 à 23°C. Maintenez humide jusqu'à la levée. Repiquez le jeune plant pendant une période où il a arrêté sa croissance, et gardez-le à l'abri du soleil (**Jean Marie Polese, 2008**).

9.2. 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 (**SDR ; 2017**).

9.2.1. Le bouturage :

Le bouturage consiste à créer une plante entière, à partir d'un fragment de Plante prélevé sur la plante mère en provoquant son enracinement. Le fragment Peut-être un morceau de tige, de feuille ou de racine.

- **Technique :**

- Coupez un rameau feuillé sans fleurs, ni fruits long de 10 cm.
- Supprimez les feuilles inférieures, coupez en deux les feuilles supérieures restantes si elles sont grandes ou laissez-les intactes si elles sont de petite taille. La ou les feuille(s) restante(s) sert à poursuivre l'activité biologique de la plante.
- On peut aider au bouturage avec une hormone de bouturage, il faut Tremper le rameau sur 2 cm dans une poudre d'hormone.
- .- L'arrosage est presque quotidien.
- De très nombreuses plantes peuvent se bouturer dans l'eau : laissez les tiges 15 jours dans l'eau pour qu'elles commencent à faire des racines puis mettez-les en terre. Les boutures ont besoin d'une humidité ambiante et d'une certaine chaleur.

Avantages : Méthode facile à appliquer qui permet de multiplier rapidement la plante. Le plant obtenu est identique au pied mère avec une mise à fruit rapide (**SDR ; 2017**)

9.2.2. Le marcottage

Le marcottage consiste à provoquer l'émission des racines sur un rameau sans détacher celui-ci de la plante dont il est issu. Il reste ainsi nourri par sa plante mère, tant qu'il n'est pas capable de s'alimenter seul. C'est seulement à ce moment qu'il sera sevré, c'est à dire détaché de la plante mère.

- **Technique :**

- Après avoir choisi la zone à marcotter, pratiquez 2 incisions horizontales. En moyenne la longueur de la zone incisée correspond au diamètre de la branche. La distance entre les 2 incisions doit être assez grande pour que l'arbre ne cicatrise pas. Si possible on choisit un endroit où il y a un nœud.
- Après avoir ôté l'anneau, il faut bien gratter le cambium, c'est l'étape la plus importante, car s'il reste du cambium, les cellules vont reconstituer le liber donc rétablir la circulation de la sève élaborée. C'est à ce moment-là qu'on peut également placer un fil à ligaturer très serré pour qu'il joue le rôle de garrot et contribue à l'accumulation de la sève. Ce n'est pas obligatoire ni déconseillé. On peut aussi badigeonner l'incision supérieure avec des hormones de bouturage.
- On prépare ensuite le contenu de la marcotte que l'on dispose autour de la zone écorcée en formant une papillote fermée aux extrémités. On utilise le plus souvent de la mousse à marcotter. Le but étant de conserver un maximum d'humidité. Il faut également faire quelques petits trous en dessous pour évacuer l'excédent d'eau.
- On peut également recouvrir la « papillote » d'une seconde couche de plastique foncé, cette dernière coupera les rayons directs du soleil et permettra à la marcotte d'accumuler de la chaleur supplémentaire bénéfique au développement des racines. Il faudra aussi veiller à tourner

marcotte. De plus le plastique permettra de condenser l'eau qui s'évapore et de réalimenter la marcotte en eau (SDR ; 2017).

Il existe plusieurs méthodes de marcottage :

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

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

Avantages : Méthode facile qui permet de multiplier rapidement la plante. Plant obtenu est identique au pied mère avec une mise à fruit rapide.

9.2.3. Le greffage

Le greffage est une opération qui a pour objet de combiner les caractéristiques avantageuses de deux plants différents en un seul plant. Le plant greffé est constitué de deux parties: le système racinaire avec le bas du tronc et la partie productrice de feuilles et de fruits. C'est en fonction de ce fait que le choix du matériel végétal est déterminé. En simplifiant on peut dire que:

Pour la partie inférieure de l'arbre que nous appellerons porte - greffe, le choix se porte sur une variété produisant un système racinaire rustique dans les conditions locales et présentant des caractéristiques intéressantes de résistance à certaines maladies et à de mauvaises qualités de sol.

Pour la partie supérieure que nous appellerons greffon, le choix est porté sur la variété que nous voulons multiplier pour la production de fruits de qualité. Le choix de l'un peut limiter le choix de l'autre, car de plus une combinaison compatible est exigé (FAO ; 2012).

10. Greffage des agrumes

Le greffage est pratiqué avant tout parce qu'il permet de multiplier des arbres en conservant les caractéristiques de la variété, mais aussi de les développer de façon plus significative.

10.1. Les avantages de greffage

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

- Remplacer une variété par une autre sur un arbre déjà formé ou de restaurer une vieille charpente après rabattage (surgreffage).
- Diminuer l'invasion de certains parasites en greffant sur des porte-greffes résistants sélectionnés par des stations de recherche.
- Avoir une bonne résistance des arbres face aux maladies, car le choix du porte-greffe peut vous permettre de contourner certaines maladies du sol, si vous avez des variétés qui sont tolérantes avec un système racinaire résistants à ces maladies.
- Améliorer la qualité des fruits d'une variété fruitière (grosceur, 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,
- 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 pas la cueillette, à un moment donné les fruits se détériorent en tombant. L'arbre greffé à un port ramassé et la récolte est plus facile.
- En outre, la greffe (comme le clonage) prive la population greffée d'une grande partie de ses atouts évolutifs (faute de reproduction sexuée) (FAO ; 2012).

10.2. Matériel de greffage

•Couteau de greffage ou greffoir

On doit l'aiguiser régulièrement à l'aide d'une pierre spéciale au carborundum et seulement d'un seul côté: le côté incliné. La pierre doit être mouillée avant de débiter l'aiguisage. Un passage de la lame du greffoir sur une lanière de cuir rendra la lame plus tranchante.

-Le greffoir est muni d'une spatule qui sert à soulever l'écorce.

•Sécateur

Permet de pratiquer l'habillage du porte - greffe avant le greffage et de le rabattre sur l'onglet après la reprise. A aiguiser d'un seul côté.

-Ruban de polyvinyle transparent pour la ligature.

- Sachets transparents pour isoler le greffon.

•Mastic

Sert à protéger les plaies contre les attaques fongiques et à éviter la dessiccation des tissus. Il doit être utilisé pour favoriser la cicatrisation notamment après ablation du porte - greffe ou après chaque taille plus importante.

•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).

10. 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).

10.3.1. 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 (figure13).

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

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

Ainsi, pour les variétés très épineuses on préférera la greffe en placage décrite dans le point suivant.

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

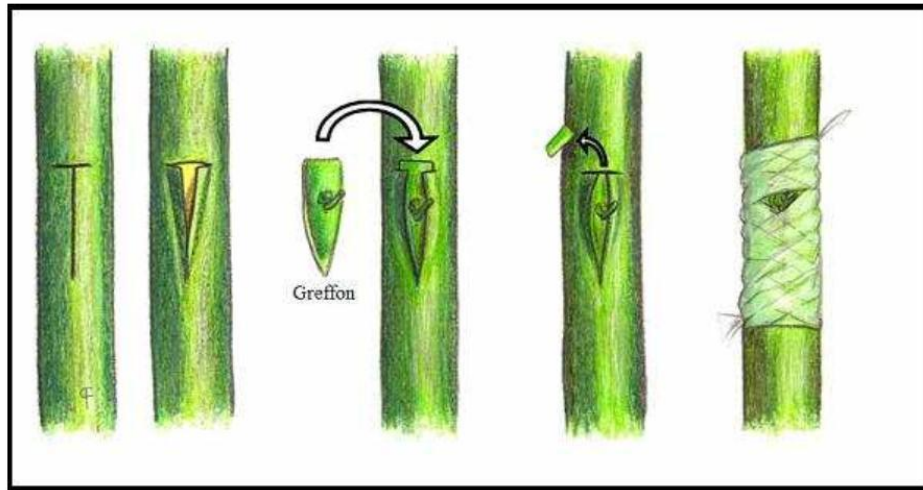


Figure 13 : Technique du greffage en écusson (Jacquemond C. et al, 2009)

Le greffage en écusson sous écorce 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 oeil 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).

10.3.2. 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 (figure16).

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

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

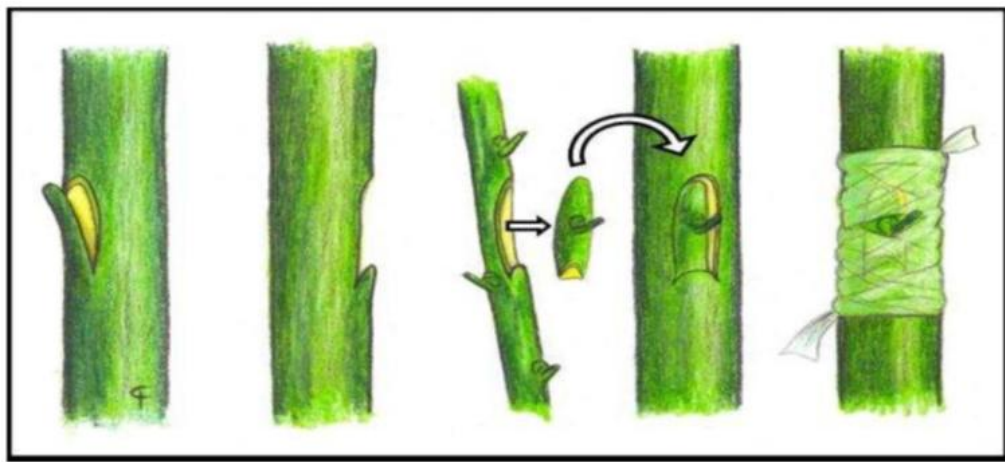


Figure 14 : Technique du greffage en placage (Jacquemond C. et al, 2009)

10.3.3. 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 oeil 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 la coupe 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 (figure 15).

Quinze jours après le sac est retiré, le Parafilm se dégradera plus tard. Dans les régions chaudes, ce type de greffage peut être réalisé sous abri pratiquement tout au long de l'année (Jacquemond C. et al, 2009).

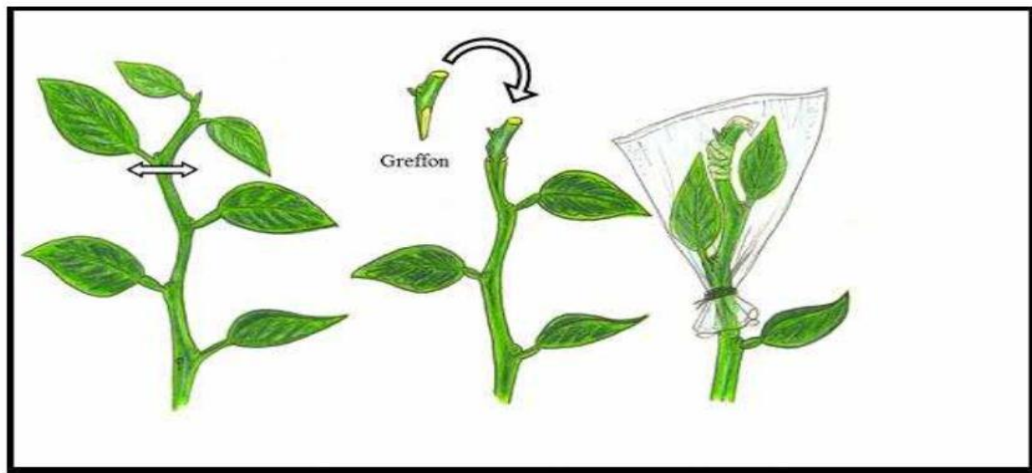


Figure 15: Technique du greffage en fente herbacée (Jacquemond C. et al, 2009)

10.3.4. 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 (Citrangle) 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 (figure 16).

La ligature de raphia doit être soignée. Les sections du porte-greffe et de la baguette greffée sont ensuite couverts de mastic afin d'éviter le dessèchement. Le tout est recouvert d'un

sac plastique blanc ou de papier paraffiné, qui sera retiré quinze jours plus tard (Jacquemond C. et al, 2009).

