

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2017

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

Mr. FEKHAR Mustapha

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité: AMELIORATION DES PRODUCTIONS VEGETALES

THÈME

Etude comparative de greffage de trois variétés de porte-greffes d'agrumes (cas de *Citrus Volkameriana*, *Citrangé Carrizo* et *Poncirus Trifoliata*) avec trois variétés de greffons dans différents milieux

Soutenue publiquement le 14 / Juin / 2017

DEVANT LE JURY

| | | |
|------------|-----------------------------|---------------------|
| Président | Mr. YUCEF BENKADA Mokhtar | Prof. U. Mostaganem |
| Encadreur | Mr. TADJA Abdelkader | MC. B U. Mostaganem |
| Examineurs | Mr. DEBBA Mohamed El Bachir | MA. A U. Mostaganem |








Thème réalisé dans la pépinière Garden CHERAGA - ALGER



Dédicace Dédicace

A la fin de ce travail, je remercie le bon dieu l'unique maitre des terres et des cieux de m'avoir donné la foi et le courage pour atteindre mon objectif.

Je tiens à dédier mon modeste travail à :

-  *Ma très chère mère, et mon adorable père, qui ma bien élevés et bien éduqués et pour leurs soutiens inconditionnels grâce auquel, j'ai eu la chance de réaliser mes études,*
-  *Ma très chère épouse, qui m'aider de tout ce qu'elle possède.*
-  *Mes chers frères et mes chères sœurs : qui ont été le meilleur soutien chacun de sa manière. Et toute la famille de près ou de loin.*
-  *Tous mes collègues de la promotion d'agronomie (2016-2017) et surtout celle d'APV, n'oubliant pas mon très cher amis MOUSSAOUBRAHIM Aissa.*
-  *Mes mètres de terrain : Mr. KIZANE Miloud, Mr. KARBOUCHE Aissa et Mr. TAMINA Said.*
-  *A la société GARDEN pépinière.*
-  *A tous mes enseignants et toute la communauté scientifique qui donne un plus à l'humanité.*

Mustapha



Remerciements Remerciements

Avant tout, je rends grâce à DIEU le tout puissant, qui m'a donné la force et la patience afin de réaliser ce modeste travail.

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet :

A nos chers parents qui nous ont mis au monde et qui se seront tant sacrifiés pour nous.

A tous les enseignants dès les années de primaires jusqu'à la graduation, qui n'ont jamais hésité à nous faire profiter de leur expérience qu'ils éclairés notre chemin.

Je tenu à exprimer toute mon reconnaissance et gratitude à mon promoteur Mr. TADJA Abdelkader, qu'il a encadré tout au long de ce travail et encouragé à valoriser mes connaissances acquises

Je n'oublie pas d'associer à mes remerciements les responsables de la pépinière GARDEN à Alger, surtout Mr. BEN ABBES Abdeldjebar et Mr. FERMECHE Abdelkader pour leur encadrement.

Je tiens aussi à remercier vivement l'ensemble de jury, pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant de juger mon travail.

Je ne peux manquer de remercier mes collègues de ma spécialité APV, en leur souhaitant tous succès dans la vie.

Mustapha

Résumé

L'agrumiculture occupe une position importante dans l'économie nationale et mondiale. Le greffage est une technique de multiplication et d'amélioration utilisée chez les arbres fruitiers, consiste à associer les avantages de la partie souterraine par le porte-greffe avec les avantages de la partie aérienne par le greffon. Mais, l'utilisation variée de plusieurs porte-greffes peut répondre à des problèmes d'exploitation de terres agricoles élargis, des stress salin, l'économie d'eau, amélioration des affinités avec des variétés de greffon.

Cet essai est réalisé dans la pépinière de Garden à Alger, afin d'étudier la compatibilité et affinité par le suivi de taux de reprise au greffage de trois variétés greffons d'agrumes (Orange Navelina, Clémentine Nules et Citron Eureka) greffées -en écusson- sur trois porte-greffes nouveaux (Citrus Volkameriana, Citrange Carrizo et Poncirus Trifoliata), et installés dans des milieux de culture différents (serre chauffée, serre ordinaire et en plein champ). La comparaison de ces trois paramètres entre les différentes associations nous a donné ces résultats : la serre chauffée donne des bons résultats de greffage, le porte-greffe Citrus Volkameriana est le plus vigoureux, par contre le Poncirus Trifoliata présente des taux de reprise faible surtout avec la variété Citron Eureka et en plein champ, la meilleure association est : Citrus Volkameriana X Orange Navelina. Ces résultats pouvant déterminer un bon choix pour les pépiniéristes agrumicoles.

Mots-clés : Agrumes ; Greffage ; Porte-greffe ; Milieux de culture ; Affinité, Compatibilité.

Abstract

Citrus cultivation occupies an important position in the national and global economy. Grafting is a technique of multiplication and improvement used in fruit trees, where it consists of associating the advantages of the underground part by the rootstock with the advantages of the aerial part by the graft. However, the varied use of several rootstocks can address problems of salt stress, saving water, exploiting agricultural land, and enhancing the affinities with various grafts.

These tests are carried out in "Garden" plant nursery in Algiers, in order to study the compatibility and affinity by monitoring grafting recovery rates of three varieties of citrus grafts (Orange Navelina, Clementine Nules and Lemon Eureka) grafted onto three new rootstocks. (Citrus Volkameriana, Citrange Carrizo and Poncirus Trifoliata), and installed in three different growing conditions (heated greenhouse, ordinary greenhouse and outdoors).

The comparison of these three parameters between the different associations gave us these results: the greenhouse heated gives good grafting results, the Citrus Volkameriana rootstock is the most vigorous, while the Poncirus Trifoliata has low recovery rates, especially with The Citron Eureka variety and in outdoors, the best association is: Citrus Volkameriana X Orange Navelina. These results can be a good choice for citrus growers.

Keywords: Citrus; Grafting; Rootstock; Graft variety; Growing conditions; Affinity; Compatibility.

ملخص

تحل الحمضيات مكانة اقتصادية هامة في الجزائر وفي العالم، ويعتبر التطعيم طريقة ناجحة لتكثير الأشجار المثمرة وتحسينها، حيث يتم بالجمع بين محاسن الجزء الجذري للشجرة بواسطة حامل الطعم ومحاسن الجزء الأخضر من خلال نوعية الطعم المراد تكثيره. كما أن الاستخدام المتنوع لحوامل الطعم يعد ناجعا في حل الكثير من مشاكل ملوحة التربة، اقتصاد استعمال الماء، استغلال الأراضي الصالحة للزراعة وكذا تحسين مستوى التوافق مع شتى الطعوم.

أنجزت هذه التجربة في مشتل "جاردن" بالجزائر العاصمة، من أجل دراسة مدى القابلية والتوافق بين الجزئين العلوي والسفلي من خلال متابعة نسبة نجاح عملية التطعيم وتطور الشتائل لثلاثة أنواع جديدة من حوامل الطعم (Citrus Volkameriana، Citrange Carrizo و Poncirus Trifoliata) قمنا بتطعيمها بثلاثة أنواع من الحمضيات (البرتقال Navelina، الكليمونتين Nules والليمون Eureka) في ثلاثة أوساط زرع مختلفة. وقد تحصلنا من خلال مقارنة هذه المعايير على هذه النتائج: البيت البلاستيكي المسخن يعطي نجاح كبير لعملية التطعيم، حامل الطعم Citrus Volkameriana هو الأقوى والأسرع من بين الثلاثة الأنواع المدروسة ونقيضه هو Poncirus Trifoliata خاصة مع طعم الليمون وفي الظروف الخارجية، أما أحسن الروابط المجربة هي Citrus Volkameriana X Orange Navelina، هذه النتائج ستسهل على منتج الشتائل اختيار أحسن الروابط في الحمضيات.

الكلمات المفتاحية: الحمضيات، التطعيم، حامل الطعم، نوعية الطعم، الوسط الحيوي، القابلية والتوافق.

SOMMAIRE

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Listes des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

| | |
|---|----|
| 1. Origine, Histoire et importance économique des agrumes | 2 |
| 1.1. Historique et répartition des agrumes | 2 |
| 1.2. Systématique | 3 |
| 1.3. Production agrumicole | 3 |
| 1.3.1. Dans le monde | 3 |
| 1.3.2. En l'Algérie | 3 |
| 1.3.3. Composition variétale et âge du verger agrumicole | 5 |
| 2. Classification, génétique, et caractéristique botanique | 5 |
| 2.1. Classification | 5 |
| 2.2. Diversité génétique des agrumes | 6 |
| 2.2.1. Génétique des agrumes | 6 |
| 2.2.2. Les origines de la diversité des agrumes | 6 |
| 2.2.3. Diversité inter-générique | 7 |
| 2.2.4. Diversité interspécifique du genre Citrus de nombreux hybrides naturels | 8 |
| 2.2.5. Diversité intra-spécifique : croisements inter-variétaux et sélections de mutations spontanées | 9 |
| 2.2.6. L'exploitation de la diversité par l'homme: créer de la variabilité | 10 |
| 2.3. Les organes des agrumes et leur développement | 11 |
| 2.3.1. Le système racinaire | 11 |
| 2.3.1.1. Morphologie | 11 |
| 2.3.1.2. Rôle | 12 |
| 2.3.1.3. Croissance | 12 |
| 2.3.1.4. Les facteurs de variation de la croissance racinaire | 13 |
| 2.3.2. Le système aérien | 14 |
| 2.3.2.1. Le tronc | 14 |
| 2.3.2.2. Les ramifications | 14 |
| 2.3.2.3. Les feuilles | 14 |
| 2.3.2.4. Les fleurs | 15 |
| 2.3.2.5. Les fruits | 15 |
| 2.3.2.6. Morphologie et rôle des ramifications | 16 |
| 2.3.2.7. Croissance végétative | 17 |