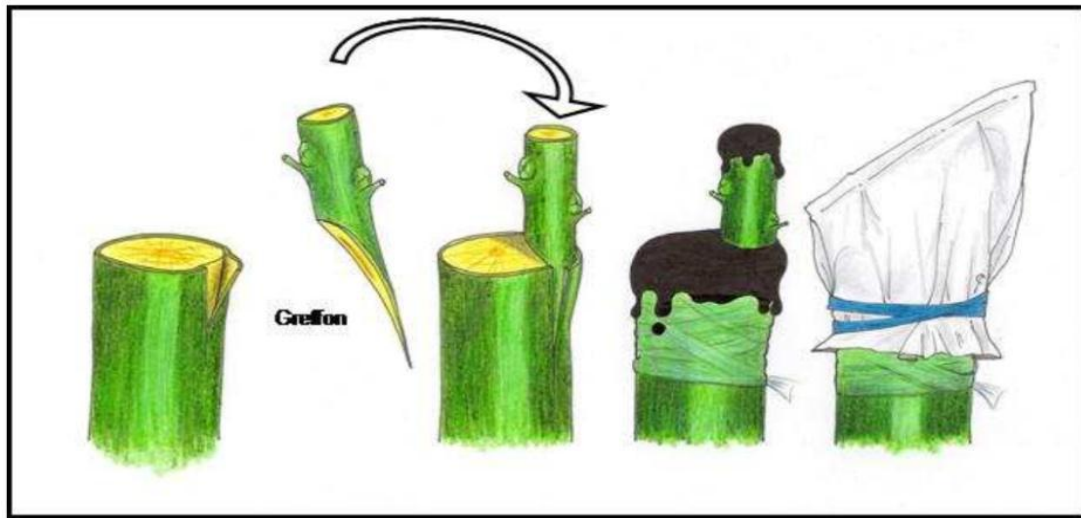


Figure 16 : Technique du greffage en couronne (Jacquemond C. et al, 2009)

10.4. Les conditions de réussite de greffage

Le greffage est une technique délicate qui suppose l'observation stricte d'un certain nombre de règles.

1-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

2-Le contact des zones génératrices ou de cambium : Pour qu'une soudure complète puisse se produire, il faut que les zones génératrices ou de cambium se touchent et restent en contact au moins en un point.

-Pour favoriser la soudure, il faut pratiquer des coupures nettes.

3-Affinité entre espèces et la vigueur réciproque des parties

3-Choix de technique de greffage convenable.

4-La saison de greffage

La majorité des greffes doit se réaliser dans la période où la sève est en abondance activée. Pendant la saison des pluies, la sève circule mieux. Il faut faire les greffes en ce moment-là .Mais ne greffez pas que le tronc est mouillé .Si vous greffez pendant la saison sèche, arrosez beaucoup le porte greffe pendant une semaine avant de greffer.

5. 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).

6. 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).

7. 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 naitra 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 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).

8. 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), restant les points essentiels qui permettent l'ajustement précis des tissus.

9. Soins après greffage

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

10.5. 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).

10.5.1. 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 (figure19), toute altération mécanique ou parasitaire à ce niveau de l'arbre peut entraîner des perturbations dans les mécanismes de transfert.

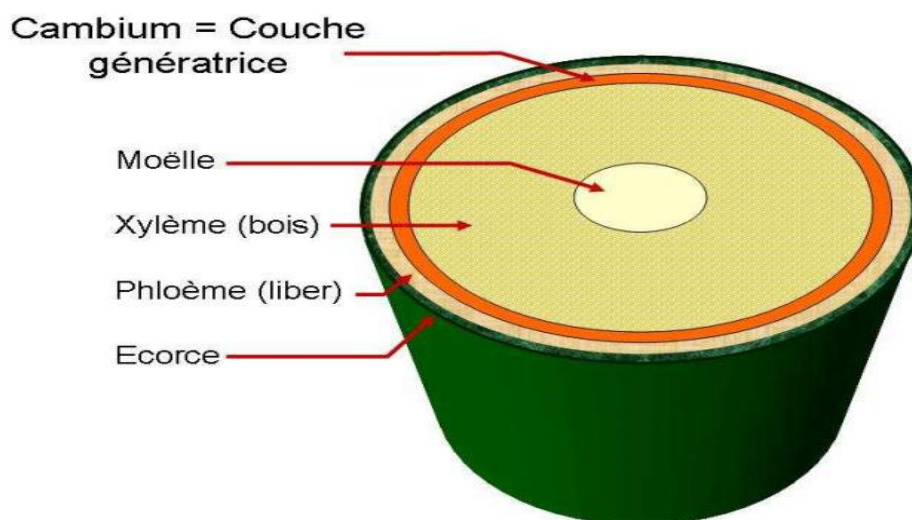


Figure17: Coupe transversale d'un tronc d'arbre (Jacquemond C. et al, 2009)

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 (figure 18) :

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

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

- **Phase II : Prolifération du 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).

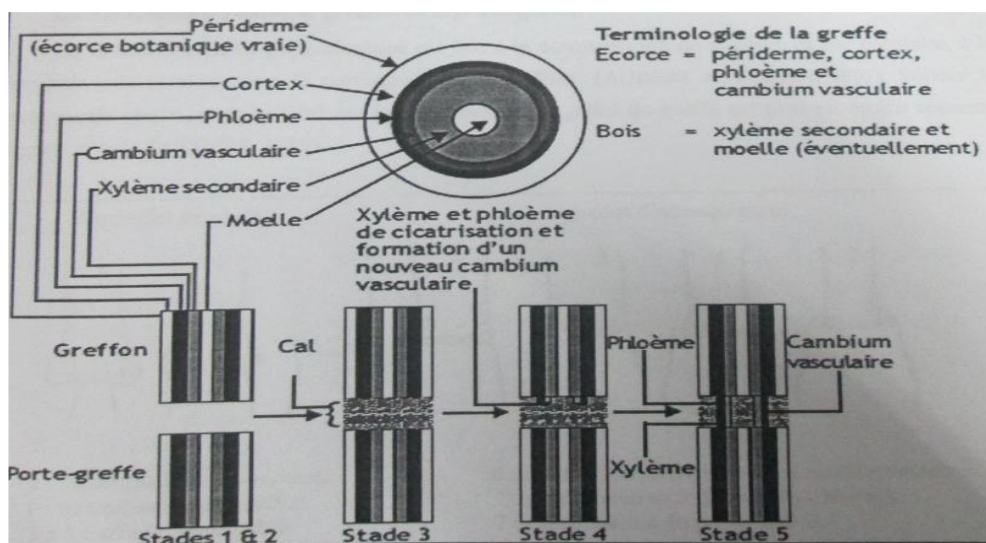


Figure 18 : Le mécanisme de soudure entre le greffon et le porte-greffe (Jaeniske ; 2003)

- **Phase III : Néof ormation cambiale :**

Suite à l'accolement de cellules frontales des cals, (Suriyapananont in Chently et Chergui, 1996) et la formation d'une couche protéique de suber au porteur de la greffe, les tissus subissent des divisions cellulaires différentes de celles 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 changent 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 intégrée mais aussi la même autonomie de fonctionnement dès que les cellules du phloème et les cellules du xylème s'unissent (Jaenicke, 2003).

10.5.2. 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 (figure 19).

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).

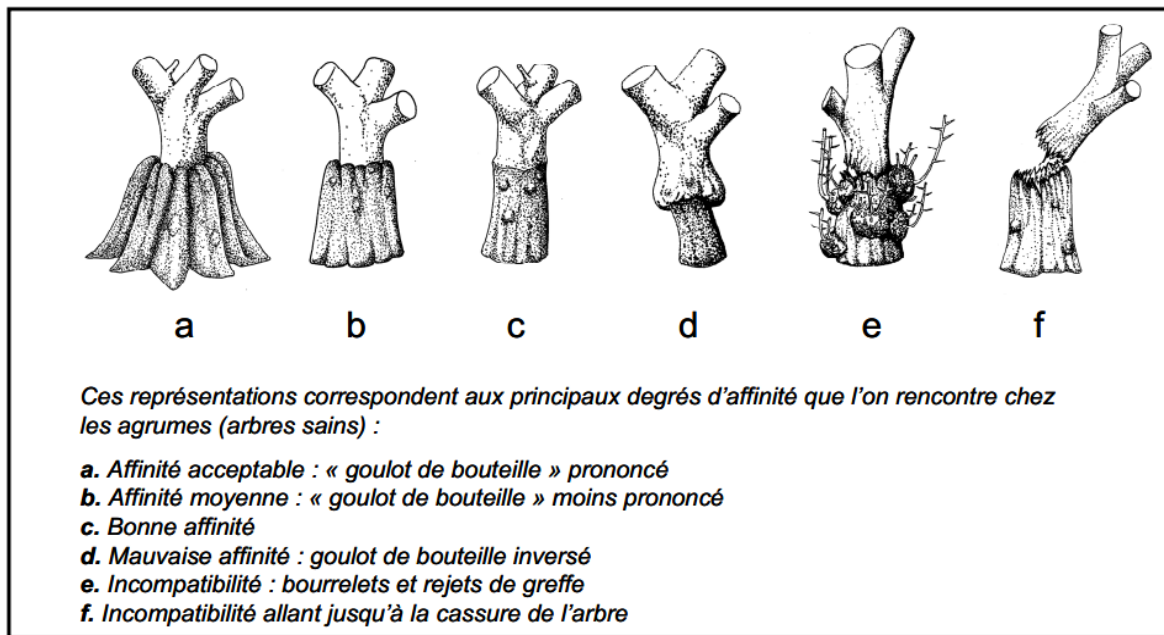


Figure 19 : Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes (Jacquemond C. et al, 2009).

10.6. 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. Quelque soit la méthode d'analyse utilisée, les praticiens ne se basent pas cependant sur ce genre de techniques. Ils comptent en effet surtout sur leur expérience pour déterminer la viabilité d'une union.

En générale, et en dehors de certaines associations qui sont particulières, plus les deux partenaires de la greffe sont voisins du point de vue génétique et botanique, plus la possibilité de la greffe est grande (Benettayeb Z., 2011).

Les incompatibilités sont souvent citées comme les principaux obstacles à la reprise de la greffe (Jaenicke, 2003), elles sont de quatre types :

10.6.1. 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 (Jacquemon .C, 2009) .

10.6.2. 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 annuelles concordants, que le point de greffe soit face aux vents dominants et que les arbres soient tuteurés et protégés par des brise-vents (Benettayeb Z., 2011).

10.6.3. 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 assimilats 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.

10.6.4. 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.

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

10.7.1. 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 évaluer, d'autant plus qu'ils peuvent changer sensiblement selon la variété greffée.

10.7.2. 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 le 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.

10.7.3. 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 viguorisant 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*.

10.7.4. 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.

10.7.5. 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.

10.7.6. 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.

10.7.7. 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 racinaire, 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 portegreffes, 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).

10.7.8. 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)

10.8. 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 nouveaux porte-greffes pouvant remplacer avantageusement le bigaradier. C'est dans cet objectif, qu'on va observer et comparer l'influence de deux variantes (variété porte-greffe, variété greffon) sur l'aspect compatibilité et l'évolution de l'association après greffage.

Cette étude porte particulièrement sur ces critères :

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

1.2- Présentation de Lieu de l'expérimentation

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



Figure 20 : Pépinière EL-NAKHLA, Ain Defla (serre multi-chapelle semi-automatique contient des porte- greffes d'agrumes, plants d'agrumes greffés et variétés d'agrumes (18/12/2019)).

PEPINIERE EL NAKHLA, une société algérienne située à Ain Defla. Elle est spécialisée dans la production et la vente de plants maraîchers et fruitiers au 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 21: 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 du porte greffe et du greffon avec étiquette.

1.4-Matériel Végétal

1.4.1. Caractéristiques des porte-greffes étudiés

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.