| | |
|--|----|
| 3. Exigences pédoclimatiques des agrumes | 18 |
| 3.1. Exigences climatiques | 18 |
| 3.1.1. Pluviométrie | 18 |
| 3.1.2. Température | 19 |
| 3.1.3. Gelé | 19 |
| 3.1.4. Vent | 20 |
| 3.1.5. Hygrométrie | 20 |
| 3.2. Exigences édaphiques | 20 |
| 3.2.1. Texture et structure | 20 |
| 3.2.2. Composition | 21 |
| 3.2.3. PH | 21 |
| 3.2.4. La pente et son exposition | 21 |
| 4. Maladies et ravageurs | 21 |
| 4.1. Maladies virales | 21 |
| 4.1.1. Tristeza | 22 |
| 4.1.2. Exocorti | 22 |
| 4.1.3. Psoros | 22 |
| 4.1.4. Cachexi | 23 |
| 4.2. Maladies bactériennes | 23 |
| 4.2.1. Stubborn | 23 |
| 4.2.2. Chancre bactérien d'agrumes | 23 |
| 4.2.3. Xanthomonas | 23 |
| 4.3. Maladies cryptogamiques | 23 |
| 4.3.1. Pourriture sèche des racines | 23 |
| 4.3.2. Pourridié des racines | 23 |
| 4.3.3. Gommose à Phytophthora | 24 |
| 4.3.4. Malsecco | 24 |
| 4.3.5. Fumagine | 24 |
| 4.3.6. Anthracnose | 24 |
| 4.3.7. Blight | 24 |
| 4.4. Ravageurs | 25 |
| 4.4.1. Pucerons (Aphis spiraecola) | 25 |
| 4.4.2. Lépidoptères (Phyllocnistis citrella) | 25 |
| 4.4.3. Cochenilles (Coccus) | 25 |
| 4.4.4. Acariens | 26 |
| 4.4.5. Cératite (mouche méditerranéenne) | 26 |
| 4.4.6. Aleurodes (mouche blanche) | 26 |
| 4.4.7. Nématodes | 26 |
| 4.5. Maladies physiologiques | 26 |
| 4.5.1. Les symptômes des carences | 26 |
| 4.5.2. Protection phytosanitaire | 27 |
| 5. Les techniques de production de plants d'agrumes | 27 |
| 5.1. Production en plein champ : méthode classique | 27 |
| 5.2. Production en 'hors sol' sous serre | 29 |
| 5.3. Production de plants d'agrumes in vitro | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4. La micropropagation | 30 |
| 5.5. La culture se méristème ou d'apex | 30 |
| 5.6. Le microgreffage d'apex | 30 |
| 5.7. Le greffage d'embryon | 31 |
| 6. Amélioration et multiplication des agrumes | 31 |
| 6.1. Les objectifs de l'amélioration en arboriculture fruitière | 31 |
| 6.2. La multiplication sexuée ou par semis | 31 |
| 6.3. La multiplication asexuée ou végétative | 32 |
| 6.3.1. Modes de multiplication utilisés chez les agrumes | 32 |
| 6.3.1.1. Le marcottage | 32 |
| 6.3.1.2. Le greffage | 32 |
| 7. Greffage des agrumes | 32 |
| 7.1. Pourquoi greffer ? | 32 |
| 7.2. Les avantages du greffage | 33 |
| 7.3. Les techniques de greffage | 33 |
| 7.3.1. Les techniques de greffage utilisées chez les agrumes | 33 |
| 7.3.1.1. La greffe en écusson | 33 |
| 7.3.1.2. La greffe en placage d'un œil en copeau 'chip budding' | 32 |
| 7.3.1.3. La greffe en fente simple | 36 |
| 7.3.1.4. La greffe en couronne perfectionnée dite 'Du Breuil' | 37 |
| 7.4. Matériel de greffage | 37 |
| 7.5. Les conditions de réussite de greffage | 38 |
| 7.6. Mécanisme de soudure ou Callogénèse | 39 |
| 7.6.1. Explication physiologique de l'opération de greffe | 40 |
| 7.6.2. L'affinité entre le greffon et le porte-greffe | 42 |
| 7.7. Les incompatibilités de greffage | 43 |
| 7.7.1. Incompatibilité totale | 43 |
| 7.7.2. Incompatibilité mécanique dans l'union ou localisée | 43 |
| 7.7.3. Incompatibilité biochimique dite transloquée ou foliaire | 44 |
| 7.7.4. Incompatibilité virale | 44 |
| 7.8. Le surgreffage | 45 |
| 7.9. Les interactions entre le porte-greffe et la variété greffon | 46 |
| 7.9.1. Influence intrinsèque du porte-greffe et la variété greffon | 46 |
| 7.9.1.1. Influence sur la vigueur | 46 |
| 7.9.1.2. Influence sur l'entrée en fructification et la longévité | 46 |
| 7.9.1.3. Influence sur la floribondité et productivité | 47 |
| 7.9.1.4. Influence sur la maturité des fruits et la récolte | 47 |
| 7.9.1.5. Influence sur la qualité des fruits | 47 |
| 7.9.1.6. Influence sur la résistance au climat et aux maladies et parasites | 47 |
| 7.9.2. Influences réciproques de la variété greffon et du porte-greffe sur la nutrition de l'arbre | 48 |
| 8. Les Variétés d'agrumes | 49 |
| 8.1. Les objectifs d'amélioration des cultivars | 49 |
| 8.2. Les critères de choix de variété | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 8.3. Les variétés cultivées d'agrumes | 51 |
| 9. Les porte-greffes d'agrumes | 51 |
| 9.1. Les critères d'amélioration des porte-greffes | 51 |
| 9.2. Les critères de choix des porte-greffes | 52 |
| 9.3. La sélection des porte-greffes | 52 |
| 9.4. Les principaux porte-greffes d'agrumes | 52 |
| 9.5. Les porte-greffes conventionnels utilisés en Algérie | 53 |
| 10. Certification du matériel végétale agrumicole et les normes de production de plants | 53 |
| 10.1. Le contrôle variétal et le contrôle sanitaire | 54 |
| 10.1.1. Le contrôle au champ | 54 |
| 10.1.2. Le contrôle au laboratoire | 54 |
| 10.2. Les variétés admises à la certification | 54 |
| 10.3. Les catégories du matériel végétal certifié | 54 |
| 10.4. Les normes phyto-techniques | 54 |
| 10.4.1. La semence | 54 |
| 10.4.2. Les porte-greffes | 55 |
| 10.4.3. Le plant greffé | 55 |
| 10.5. Les normes phytosanitaires | 56 |
| 10.6. L'emballage | 56 |

PARTIE EXPERIMENTALE

| | |
|---|-----------|
| I. MATERIEL ET METHODES | 57 |
| 1. Objectif de l'essai et lieu de l'expérimentation | 57 |
| 1.1. Objectif | 57 |
| 1.2. Présentation de lieu de l'expérimentation | 57 |
| 1.3. Les services de la pépinière | 58 |
| 2. Matériel végétale | 58 |
| 2.1. Caractéristiques des porte-greffes étudiés | 58 |
| 2.1.1. Critères de choix de bon plant du porte-greffe | 58 |
| 2.1.2. Comparaison entre les porte-greffes étudiés | 59 |
| 2.2. Caractéristiques des variétés étudiées | 62 |
| 3. Protocole expérimental | 63 |
| 3.1. Présentation de l'essai | 63 |
| 3.2. Dispositif expérimentale | 63 |
| 4. Préparation des plants avant greffage | 65 |
| 5. Le greffage | 65 |
| 6. Entretien des plants après greffage | 67 |

| | |
|--|----|
| II. RESULTATS ET DISCUSSION | 69 |
| 1. Résultats | 69 |
| 1.1. Les paramètres mesurés | 69 |
| 1.2. Les paramètres considérés sur le taux de réussite | 69 |
| 1.3. La hauteur de point de greffe | 69 |
| 1.4. Température et Humidité | 69 |
| 1.5. Nombre pousses principales | 70 |
| 1.6. Durée de reprise au greffage | 71 |
| 1.7. La reprise au greffage | 71 |
| 1.7.1. Le taux de reprise au greffage | 72 |
| 1.7.2. Les étapes de reprise au greffage | 74 |
| 1.7.3. Les causes d'échec de greffage | 74 |
| 1.8. Longueur moyenne de la pousse principale | 75 |
| 2. Etude et interprétation statistique | 77 |
| 3. Discussion | 78 |
| 3.1. Durée de reprise au greffage | 78 |
| 3.2. Taux de reprise au greffage | 78 |
| 3.3. Longueur moyenne de la pousse principale | 79 |
| 3.4. Compatibilité et affinité des associations porte-greffe/variété | 79 |
| Conclusion générale | 80 |

Références bibliographiques

Annexe

LISTE DES FIGURES

- Figure 1** : Développement de production d'agrumes dans le monde
- Figure 2** : Comparaison de production d'agrumes en Algérie 2014
- Figure 3** : Classification simplifiée des agrumes
- Figure 4** : Structuration de la diversité génétique du genre Citrus
- Figure 5** : Croisements contrôlés dans le groupe des petits agrumes de type mandarine et clémentine
- Figure 6** : Croissance végétative, croissance racinaire et absorption racinaire d'un agrume
- Figure 7** : Représentation de quelques types de feuilles
- Figure 8** : La fleur des agrumes
- Figure 9** : Coupe d'une orange
- Figure 10** : Le navel de l'orange
- Figure 11** : Symptômes de l'Exocortis
- Figure 12** : Symptômes de Psoros
- Figure 13** : Symptômes de Phytophthora
- Figure 14** : Symptômes de Blight
- Figure 15** : Puceron
- Figure 16** : La mineuse
- Figure 17** : Cochenille
- Figure 18** : La mouche
- Figure 19** : Les nématodes
- Figure 20** : Pépinière traditionnelle
- Figure 21** : Un semis de bigaradier
- Figure 22** : Pépinière moderne
- Figure 23** : Technique du greffage en écusson
- Figure 24** : Technique du greffage en placage
- Figure 25** : Technique du greffage en fente herbacée
- Figure 26** : Technique du greffage en couronne
- Figure 27** : Sécateur
- Figure 28** : Couteau de greffage
- Figure 29** : Coupe transversale d'un tronc d'arbre
- Figure 30** : Le mécanisme de soudure entre le greffon et le porte-greffe
- Figure 31** : Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes