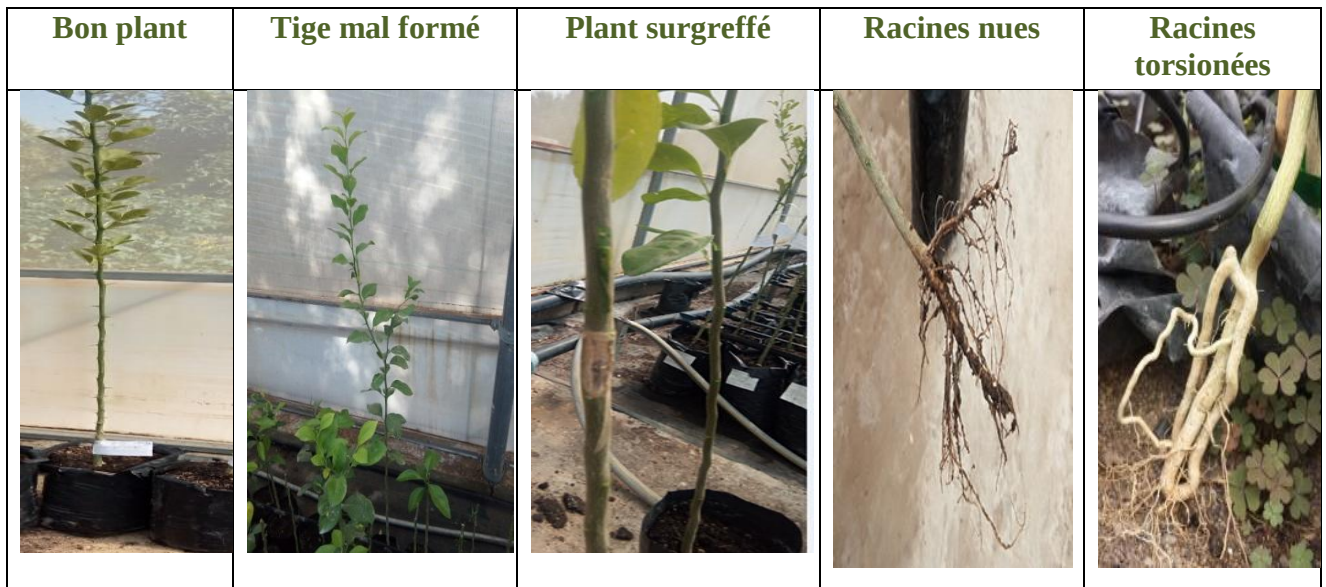


Figure 22: Différentes qualités de porte- greffes

1.4.1.2 Comparaison entre les portes- greffes étudiés

✓ Normes phytotechniques

Tableau 9: comparaison entre les normes phytotechniques avec porte-greffes étudiés

Paramètres	Citrang carrizo	Citrus Volkameriana	Normes
Age (à partir de la date de semis (mois)	10	9	6 à12
Hauteur moyenne des plants (Cm)	96	71	> 30
Diamètre moyenne au collet (cm)	4	3.9	3 à 7
Observation	PG greffable	PG greffable	PG greffable

✓ L'adaptation au milieu

Tableau 10: Effet du porte- greffes sur l'adaptation de l'arbre aux conditions pédoclimatiques (Jacquemon d .et al, 2009)

	Citrang Carrizo	Citrus Volkameriana	
Zone humide	4	2	Adapté 5 4 3 2 1 Non adapté
Zone sèche	2	5	
Froid	4	2	
Sol argileux	3	3	
Sol limoneux	5	5	
Sol acide	4	3	
Sol calcaire	3	5	
Salinité	2	5	

✓ Performances agronomiques du greffon

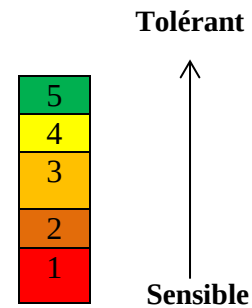
Tableau11 : Effet du porte – greffes étudiées sur les performances agronomiques de la variété (Jacquemon d .et al, 2009)

Critères		Citrang Carrizo	Citrus Volkameriana	
Arbre	Vigueur	4	5	Positif /élevé 5 4 3 2 1 Négatif /faible
	Rapidité de mise à fruits	4	5	
	Rendement	4	5	
Fruit	Augmentation de calibre	3	5	
	Aspect de la peau (granuleux à lisse)	5	2	
	Epaisse de la peau (épaisse fine)	4	2	
	Intensité de la coloration externe	4	2	
	Taux de jus	4	2	
	Taux de sucre	4	2	
	Taux d'acidité	4	1	
	Equilibre sucre-acide	4	3	

✓ **Sensibilité aux maladies**

Tableau 12 : Sensibilité aux principales maladies conférée à la variété par le porte- greffe étudiée (Jacquemon d c .et al, 2009).

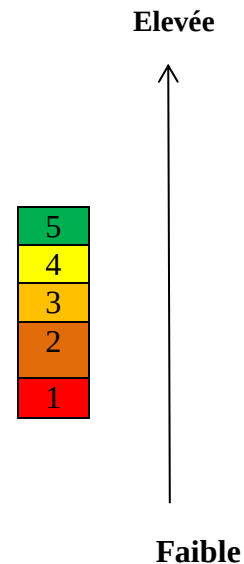
	Citrang carrizo	Citrus Volkameriana
Tristeza	5	5
Exocortis	2	5
Cachexie	5	1
Cristacortis	5	5
Psorose	5	5
Gommose	4	2
Blight	1	1
Nématode T .semi-penetrans	4	2



✓ **Comportement en pépinière**

Tableau 13 : Comportement des porte- greffes étudiées en pépinière (Jacquemon d c .et al, 2009).

	Citrang Carrizo	Citrus Volkameriana
Résistance à la fonte des semis	4	3
Taux de levée	5	5
Vigueur du plant	4	5
Greffage	5	5
Reprise au greffage	4	5



✓ Caractères morphologiques

Tableau 14 : Morphologie des porte- greffes utilisés

	Citrange carrizo	Citrus Volkameriana
Racines	Pivotant, dense	Profondes, dense
Tige	Longue	Longue
Feuilles	Persistante	Persistante
Limbe	Ellipsoïde	Trifoliées



Figure 23: Tige de Citrange carrizo



Figure 24: Tige de Citrus Volkameriana



Figure 25 : Feuille de Citrange Carrizo



Figure 26 : Feuille de Volkameriana

1.4.2. Caractéristiques des variétés étudiées

Tableau 15 : caractéristiques agronomiques des variétés d'oranger

Variété		<i>Washington Navel</i>	<i>Navelina</i>
Air de production		Maroc, Espagne, USA, Brésil, Australie, Argentine	Etats-Unis, Espagne
Arbre	Vigueur	Elevée	élevée
	Frondaison	Dense	dense
Fruit	Productivité	Forte	Forte
	Entrée en production	Précoce	Précoce
	calibre	Moyen a gros	Moyen
	Poids moyen	100 à 200g (sans pépins)	100à200g (sans pépins)
	Teneur en jus	Moyenne à élevée	élevée
	couleur	Orange	Orange-rouge foncé
	Equilibre (sucre /acide)	Bon équilibre	Bon équilibre
Sensibilité		Cératite	Cératite
Compatibilité et affinité avec porte-greffes	Citrang.Carrizo	Très bonne	Très bonne
	Citrus .Volkameriana	Bonne	Bonne

Tableau 16 : caractéristiques agronomiques des variétés de Clémentinier.

Variété		<i>Orograndé</i>	<i>Nules</i>
Air de production		Maroc, Espagne	Espagne, Maroc, étalie
Arbre	Vigueur	Elevée	Moyenne à élevée
	Frondaison	Dense	dense
Fruit	Productivité	Forte	Moyenne à forte
	Entrée en production	Saison	saison
	Calibre	Moyen à gros	Gros
	Poids moyen	95à105g (sans pépins)	80à110g
	Teneur en jus	Moyenne	Moyenne à élevée
	Couleur	Jauniatre en début de saison et orange en fin de saison	Orange
	Equilibre (sucre /acidité)	Bon équilibre	Bon équilibre
Sensibilité		Gommose	Gommose à phytophthora Sensible aux vents, sensible au gel
Compatibilité et affinité avec porte-greffes	Citrang carrizo	Bonne	Moyenne
	Citrus volkameriana	Bonne	Bonne



1-Washington navel

2- Navelina

3-Orograndé

4-Nules

Figure27 : fruits des variétés étudiées

2-Protocole expérimentale

2.1. Présentation de l'essai

-Avant le greffage, on prépare deux espèces de porte-greffes.

-**PG 1:** Citrange Carrizo (20 plants).

-**PG 2 :** Citrus Volkameriana (20 plants).

-Chaque porte- greffe doit greffer par quatre variétés :

V1 : Washington Navel(Oranger)

V2 : Navelina(Oranger)

V3 : Orograndé (Clémentinier)

V4 : Nules (Clémentinier)

Prélèvement de plants de carré pieds-mères (40plants) .L'opération de greffage a été réalisée par des greffeurs spécialisée avec cinq répétitions pour chaque association.

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.



Figure 28: Plants d'essai
avant le greffage
(Citrange Carrizo)



Figure 29 : Plants d'essai
avant le greffage
(Citrus Volkameriana)

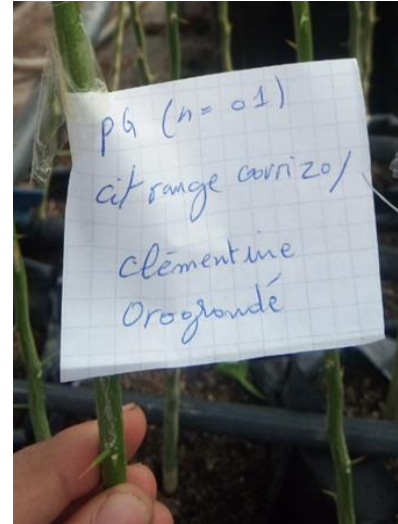
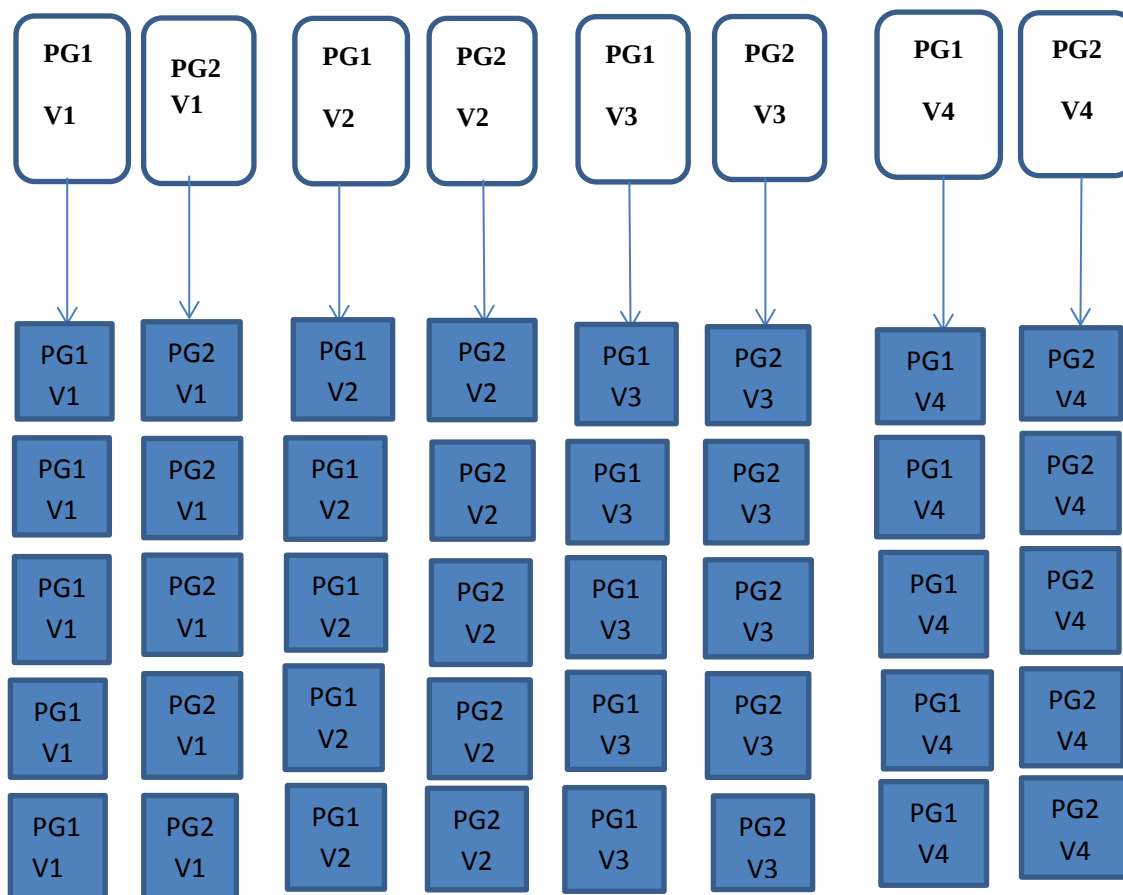


Figure 30 : Etiquettes



PG : porte-greffe

V : variété

PG1 : Citange Carrizo

PG2 : Citrus Volkameriana

Figure 31 : Schéma de l'essai.

2.2. Préparation des plants avant greffage

-Pincement: taille des extrémités des tiges des porte- greffes pour former le port du plant (sélectionner directement avec les doigts).

-Ebourgeonnage : enlèvement des bourgeons (par les doigts) 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 à la 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 100Ld'eau/HA)

-Starhumic : est un produit organique à base d'acides humiques et fulviques (40à60L/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).



Figure 32 : Etiquettes (nom de porte greffe, nom de variété de greffon, date de greffage)

2.3. Le greffage :

- **Prélèvement et préparation des rameaux greffons**

Le choix du greffon doit porter sur:

- des rameaux de l'année, bien vigoureux
 - des rameaux sains, exempts de maladies, viroses et bactéries
 - des rameaux prélevés sur des pieds mère représentant authentiquement la variété à produire.
- Les rameaux greffons sont constitués par des baguettes de 10 à 15 cm de long portant des yeux bien formés, qui sont effeuillés en laissant une partie du pétiole.



Figure33 : La variété



Figure34 : Effeuilage de la
baguette de greffon

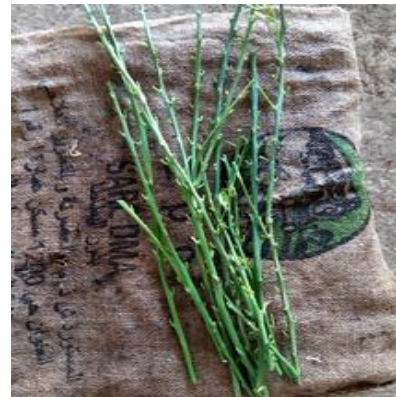


Figure35 : baguettes de greffon

- **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 08 Mars 2020.
- **Technique de greffage** : En écusson.
- **Le Matériel utilisée**



Figure 36: Le greffoir



Figure 37 : La ligature



Figure 38 : Le Sécateur

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 fenêtre sur le porte-greffe : une fenêtre est réalisée (forme T).pour se faire, une partie de l'écorce au-dessus du collet (30cm). La fenêtre 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 39 : Les étapes de greffage.

2.5. Entretien des plants après greffage

-Irrigation : Irrigation : dans la semaine suivant la greffe, on veillera à ne pas trop arroser le plant pour éviter de "noyer" le greffon sous un trop plein de sève.

-Ebourgeonnage : si des bourgeons situés en dessous du cal se développent, il faut les éliminer systématiquement Pour favoriser la reprise de la pousse d'œil de greffage.

-Produits à partir du porte - greffe, ils n'ont pas les qualités recherchées par le greffage et vont concurrencer inutilement la croissance de l'arbre.

-Ebourgeonnage du porte-greffe se fait:

Toutes les semaines au moment du débouillage

Par la suite, tous les 15 jours

Puis une fois par mois

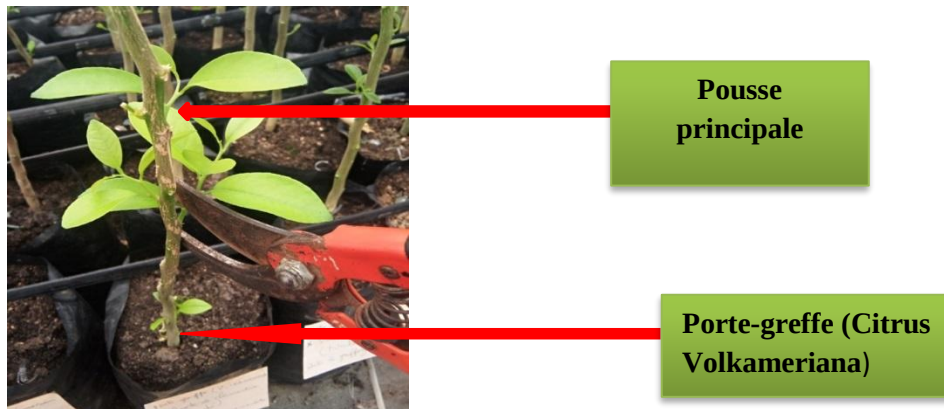


Figure40: Ebourgeonnage des plants d'essai

-Pincement après greffage : pour diriger la sève vers l'œil de greffage dans le but d'éclatement de son bourgeon le plus tôt possible. On pince la tige de porte-greffe deux fois :

- **Premier pincement** : à 10 cm au-dessus du point de greffe, lorsque la callogénèse commence à s'effectuée (environ une semaine).

- **Deuxième pincement** : après le débourement du bourgeon (caulogénèse), juste au-dessus du point de greffage.

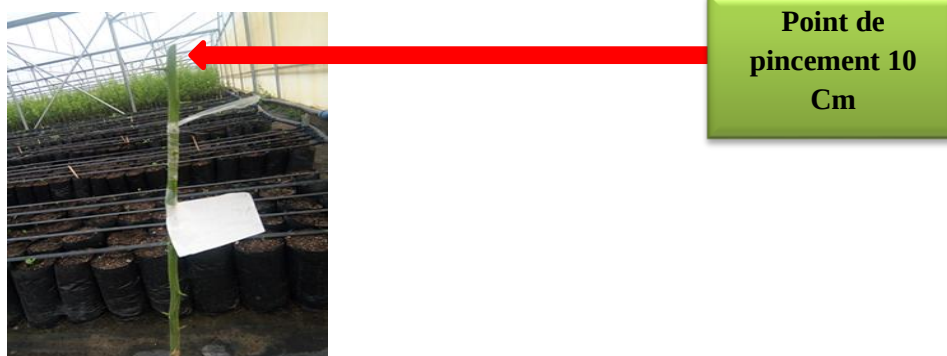


Figure 41 : premier pincement des plants d'essai

-**Masticage** : du mastic cicatrisant est éventuellement posé sur la blessure pour protéger aux maladies et éviter le dessèchement.

-**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.

-NPK (20.20.20) : Engrais ternaire NPK (préparer la solution mère en diluant 10 à 20 kg de NPK 20 20 20 dans 100Ld'eau (10à 20kg /HA))

-NPK (12.61.00) : Engrais binaire NP (préparer la solution mère en diluant 10 à 20 kg de MAP 12 61 0 dans 100Ld'eau (75à 100kg /HA)).

-NPK (27.27.27) : Engrais sous forme de Gel (0.75-1G/L).

FERTIACTYL GZ B : bio- stimulant racinaire à base d'extrait d'algues, d'acides humiques et fulviques ainsi que d'élément minéraux (20 -30L/HA).



Figure 42 : bio- stimulant racinaire



Figure 43 : Engrais composé (NP)

-Protection phytosanitaire

Les plants en pépinière sont sujets à des attaques de très nombreux ravageurs et maladies, dont certaines sont très graves, puisqu'elles peuvent conduire à la mort du plant, certaines sont difficiles à contrôler.

Dans le cas d'une lutte chimique, les meilleurs résultats seront obtenus par la démarche suivante:

- identifier correctement la maladie ou le ravageur à combattre,

- estimer l'importance de l'attaque (notion de seuil de tolérance) pour savoir s'il est nécessaire de traiter ou non,
 - choisir le bon produit,
 - l'efficacité d'un traitement dépend au moins autant de sa bonne répartition – litrage de la bouillie, dosage de la matière active, qualité de la pulvérisation - que de l'efficacité propre du produit utilisé.
- Des traitements ont été utilisés contre la mineuse des agrumes, les acariens, pucerons, Aleurodes.

Tableau 17 : Traitements phytosanitaires utilisés contre les ravageurs des agrumes.

Nom commerciale	Matière active	Type de produit	Nom de ravageur	Dose de Matière active pour 100L d'eau /hl
Abanutina	Abamectine	Acaricide	Acariens	75ml /hl
Confidor	Imidaclopride	insecticide	pucerons	50ml /hl
Cétan	Acétamipride	Insecticide systémique polyvalent	Mineuses des feuilles	50g /hl
Decis	Deltaméthrine	Insecticide	Noctuelles	50ml /hl
Oberon	Spiromesifen	Insecticide acaricide	Mouches blanches, acarienes	60ml /hl

3-RESULTATS ET DISCUSSION

3.1.Résultats

3.1.1. Les paramètres mesurés

Tableau 18 : 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

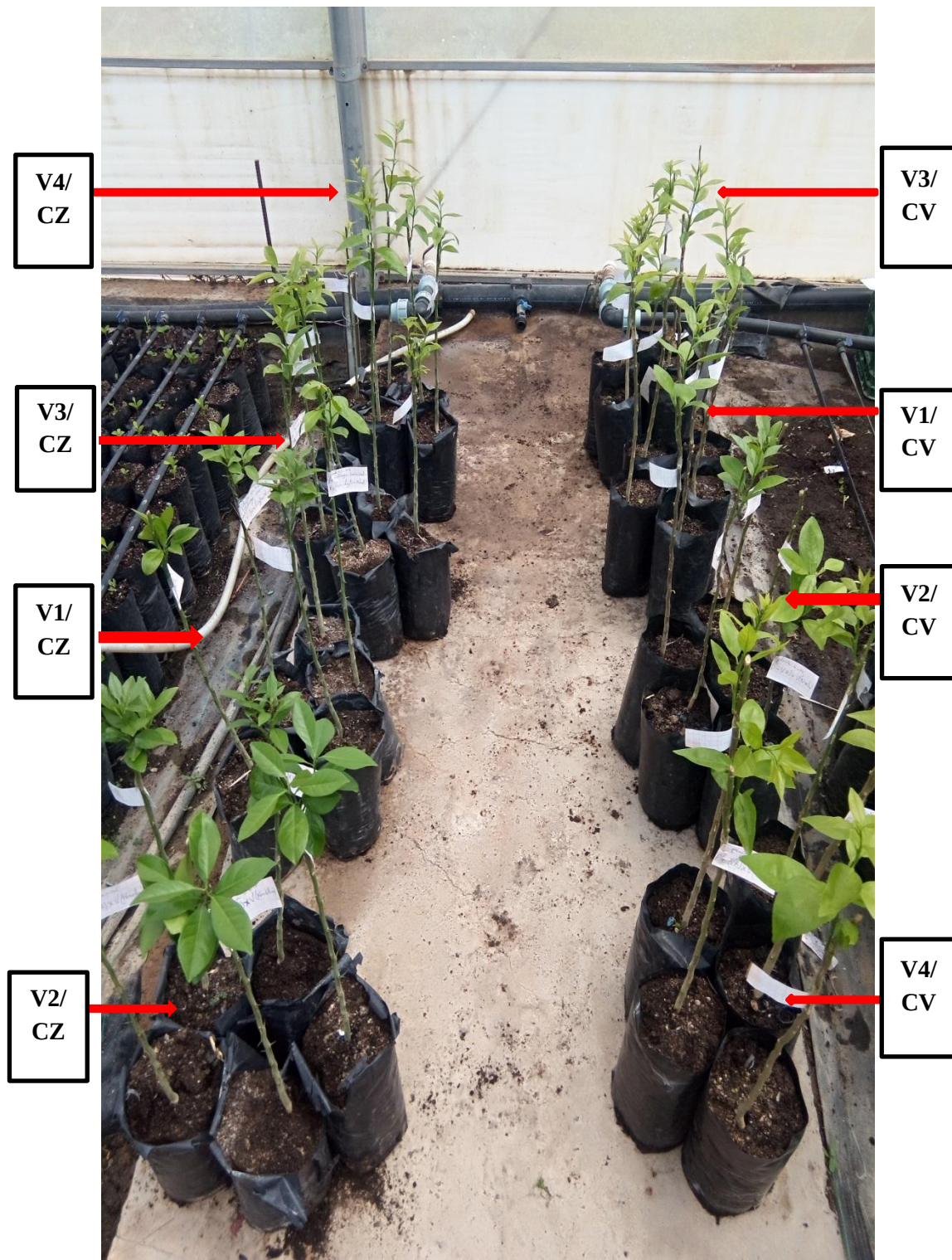
La hauteur de point de greffage : 35 cm par rapport au niveau du substrat du sol (variant suivant) la zone de point de greffage, et la distance entre les nœuds, donc la hauteur réelle doit varier entre 30 et 40 cm (pour éviter la transmission des maladies du sol).

3.1.4. Moyennes des Température et Humidité

Les relevées des températures et d'humidité se font chaque jour à partir de 10 mars 2020 jusqu'à 25 mai 2020 (période de 75 jours) à l'aide d'un appareil double fonctions.

Tableau 19: Moyennes de Température et Humidité

	Max	Min
Température (°C)	43	15.6
Humidité (%)	83	29



V1 : variété de greffon (Washington Navel) V2 : variété de greffon(Navelina)

V3 : variété de greffon (Orograndé)

V4 : variété de greffon(Nules)

C.Z : porte-greffe Citrange Carrizo

C.V : porte- greffe Citrus Volkameraina

Figure 44 : plants d'essai après le développement des pousses du greffon (Washington Navel, Navelina, Orograndé, Nules) de durée de 50 jours après le greffage (28/04/2020).

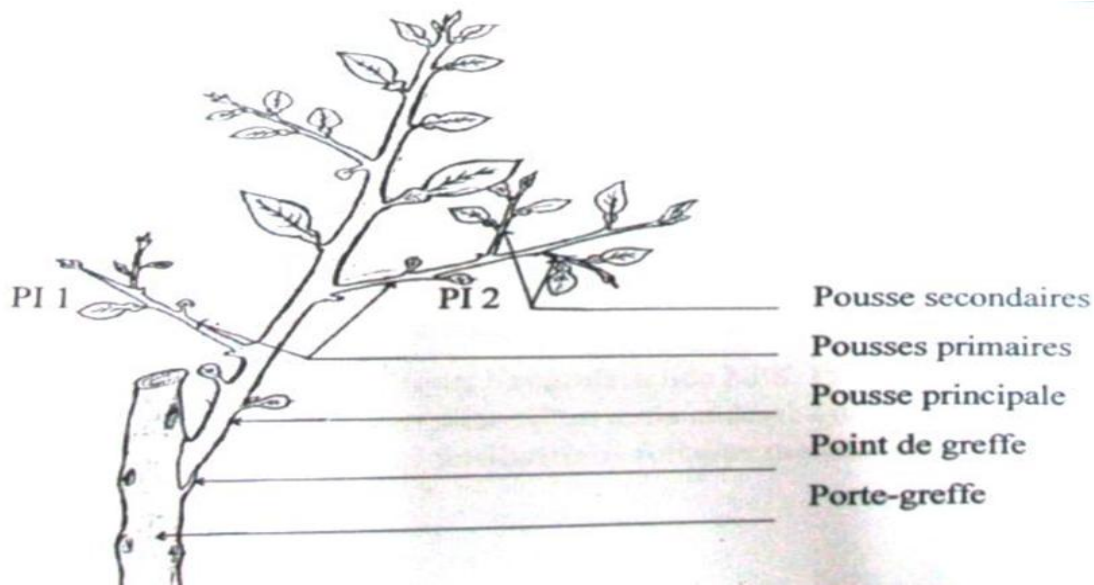


Figure 45 : Représentation schématique d'un plant greffé (Gacem H., 2007).