Figure 32 : Pépinière Garden, Alger

Figure 33 : Cite de la pépinière d'agrumes GARDEN

Figure 34 : Différents problèmes de plants

Figure 35 : Les trois positions de l'essai

Figure 36 : Dispositif général d'essai

Figure 37 : Serre tunnel

Figure 38 : Parc à bois

Figure 39 : Greffons

Figure 40 : Les étapes de greffage

Figure 41 : La ligature plastique de greffe

Figure 42 : Ebourgeonnage

Figure 43 : Premier pincement

Figure 44 : Deuxième pincement

Figure 45 : Représentation schématique d'un plant greffé

Figure 46 : Nombre de pousses principales

Figure 47 : Les différentes formes et nombre de feuilles de nouvelles pousses

Figure 48 : La durée de reprise au greffage

Figure 49 : Les épines dans l'écusson

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

Figure 51 : Représentation de taux de reprise au greffage dans les trois milieux

Figure 52 : Représentation de taux de reprise au greffage des trois porte-greffes

Figure 53 : Les étapes de reprise au greffage

Figure 54 : Causes d'échec de greffage observées

Figure 55 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrus
Volkameriana

Figure 56 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrange
Carrizo

Figure 57 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Poncirus
Trifoliata

Figure 58 : Fiche technique de l'essai

Figure 59 : Fiche de suivi de chaque plant

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les rendements par régions par ordre décroissant

Tableau 2 : Les principales variétés cultivées d'agrumes

Tableau 3 : Les principaux porte-greffes d'agrumes

Tableau 4 : Caractéristiques phytotechniques des semences de porte-greffes utilisés en Algérie

Tableau 5 : Normes phytotechniques d'un bon porte-greffe

Tableau 6 : Normes phytotechniques d'un bon plant d'agrumes

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

Tableau 8 : Adaptabilité de différents porte-greffes étudiés aux conditions pédoclimatiques

Tableau 9 : Performances agronomiques sur le greffon (variété)

Tableau 10 : Sensibilité aux principales maladies conférées à la variété par le porte-greffe

Tableau 11 : Comportement des porte-greffes en pépinière

Tableau 12 : Morphologie des P.G. utilisés

Tableau 13 : Caractéristiques agronomiques des variétés étudiées

Tableau 14 : Les paramètres mesurés

Tableau 15 : Moyennes de Température et Humidité

Tableau 16 : Durée de reprise au greffage

Tableau 17 : Pourcentages de reprise au greffage (développement de la nouvelle pousse)

Tableau 18 : Longueur moyenne de la pousse principale

Tableau 19 : Nombre de pousses principales

Tableau 20 : Nombre de feuilles dans la pousse principale

Tableau 21 : Comparaison entre meilleures associations P.G./V

Tableau 22 : Comparaison entre les associations de Citron Eureka

Tableau 23 : Etude statistique des résultats

Tableau 24 : Comportement des porte-greffes en pépinière

Tableau 25 : Effet du porte-greffe sur l'adaptation de l'arbre aux conditions pédoclimatiques

Tableau 26 : Effet du porte-greffe sur les performances agronomiques de la variété

Tableau 27 : Sensibilité aux principales maladies conférée à la variété par le porte-greffe

Tableau 28 : Les principales caractéristiques des porte-greffes

Tableau 29 : Les principales caractéristiques des variétés d'agrumes

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

C : Citrange

cm : centimètre

CNCC : Centre National de Certification et de Contrôle des semences et plants

DR : Durée de reprise au greffage

DSA : Direction des Services Agricole **F** : Teste de Fisher

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

g : Gramme

ha : Hectare

ITAF : Institut Technique des Arbres Fruitiers

J : Jour

K : Citron Eureka

Kg : Kilo gramme

LPP: Longueur de la pousse principale

m² : Mètre carré

Max : Maximum

min : Minimum

mm : millimètre

MPa : milli Pascele

Mt : Millions de tonnes

N : Orange Navelina

NFPP: Nombre de feuilles dans la pousse principale

NPK : Engrais azoté phospho-potassique

NPP: Nombre de pousses principales

P.G. : Porte-greffe

S : Clémentine Nules

SRA : Station de Recherches Agronomiques de San Giuliano

Sy : Synonyme

t : Teste de Student

T : Poncirus Trifoliata


TR: Taux de reprise au greffage

V : Citrus Volkameriana

Z : Citrange Carrizo

μ : Micron

% : Pourcentage



PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction

Les agrumes, qui font l'objet de cette étude, comprennent essentiellement les espèces à usage commercial du genre *Citrus*, ils sont parmi les fruits les plus cultivés en Algérie et au monde, et qui ont une excellente qualité et sont très appréciés pour leurs valeurs nutritionnelles, gustatives et médicinales.

Dans le cadre d'amélioration de la situation agrumicole en Algérie, au temps de l'économie hors hydrocarbures dirigée vers le développement agricole, la spécialité de pépinière est l'une des sessions importantes dans la chaîne de production fruitière. En effet, le greffage constitue l'opération la plus importante dans le processus de production de plants, surtout dans la multiplication des agrumes. Alors qu'il est considéré comme l'une des contraintes des agrumiculteurs en Algérie, parce qu'il influe sur la production, la longévité de l'arbre, sa résistance aux maladies et aux conditions du sol et l'authenticité variétale.

Pour les professionnels, le maintien des caractéristiques de développement et de production est nécessaire pour l'obtention d'un plant fruitier de qualité et par conséquent, pour la rentabilité du verger. La concrétisation de cet objectif reste toutefois soumise à la mise en place d'un programme de multiplication adéquat, à des connaissances approfondies du matériel végétal propagé et à une bonne maîtrise de la technique de greffage (Benettayeb Z., 2013).


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

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

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

Les travaux de recherche ont été alors orientés vers l'étude et la sélection d'autres porte-greffes, en priorité résistants à cette maladie et présentent des qualités aussi bonnes. En effet, la gamme des porte-greffes en substitution du bigaradier s'élargit progressivement, cependant, il n'y a pas de porte-greffe parfait qui répond aux contraintes croissantes imposées par les stress biotiques et abiotiques (Gacem H., 2007).

Notre travail consiste à étudier comparativement l'influence de trois porte-greffes d'agrumes hors le bigaradier, à savoir le *Citrus Volkameriana*, *Citrangue Carrizo* et *Poncirus Trifoliata*, sur la reprise au greffage et sur le comportement en pépinière de trois espèces d'agrumes, l'Orange Navelina, Clémentine Nules et Citron Eureka, par écussonnage en printemps. D'autre part, on va utiliser dans notre essai trois milieux de culture différents, plein champ, serre ordinaire et serre chauffée.



PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Origine, histoire et importance économique des agrumes

1.1. Historique et répartition des agrumes

La culture de certains agrumes en Asie remonterait à plusieurs millénaires. La plus ancienne référence manuscrite connue remonterait à un texte cité dans l'un des « 5 classiques » attribués à Confucius, le Shu Jing, appelé aussi « Livre des Histoires » ou « Classique des documents », qui compile des écrits remontant jusqu'au III^e millénaire av. J.-C.

Comme beaucoup d'arbres fruitiers cultivés sous nos climats tempérés, les agrumes sont originaires d'Asie subtropicale et plus particulièrement d'une zone allant du nord-est de l'Inde jusqu'au nord de l'Indonésie, en passant par le Myanmar (Birmanie) et le sud de la Chine. La première importation d'un agrume vers l'occident remonterait au III^e siècle av. J.C.

La culture des agrumes s'est intensifiée à l'échelon mondial au cours des XIX^e et XX^e siècles, et couvre aujourd'hui plusieurs millions d'hectares. L'agrumiculture des pays du Bassin méditerranéen est diversifiée, tant au niveau des variétés cultivées (clémentines, hybrides de mandarines, oranges, pomelos, citrons, bergamote, cédrats...), que dans leur commercialisation (fruits frais, jus, cosmétiques, plants d'ornement).

En dehors du sud-est asiatique, le Bassin méditerranéen est considéré à juste titre comme le tremplin de la diffusion de la culture des agrumes à travers le monde. C'est lors des échanges commerciaux avec l'Asie, à partir du XI^e siècle, que les génois et les portugais introduisirent dans le bassin Méditerranéen l'oranger, le bigaradier (l'oranger amer) et le citronnier. Les Maures implantèrent la culture des orangers dans tout le Maghreb et l'ouest de la Méditerranée. Malgré leur origine subtropicale, les agrumes trouvèrent dans cette zone Euro-Africaine des conditions climatiques propices à leur croissance.

Elle est le fruit d'un long processus d'évolution s'étalant sur plusieurs centaines de milliers d'années, par le biais de différents mécanismes de diversification. L'homme contribue dans cette diversité comme sélectionneurs dans un premier temps, puis très récemment créateurs de nouveaux hybrides, les hommes ont probablement influencé la palette de diversité telle que nous la connaissons aujourd'hui ; mais, avant tout, ils ont su tirer le potentiel de ces arbres fruitiers en développant des modes de culture adaptés, et en les diffusant dans de nombreux pays sur différents continents (Jacquemond C. et al, 2009).

Le bassin méditerranéen constitue à présent une importante zone de production pour les trois principales espèces. C'est grâce aux grandes découvertes, et à partir du bassin Méditerranéen que les agrumes furent diffusés dans le monde:

- Vers l'Amérique centrale grâce à Christophe Colomb (1493).
- Vers l'Afrique de l'Est par les Musulmans.
- Au cap par les Anglo- Hollandais (1644).