3.1.5. Nombre de pousses principales

Tous les comptages (de pousse principale) ont été faits le 31 Mai 2020, soit 84 jours après le greffage pour l'ensemble des plants, qui est calculé à partir de nombre des pousses principales dans les cinq plants puis divisé par le nombre de plants (5plants).

-Ces calculs ont été faits pour chaque variété du greffon /porte greffe.

Tableau 20 : Nombre moyenne de pousses principales

Porte- greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	1.6	2	1.6	1.4
Citrus Volkameraina	1.4	1.2	1.4	1

3.1.5.1. Nombre des pousses primaires dans la pousse principale

• Les pousses primaires

- elles émergent des méristèmes secondaires à l'aisselle des feuilles de la pousse principale.

-Le nombre des pousses primaires dans la pousse principale est entre 2et 5pousse.

-La longueur de la pousse primaire est plus petite que la longueur de pousse principale.

Tableau 21 : Nombre moyenne de pousses primaires.

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	2.8	1.8	2.8	2.2
Citrus Volkameriana	2.4	0.8	2.2	1.6

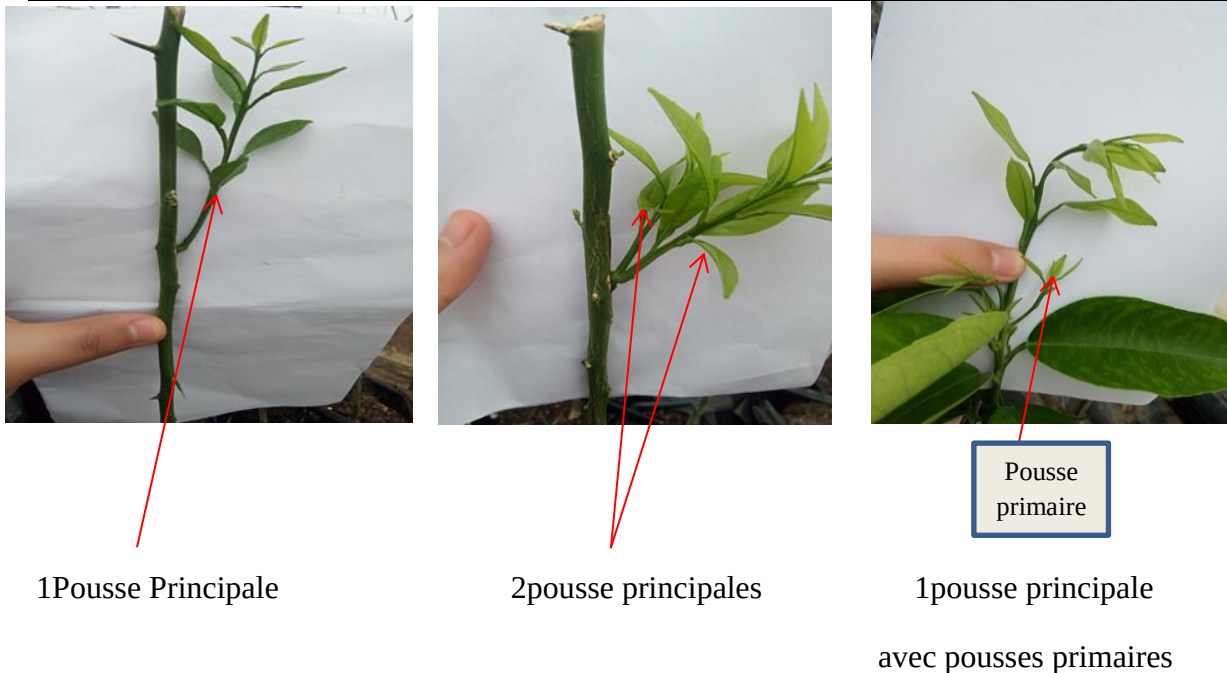


Figure 46 : Nombre de pousse principale

3.1.6. Nombre de feuilles dans la pousse principale

Tableau 22 : Nombre moyenne de feuille dans la pousse principale

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	20.4	15.5	12.4	12
Citrus Volkameriana	14.2	14	15.8	19.5

3.1.6.1. Nombre de feuilles dans la pousse primaire

Tableau 23 : Nombre moyenne de feuille dans la pousse primaire

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Oragrandé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	11.6	10.8	10.6	7
Citrus Volkameraina	10	2.4	15.4	8.2



a -7feuilles

(PG.Citrus volkameriana
/V. Orograndé)



b-12 feuilles

(PG .Citrange carrizo
/V.Nules)



c-plus de 15 feuilles

(PG.Citrange carrizo
/V.Navelina)

Figure 47 : nombres de feuilles dans la pousse principale.

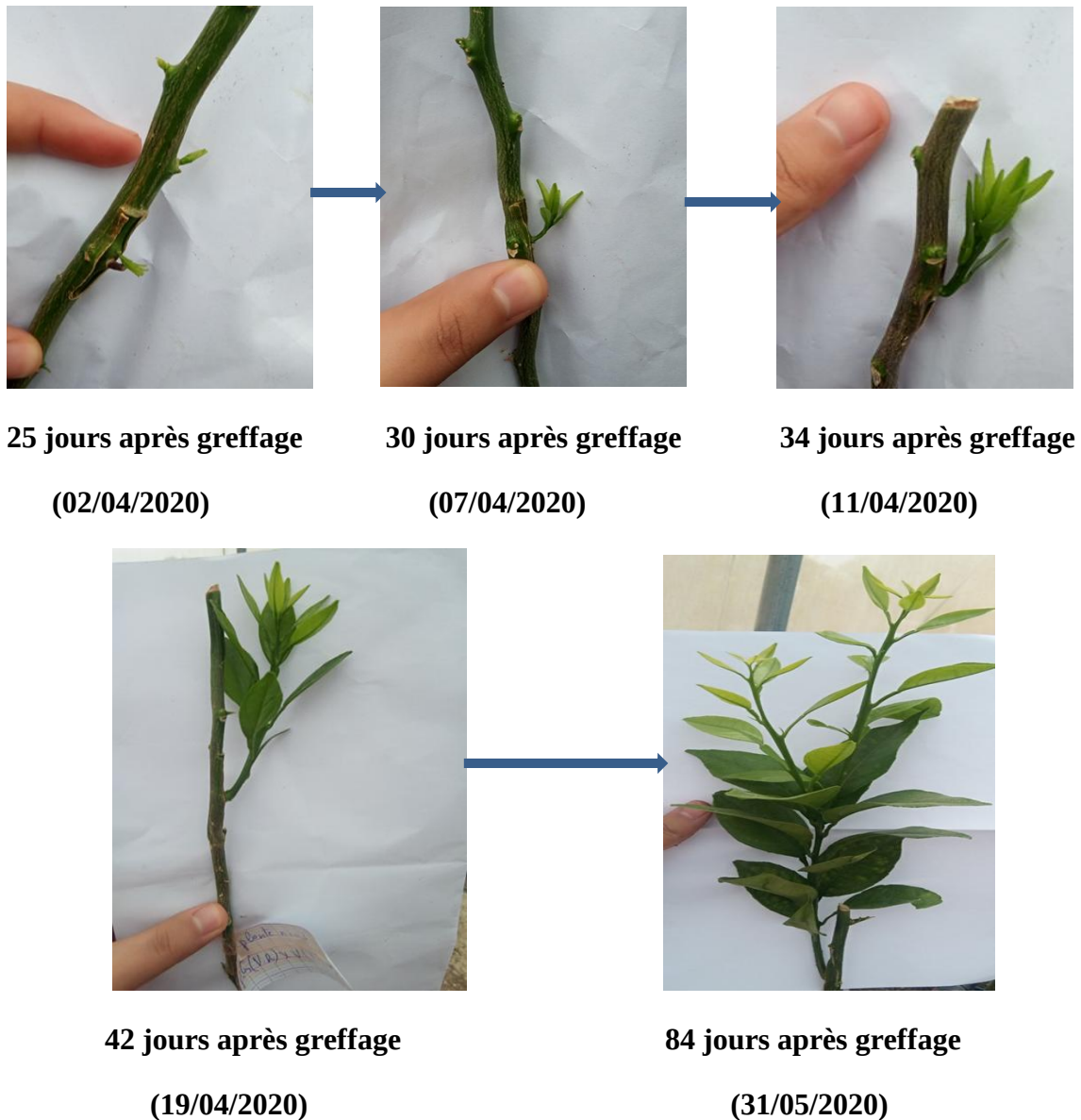


Figure 48: L'évolution de la pousse principale

3.1.7. Durée de reprise après greffage

Tableau 24 : Durée de reprise au greffage (Jour).

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	24 .6	23.2	24.8	25.2
Citrus Volkameriana	25.8	25	26.2	25.8

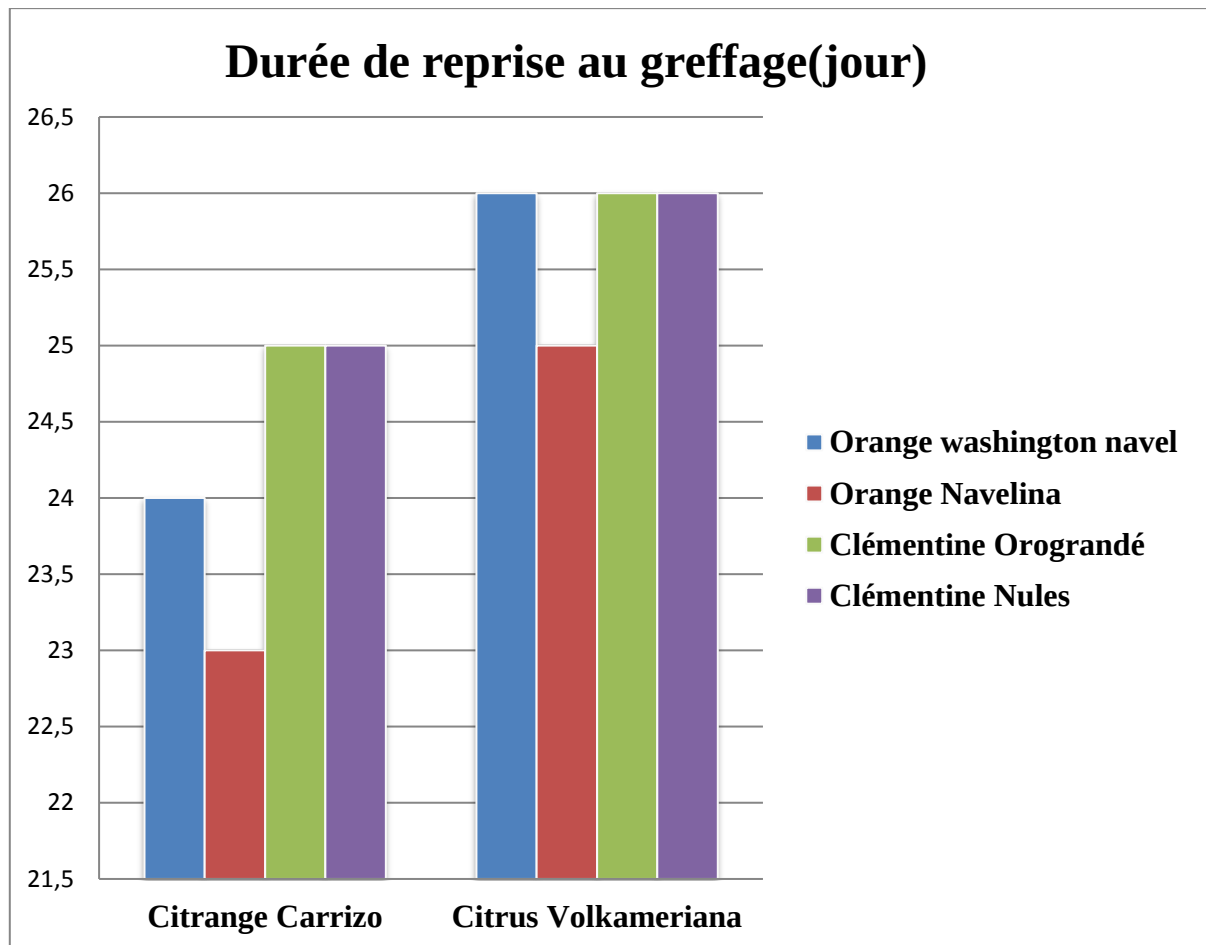


Figure 49 : La durée de reprise après greffage

-L'histogramme graphique (**figure 49**) présente la durée de reprise après greffage (jour) pour chaque variété de greffon et porte greffe .la durée la plus courte a été enregistrée chez les variétés greffées sur le porte- greffe Citrange Carrizo.