À 1850 marque une première étape importante dans l'histoire de nos agrumes en Algérie. Cette année-là, Hardy introduisit le mandarinier, qui eut immédiatement la faveur des colons, malgré l'incertitude qui pouvait alors planer sur ses possibilités d'écoulement. C'est en 1850 que la France reçut les premières expéditions d'oranges de sa nouvelle colonie. Le revenu d'un hectare d'agrumes était alors évalué à 800 francs.

1.2. Systématique

Le terme *citrus* quitte les textes latins après son utilisation par Carl von Linn, mais reste circonscrit au vocabulaire des botanistes, des jardins ou de la pharmacie, En 1811, Giorgio Gallesio (pomologiste italien qui écrit en français) dans son "*Traité des citrus*" constate l'absence de traduction française du latin *citrus* (le latin n'a pas bonne presse après la révolution). Il propose de reproduire l'italien et de nommer les *citrus* : *agrumes* (italien *agrume*, du latin *acrumen* (substance à saveur aigre ou acide) qui donne aigruns, egrum, agrum «fruits aigres»), proposition qui ne sera pas retenue.

1.3. Production agrumicole

1.3.1. Dans le monde

La plupart des pays producteurs d'agrumes sont situées dans l'hémisphère Nord, ce qui représente environ 70% de la production totale.

Pays producteurs : Les principaux pays producteurs sont le Brésil (15 millions de tonnes), les États-Unis (9 Mt) et la Chine (4 Mt). En Europe, les agrumes sont cultivés dans les pays méditerranéens dont l'Italie possède une tradition historique et un savoir-faire.

Répartition de la production par espèces :

- Oranges 71 %
- Citrons et limes 13 %
- Mandarines, clémentines, tangerines 10 %
- Pomelos et pamplemousses 6 %

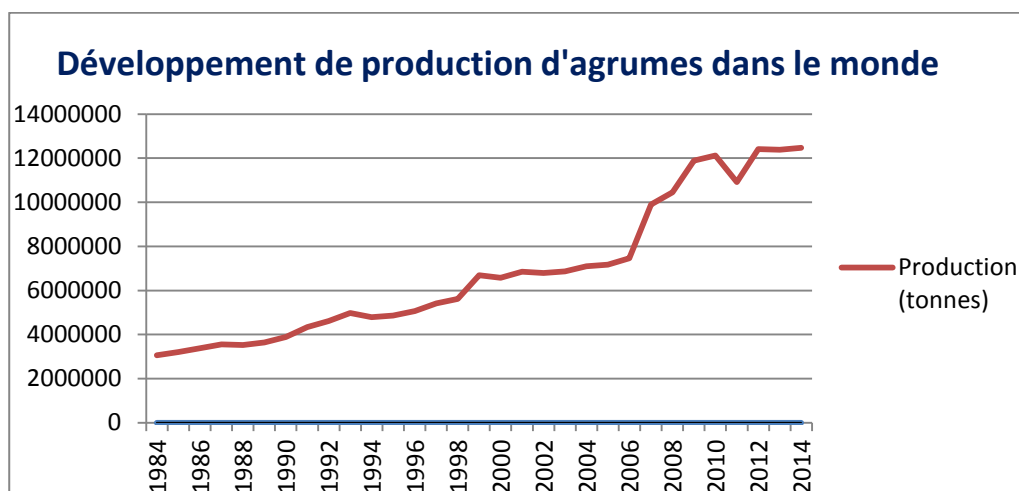


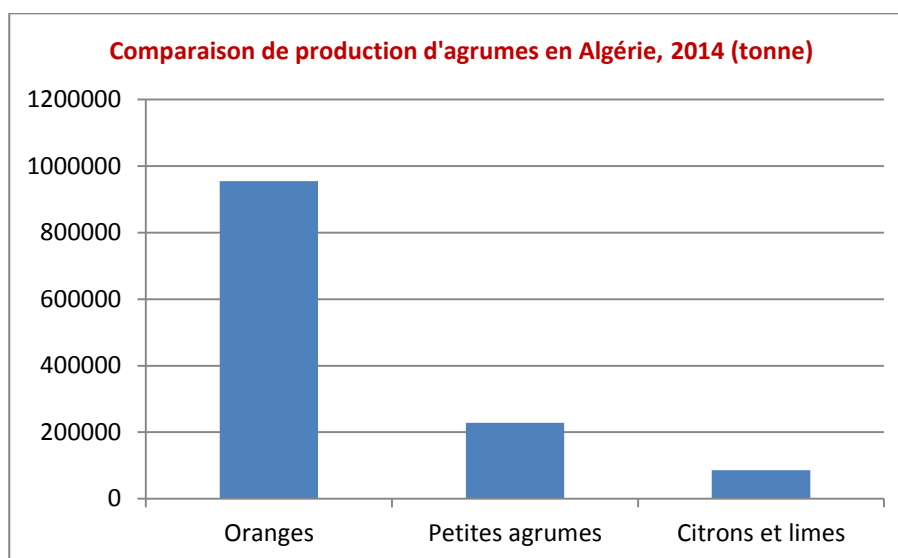
Figure 1 : Développement de production d'agrumes dans le monde (FAO, 2014)

1.3.2. En l'Algérie

En Algérie, la culture des agrumes est d'un grand intérêt économique, cette culture occupe une superficie de 63296 ha ; soit environ 7,6% de la superficie totale occupée de l'arboriculture fruitière (MADR, 2012).