3.1.8. La reprise après greffage

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

Le taux de réussite final est déterminé à la fin des observations, soit le 31 Mai 2020 (84jours 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

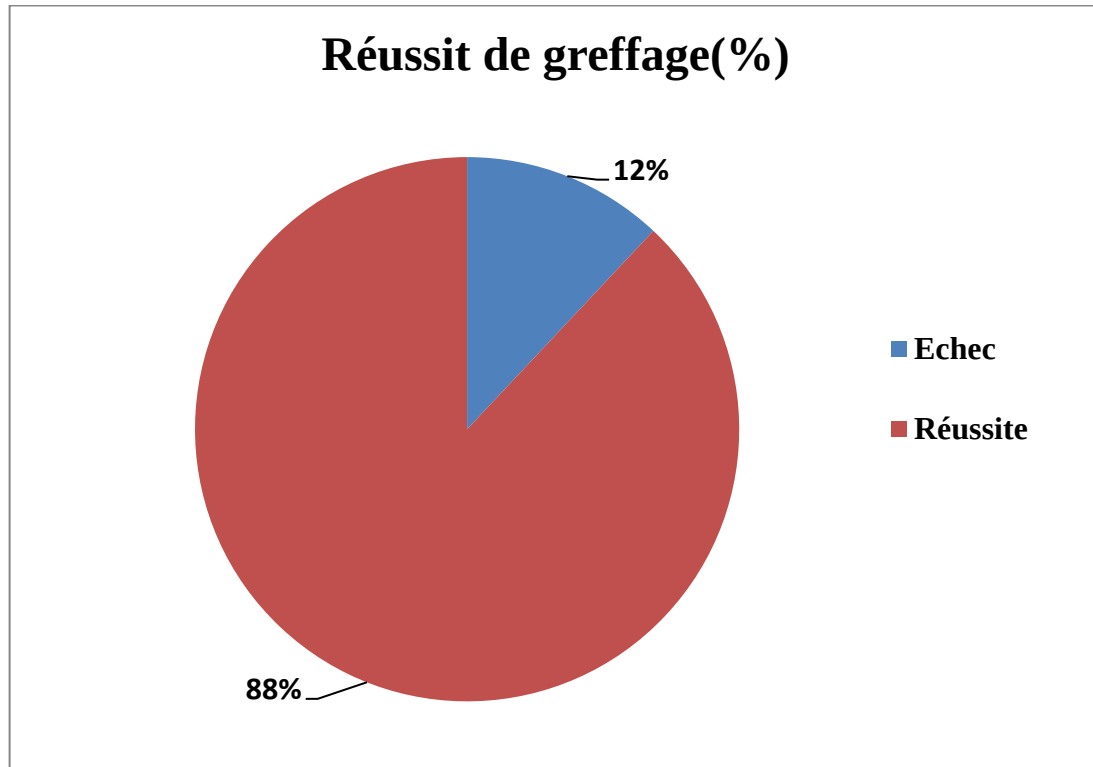


Figure 50: Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés.

Le taux d'échec de greffage est causé essentiellement par les conditions climatiques défavorables comme la température et l'humidité (le dessèchement, les maladies à champignons) et aussi par les ravageurs et affinité entre le porte-greffe et greffon (affinité faible).

-Il ya d'autres facteurs causé l'échec de greffage comme :

-l'état de porte-greffe

- La santé du porte greffe (chétif, attaqué).
- Le diamètre (les petits diamètres sont difficiles à pratiquer).

-L'état de greffon (bourgeons fragiles, pas vigoureuses, malade).

-La qualité de l'opération : la précision de l'assemblage est un facteur limitant.

- Les tissus ne sont pas en contact
- L'air passe entre le porte-greffe et greffon (l'ensemble va se de -sécher et empêcher toute soudure)

- Le repos végétatif du porte-greffe

Tableau 25 : Pourcentage de reprise au greffage (développement de la nouvelle pousse)

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	100%	100%	100%	80%
Citrus Volkameriana	80%	80%	80%	100%

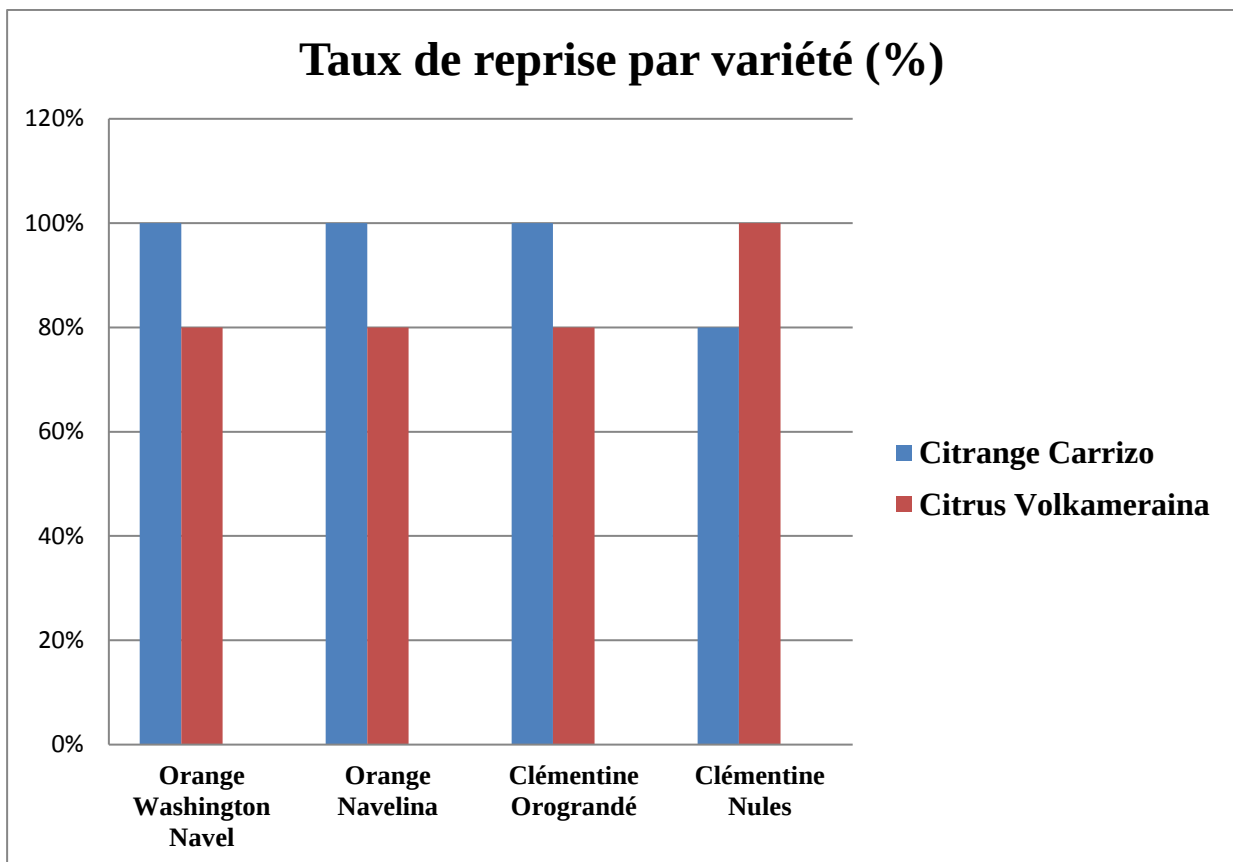


Figure 51 : Taux de reprise au greffage pour les quatre variétés de greffon

Le taux de reprise le plus élevée (100%) a été enregistré dans les colonnes des variétés Washington Navel, Navelina et Orograndé greffés sur le Citrange Carrizo et la variété Nules greffée sur le porte greffe Citrus Volkameriana.

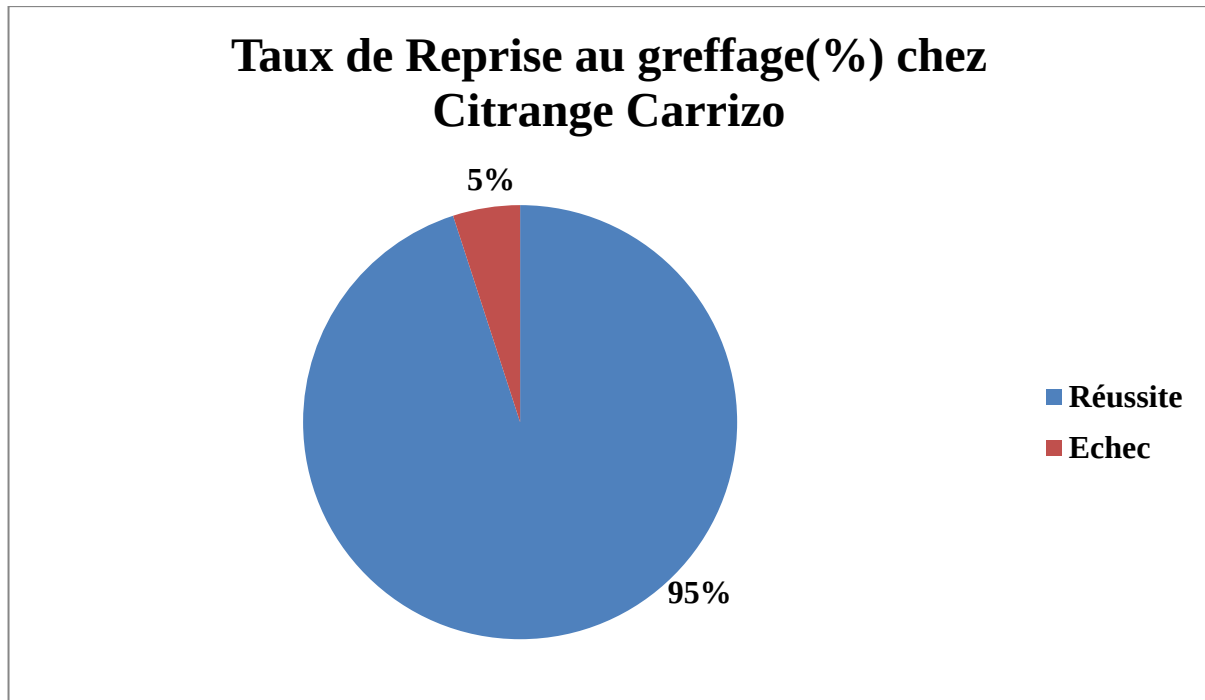


Figure 52 : Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés sur le porte-greffe Citrange Carrizo.

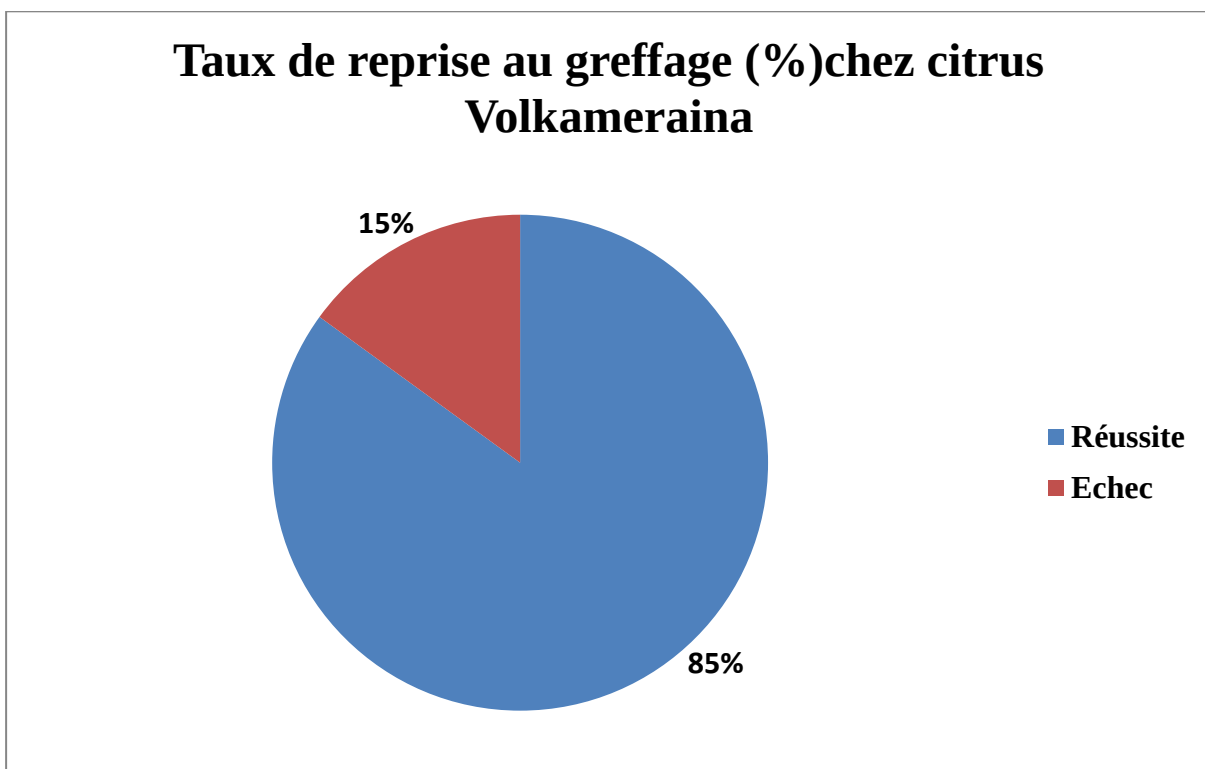
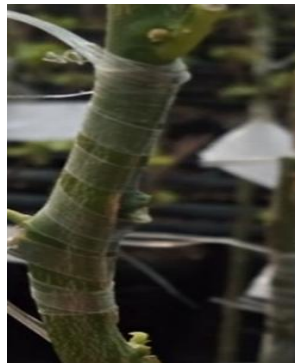


Figure 53 : Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés sur le porte-greffe Citrus Volkameriana.

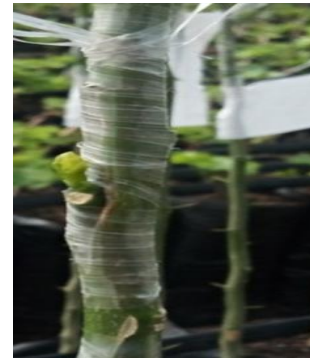
3.1.8.2. Les étapes de reprise au greffage



1. Fin de greffage
(15/03/2020)



2. Chute du bourgeon de greffon
(28/03/2020)



**3. Débourrement du
bourgeon (07/04/2020)**



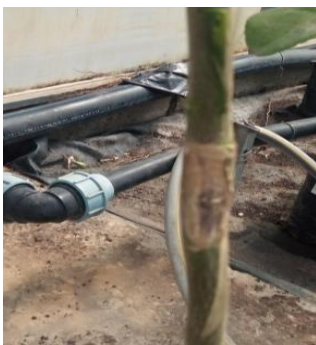
**4. Ouverture et enlèvement de
ligature avec une lame (13/04/2020)**



5. la nouvelle pousse
(13/04/2020)

Figure 54: Les étapes de reprise au greffage

3.1.8.3. Les causes d'échec de greffage



Echec du dessèchement



Echec du a la pourriture

Figure 55: Causes d'échec de 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.



Figure 56 : La mesure de la longueur de pousse principale par un mètre ruban.

Tableau 26 : Longueur moyenne de la pousse principale (cm)

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	23.5	27.8	19.4	18.2
Citrus Volkameriana	18.4	16	23	27.2

3.1.9.1. Longueur moyenne de la pousse primaire

Tableau 27: Longueur moyenne de la pousse primaire (cm)

Porte-greffe	Orange Washington Navel	Orange Navelina	Clémentine Orograndé	Clémentine Nules
Citrange Carrizo	3.8	9.6	4.1	2.8
Citrus Volkameraina	3.2	1	4.5	3.9

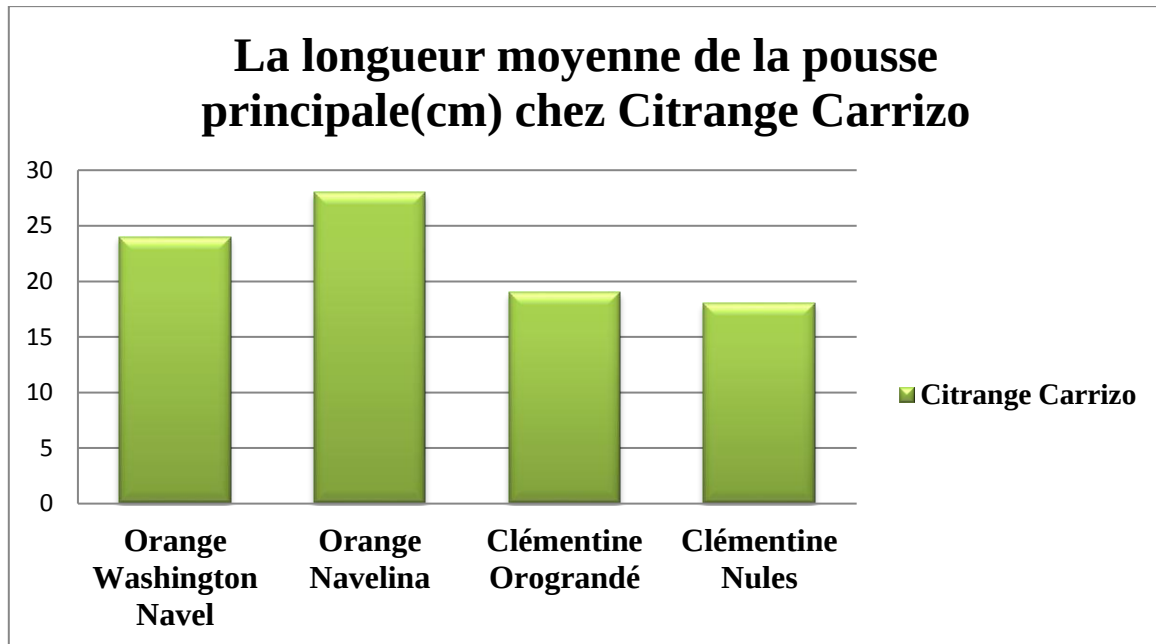


Figure 57 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrange Carrizo

-Dans le premier histogramme (Figure 57) la longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur le *citrange carrizo* le plus grande a été enregistrée dans les colonnes des variétés Navelina et Washington Navel (variétés d'Orange).

-Le développement des Variétés d'orange (Navelina et Washington Navel) est rapide sur le Citrange Carrizo.

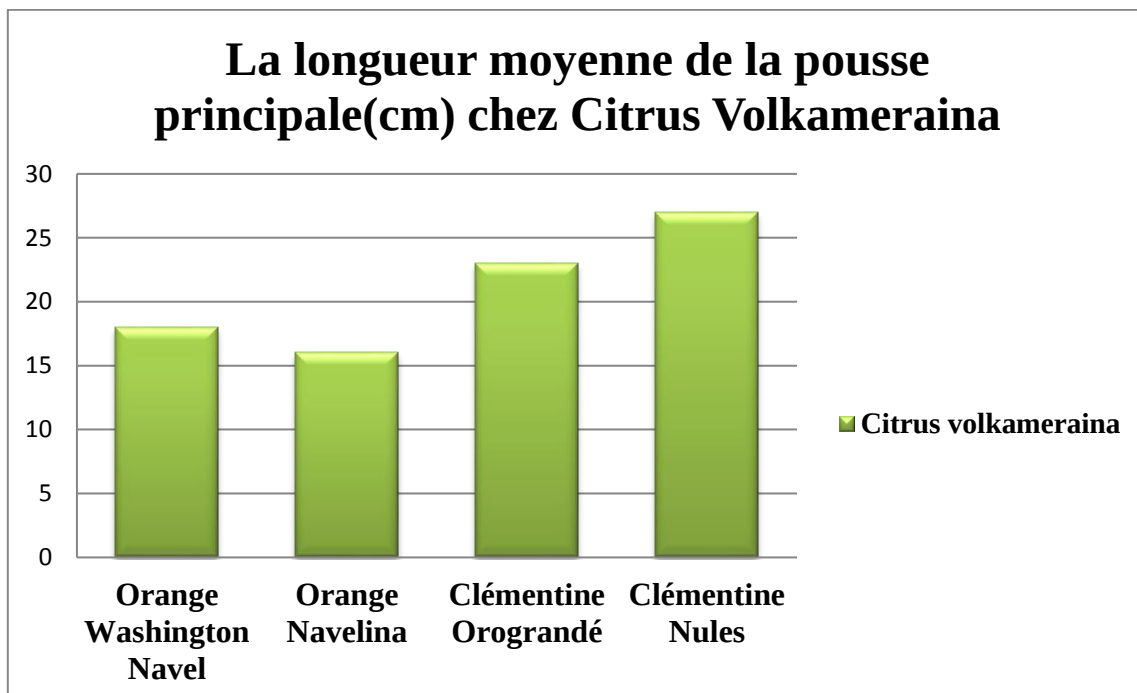


Figure 58 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrus Volkameraina.

-Dans le deuxième histogramme (Figure 58) 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 Nules et Orograndé (variétés de clémentine).

-Le développement des variétés de clémentine (Nules et Orograndé) est rapide sur le *Citrus Volkameriana*.

3.2. Etude et interprétation statistique

Une étude statistique a été effectuée par la comparaison des paramètres suivants :

- Durée de reprise de greffage
- Longueur de la pousse principale obtenue (les mesures se font 6 fois par des différentes dates)

1-comparaison entre les différentes variétés de greffon par test **d'ANOVA** (analyse de variance)

2-comparaison entre les deux porte- greffes par le **test t** (test de l'écart réduit)

Tableau 28 : La durée de reprise (Comparaison entre les différentes variétés).

ANALYSE DE VARIANCE					
Source des variations	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur F	Probabilité (>F)
Variétés	3	4.88	1.625	0.583	0.6305
Porte - greffes	1	9.03	9.025	3.238	0.0814
Interaction	3	0.68	0.225	0.081	0.9700
Résidus	32	89.20	2.788		
Total	39	103.97			

Tableau 29: La longueur de la pousse principale (Comparaison entre les différentes variétés).

ANALYSE DE VARIANCE					
Source des variations	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur F	Probabilité (>F)
Variétés	3	671	223.72	3.288	0.0215
Porte- greffes	1	21	21.42	0.315	0.5753
Interaction	3	199	66.21	0.973	0.4061
Résidus	232	15785	68.04		
Total	239	16676			

Tableau 30 : La durée de reprise (comparaison entre les deux porte-greffes)

Porte-greffe	Moyenne de groupe
Groupe Citrange carrizo	24.70
Groupe Citrus Volkameraina	25.65

t : -1.9025 , Degré de liberté : 32.818 , Valeur P: 0.06591

Intervalle de confiance 95% :

Inférieur :- 1.96613218 supérieur : 0.06613218

Tableau 31: La longueur de la pousse principale (comparaison entre les deux porte-greffes)

Porte-greffe	Moyenne de groupe
Groupe Citrange Carrizo	12 .25167
Groupe Citrus Volkameraina	12.84917

t :-0.55326 , Degré de liberté : 233.67 , Valeur P : 0.5806

Intervalle de confiance 95% :

Inférieur :-2 .725199 Supérieur : 1.530199

➤ Interprétation

On compare la valeur de P (probabilité) avec le seuil $\alpha = 0.05$, si la valeur de p calculée est inférieure à 0.05 le résultat du test est déclaré statistiquement significative.

a- comparaison de la durée de reprise pour les différentes variétés de greffon (test d'ANOVA)

1- (la variété) : on a la valeur $p = 0.6305$ est supérieur à le seuil $\alpha = 0.05$ donc on a une différence non significative entre la durée de reprise dans les quatre variétés de greffon (Washington navel, Navelina, Orograndé et Nules), et On a une homogénéité entre les différentes variétés de greffon. Cela signifie que la variété a un effet non significatif sur la durée de reprise au greffage.

2- (Porte-greffe) : on a la valeur $p = 0.0814$ est supérieure à le seuil $\alpha = 0.05$, donc on a une différence non significative entre la durée de reprise dans les deux variétés porte-greffe (Citrange Carrizo et Citrus Volkameraina), et on a une homogénéité entre les différents porte-greffes.

3-Interaction (Variété/porte-greffe) : On a la valeur $p=0.9700$ est supérieur à le seuil $\alpha=0.005$ donc on a une différence non significative et il y 'a pas d'une interaction entre la variété et le porte-greffe, On a une homogénéité entre les différentes compositions Variété /porte-greffe.

b-Comparaison de la longueur des pousses principales pour les différentes variétés de greffon (test d'ANOVA)

1-Variété : On a la valeur $p=0.021$ est inférieur à le seuil $\alpha=0.05$ donc on a une différence significative entre la longueur moyenne des pousses principales dans les quatre variétés de greffon, les valeurs ne sont pas homogènes pour les différents variétés. Cela signifie que la variété a un effet significatif sur la longueur de la pousse principale ce qui indique qu'il existe au moins deux variétés qui croient différemment et qui ont des longueurs moyennes différentes.

Afin de déterminer la paire de moyenne responsable de cette différence, on procède à un test post-hoc qui est le test de Tuckey.

Ce dernier indique que c'est les variétés Nules et Navelina qui ont des longueurs moyennes différentes, dont la variété Nules (15.36 cm) a une longueur moyenne supérieure à celle de la variété Navelina (10.95 cm).

2-Porte-greffe : On a la valeur $p=0.5753$ est supérieur à le seuil $\alpha=0.05$, donc on a une différence non significative entre la longueur moyenne des pousses principales dans les deux variétés de porte-greffes. Cela indique que la longueur moyenne des pousses principales est homogènes pour les différents variétés de porte – greffes

3-Interaction (variété/porte-greffe) : On a la valeur $p=0.4061$ est supérieure à le seuil $\alpha=0.05$ donc on a une différence non significative et il y'a pas d'une interaction entre la variété et le porte-greffe et on a une homogénéité entre les différents compositions variété/porte greffe.

c-Comparaison de la durée de reprise pour les deux porte-greffes (Test de l'écart réduit)

On a la valeur $p=0.06$ est supérieur au taux de risque $=0.05$, On indiquant par cela une différence non significative entre la durée de reprise pour les deux variétés de porte-greffes (Citrange carrizo et Citrus volkameriana).

d-Comparaison de la longueur des pousses principales pour les deux porte-greffes

Le test de l'écart réduit montre une probabilité p-value de l'ordre de 0.58 qui est largement supérieur au taux de risque $= 0.05$, en indiquant par cela une différence non significative entre les longueurs des pousses principales pour les deux variétés de porte-greffes ce qui signifie que les pousses croient du même taux pour les deux porte-greffes.

3.3. Discussion

Notre essai sur la comparaison en pépinière de quatre variétés d'agrumes sont l'Orange Washington Navel et Orange Navelina, Clémentine Orograndé et clémentine Nules, et 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 84 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 Washington navel, Navelina et Orograndé greffées sur le porte greffe citrange carrizo et aussi la variété Nules greffée sur le porte greffe Citrus volkameriana, les trois variétés Washington navel Navelina et orograndé greffées sur le citrus volkameraina ont enregistrée un taux de reprise de 80% ou il ya un taux d'échec de 20%, 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 caulogénèse.

-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 Navelina et Washington Navel greffées sur le porte greffe citrange carrizo donc on constate que le porte greffe citrange carrizo et le citrus volkameriana ont une différence de durée de reprise court avec un écart de 2jours.

-L'orsqu' on compare la durée de reprise entre les quatre variétés on peut les classer dans cet ordre : Orange Navelina puis orange Washington Navel puis Clémentine Orograndé et Nules.

-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 dela variété (croissance rapide) à un effet significative sur la croissance des pousses, se sont des facteurs génétiques.

➤ **La compatibilité et affinité entre le porte greffe et la variété :**

La mauvaise affinité est causée par la mauvaise connexion du système vasculaire des deux parties et aussi par un déséquilibre entre les vitesses de développement respectivement de la variété et du porte greffe et l'incompatibilité totale c'est le cas où les greffes ne se soudent pas (**Jacquemond C .et al ; 2009**).

-La variété de porte-greffe citrange carrizo a une meilleur affinité compatibilité avec l'orange Washington navel et la clémentine Nules (**Jacquemond C.et al, 2013**).

-la variété de porte greffe Citrus Volkameraina a une meilleur affinité compatibilité avec l'Orange Navelina et Clémentine Orograndé (**Jacquemond C.et al, 2013**).

Cet essai a permis de montrer que les deux porte- greffes utiliser sont tous les deux compatibles avec les différentes variétés de greffons et qu'il est nécessaire de continuer cette expérimentation pour voir l'évolution de la partie racinaire qui elle-même conditionne l'adaptabilité à travers différents types de sol et le taux de reprise lors de la transplantation.

CONCLUSION

Conclusion

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'influence de deux espèces de porte-greffes (Citrange Carrizo et Citrus Volkameriana) sur la reprise au greffage de quatre variétés d'agrumes sont : Orange Washington Navel, Orange Navelina, Clémentine Orograndé et Clémentine Nules. Notre essai a permis de faire une comparaison entre les portes greffes et variétés dans une serre multi -chapelle semi- automatique il nous a paru intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

A partir des différentes observations nous ont permis de mettre les interactions entre les porte –greffes et variétés et obtenus les résultats suivantes :

La serre multi- chapelle semi-automatique permet d'assurer un microclimat favorable aux plants (température et humidité), ce volume d'air et les aérations des toitures, permettent de limiter l'humidité importante d'hiver « responsable de pourriture » et aussi permet de protéger les plants contre la pluie, le vent et le gel, L'ombrage dû aux panneaux diminue le rayonnement solaire direct, responsable de brûlures foliaires à l'été et des coups de chaleur entraînant des arrêts de croissance végétative.

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.

Et permet de produire des plants qui constitueront le matériel végétal utilisé pour la création des futurs vergers. Du choix de ce matériel, des soins apportés à son développement pendant son séjour en pépinière, de la qualité des plants produits, dépendront en grande partie la longévité et la rentabilité des vergers.

La meilleur association de point de vue durée de reprise de greffage et état de développement des pousses et élevées avec citrange carrizo X Orange Navelina, c'est la combinaison entre le porte greffe le plus vigoureux et la variété la plus vigoureuse.

La compatibilité est l'un des critères très importants dans le choix du porte greffe dans plusieurs cas les problèmes d'incompatibilité n'apparaissent que bien plus tard en verger c'est la raison pour laquelle une attention particulière doit être accordée à ce paramètre.

Le porte-greffé idéal n'existe pas, il convient donc de retenir le meilleur compromis. En pépinière de production de plants, les porte-greffes sont obtenus par multiplication de semis.

La sélection de porte-greffes, mis à part les caractéristiques agronomiques et les problèmes d'incompatibilité avec le greffon, est essentiellement basée sur des critères sanitaires et plus particulièrement la tolérance du porte-greffé à la tristeza et la résistance ou la tolérance à la gommose due au Phytophthora. La sélection s'oriente vers l'adaptabilité de nouveaux porte-greffes à des conditions de sols lourds (Gilles, 2005).

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.

Il est intéressant de faire des essais et observations sur la partie racinaire (la vigueur et la longueur des racines, la croissance, adaptation aux sols salins, alcalins, calcaires et stress hydrique, l'absorption des nutriments, la tolérance aux nématodes et parasites du sol) avec des comparaisons entre les différentes associations que nous avons commencées, et pour confirmer l'affinité définitive entre les associations il faut suivre l'évolution des arbres plantés sur les vergers agrumicoles de production pendant plusieurs années pour pouvoir déterminer quelques indices d'affinité et de compatibilité (adaptation aux sols, adaptation au climat, tolérance aux maladies et parasites, la qualité des fruits, productivité) entre les différents porte-greffes et variétés des agrumes.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

ACTA., 2008. Guide pratique de défense des cultures, Association de Coordination Technique Agricole, Paris, 867p

ANDRE C, MICHEL J. SERGE H et DOMINIQUE N., 1997- L'amélioration des plantes Tropicales

Ed .CIRAD, France, 17P.

AUBERT B, 1995 -Les petits agrumes : Une gamme à part entière.

Ed.CIRAD, France.

ANONYME., 2013-Agence Nationale de Développement de L'investissement.

ANONYME, 2007- Agriculture et développement. Revue de vulgarisation et de communication. N004, INVA, 71p

AUBERT B. et VULLIN G., 1997- Pépinière et plantation des agrumes.

Ed .CIRAD, Quae, France.184p.

BACHÉ M., 2004-Agrumes : Comment les choisir et les cultiver facilement

Ed .INRA, Paris, 210p.

BARCHICHE K., 1987- Production hors soldes plants d'agrumes

Premier séminaire sur les agrumes à chlef du 02à04 mars, pp2-8

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.

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

Ed.ONPU, Algérie.

BRUNO T., 2012- La pépinière d'agrumes, manguiers et avocats au Sénégal.

Ed .FAO, Sénégal, 11 -13 pp.

CASSIN J., 1983-Diversification agricole et travaux de la station de recherches agronomiques de son Guiliana en corse. Colloque agrumicole du CLAM

Ed. catarria-paterno, Italie.

CHAMPAGNAT., 1980-La greffe végétale dans la multiplication végétatives des plantes supérieur de CHAUSSAT R., et BIGOTC.

Ed. GOUTIER-VILLARS, paris, 510P.

CHENTLY C .et CHERQUI F., 1996-Etude de greffage sur table de trois variétés de pommier .Th.Ing.INRA.El Harrach, 82P.

DAVIES F.S et ALBRIGOL L.G., 1990-Citrus crop production science in horticulture 2.

Ed.CAG international,Wallin Ford.USA .254P.

DE-ROCCA-SIERRA D. et OLLITRAULT P., 1992 - Les ressources génétiques chez les agrumes. Le courrier de l'environnement de l'INRA, 3 p

Dépliant pépinière EL-Nakhla

DSA 2017(Direction des services agricoles), Wilaya de Ain defla (2016-2017).

DSA 2018 (Direction des services agricoles), Wilaya de Chlef (2017-2018).

DSA 2020(Direction des services agricoles), Wilaya de Ain defla(2019-2020).

ESCLAPONG D R., 1975-Les agrumes.

Ed. La Somivac, Corse, n° 68, 12 p

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

FAO., 2016 FAOSTATS <http://WWW.fao.org/faoqtat/fr/#data/QC>

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

GRISONI, M., 2003- LA culture des agrumes à l'île de la réunion.

Ed. CIRAD, France

GUENOUNI et KACEMI., 2013.

HOUAOURA., (2013) - Production des agrumes : Comment augmenté le rendement ?

ITAF., 1995- Conduite d'un verger d'agrumes. ITAF, Algérie.

ITAF., 2020-Création et Conduite d'une pépinière agrumicole (plante grumes).ITAF, Algérie.

JACQUELOND C., CURK F., et HEUZET M., 2013-Les Clémentiniers et les autres petits agrumes.

Ed.Quae, France ,192P.

JACQUEMOND C., AGOSTINI D.et CURK F., 2009-Des agrumes pour l'algerie

Bureau d'ingénieur en horticulture et agro-industrie, P4.

JAMOUCSI B., 1995.

POLESE J., 2008- La culture des agrumes.

Ed .ARTEMIS, France ,78 P.

KHEFIFI H ., 2015- Etudes physiologiques et génétiques de caractères morpho-physico-chimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à l'abscission.

Ed .INRA, France, p17.

KLOTZ L.J. et FAWCETT H.-S., 1952. - Maladies des Citrus.

Ed. Setco, Institut des Fruits et Agrumes coloniaux, France, 152 p.

LAMBERT D ; Les greffes de printemps.

LEBDI G. 2010- Les-exigences-edapho-climatiques-des-agrumes

Loussert R., 1987-Les agrumes arboriculture. Ed. Lavoisier, Paris, Vol n°1, 113p

LOUSSERT R., 1989b-Les agrumes, arboriculture.

Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris, 113p.

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

OLLITRAULT P., 2006-Organisation et déterminants de la variabilité phénotypique chez les agrumes; Implications sur les stratégies d'amélioration variétale.

Ed. CIRAD, Corse, PP 12- 13.

PASSINETI F., 1952- Les maladies de dépérissement des agrumes

Ed. ORSTOM, n° 1785

PRALORAN J.C., 1971-Les agrumes, techniques agricole et productions tropicale
Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 561 p.

REBOUR H., 1966 – Manuel de culture des Citrus pour le bassin Méditerranéen. Ed. Baillié et fils, Paris, 264 p.

REYNIER A., 2001-Manuel de viticulture ,8ème 2dition

SWINGLE et REECE., 1967-Citrus, Genitics, Breeding and biotechnology

Ed . IQRAR AHMAD, KHAN, France.

TANAKA T. 1961-Citrologia :semi centennial commemoration papers on citrus studies Osaka japan

VIRBEL-ALONSO C., 2011- Citron et autres agrumes. Ed. Groupe Eyrolles, 15 p. Aubert Guy, (1978) - Méthodes des analyses des sols, centre nationale de documentation pédologique – CR/DP Marseille, 198p

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

WALALI L., SKIREDJ A. et ELATTI H., 2003- Transfert de la technologie en agriculture, fiche technique (bananier, la vigne et les agrumes).

Ed. PNTTA , Maroc, 3p.

Liens internet consultés

<https://www.elwatan.com/a-la-une/desorganisation-de-la-filiere-agrumicole-quand-les-circuits-de-distribution-cassent-la-dynamique-de-production-28-01-2019>.

https://agritrop.cirad.fr/534618/1/document_534618.pdf.

<http://bacteries-champignons.blogspot.com/2012/02/choix-du-porte-greffe-des-agrumes.html>.

<https://www.agrimaroc.ma/cultures-in-vitro>.

[content/uploads/sites/28/2017/05/la_multiplication_des_plants_par_bouturage_marcottage_et_greffage.pdf](#).

<https://plandejardin-jardinbiologique.com/surgreffage-des-arbres.html>.