Tableau 2: Les rendements par régions par ordre décroissant (FAO, 2011)

| Au-dessus de 20 t/ha | | Entre 15 et 20 t/ha | | Entre 10 et 14 t/ha | |
|----------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| Wilaya | Rendement | Wilaya | Rendement | Wilaya | Rendement |
| Mostaganem | 25,5 | Relizane | 19,4 | Annaba | 13,9 |
| Boumerdes | 23,7 | El-Taraf | 17,7 | Jijel | 12,7 |
| Blida | 23,4 | Tizi-Ouzou | 17,3 | Bejaia | 11,7 |
| Médéa | 21,6 | Alger | 17,0 | Bechar | 10 |
| | | Skikda | 15,5 | | |
| | | Chlef | 15,5 | | |

**Figure 2 :** Comparaison de production d'agrumes en Algérie 2014 (FAO)

Les principales cultures pérennes sont représentées par l'olivier, la vigne et les agrumes. Cette dernière représente 27% de la production fruitières totale.

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

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 plaine de Safsaf (16%)
- Le périmètre de la Mina et le Bas Chélif (14%)

1.3.2.1. Composition variétale et âge du verger agrumicole

Le verger agrumicole est constitué par divers groupes d'agrumes, avec spécialement celles appartenant aux oranges et clémentine. La gamme variétale du groupe des oranges est la plus importante, avec une prédominance des variétés précoces, telle que le Washington Navel et le Thomson Navel (50% de la superficie couverte).

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

2. Classification, génétique, et caractéristique botanique

2.1. Classification

Les agrumes sont les fruits et par extension les plantes des genres *Citrus* (incluant *Eremocitrus* et *Microcitrus*), *Fortunella*, et *Poncirus*, dans l'ordre de Géraniales, de la famille des Rutaceae, sous famille des Aurantioideae, tribu des Citreae, sous-tribu Citrinae.

Employé sans qualificatif agrume renvoie aux fruitiers et aux fruits domestiqués les plus cultivés dans le monde dont la particularité est la forte diversité : bergamote, cédrat, citron, combava et lime caviar, kumquat, lime, limette, mandarine et hybrides (clémentine, tangerine, tangelo, tangors...), orange douce et bigarade, pamplemousse, pomelo, papeda (yuzu, kabosu, sudachi)...

Beaucoup de travaux ont été réalisés au cours du XXème siècle afin de classer les différentes variétés et espèces, et de proposer des hypothèses quant à leur évolution. Nous devons reconnaître qu'il n'y a pas de véritable consensus en la matière, mais il est quand même communément admis que les agrumes se répartissent en trois genres botaniques, sexuellement compatibles entre eux : *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus*.

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 : les kumquats. Enfin, le genre *Citrus* regroupe toutes les autres espèces d'agrumes ; c'est la taxinomie de ce dernier qui est sujette à controverse. Le genre *Citrus* regroupe la plupart des espèces d'agrumes cultivés et renferme, suivant les taxinomistes, entre 16 (Swingle et Reece, 1967) et 156 espèces (Tanaka, 1961).

Le genre de citrus comprend plusieurs espèces :

- Citrus sinensis* (L.) Osb : l'oranger.
- Citrus aurantium* (L.) : le bigaradier.
- Citrus reticulata* Blanco: le mandarinier.
- Citrus paradisi* Macf.: le pomelo.
- Citrus maxima* (Burn.) Merr. : Le pamplemoussier. *Citrus limon* (L.) Burm.: le citronnier:
- Citrus auratifolia* (Christm.) Swing.: le limettier
- Citrus medica* (L.) : le cédratier.

Certaines études répartissent ces 08 espèces d'importance économique dans 03 grands groupes en fonction des similarités génétiques. Il s'agit du groupe des orangers et mandariniers, du groupe des pomélos et pamplemoussiers et du groupe des limes et citronniers (Luro et al. 2001).

2.2. Diversité génétique des agrumes

2.2.1. 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.

2.2.2. Les origines de la diversité des agrumes

La complexité relative de la classification d'agrumes résulte, entre autres, d'une large diversité morphologique et de la compatibilité sexuelle des espèces du genre *Citrus*. Par ailleurs certaines variétés cultivées se sont vues élevées au rang d'espèces, bien qu'elles soient issues de croisements entre deux espèces différentes et qu'elles ne puissent se reproduire naturellement par fécondation. La taxinomie de Swingle et Reece est plus en adéquation avec la notion d'espèce, c'est pourtant celle de Tanaka qui est la plus souvent utilisée (figure 3). Elle offre en effet une dénomination latine, et donc une forme d'appellation standardisée, à des variétés cultivées, bénéficiant souvent de multiples appellations locales.

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

2.2.4. 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 (figure 4), 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.

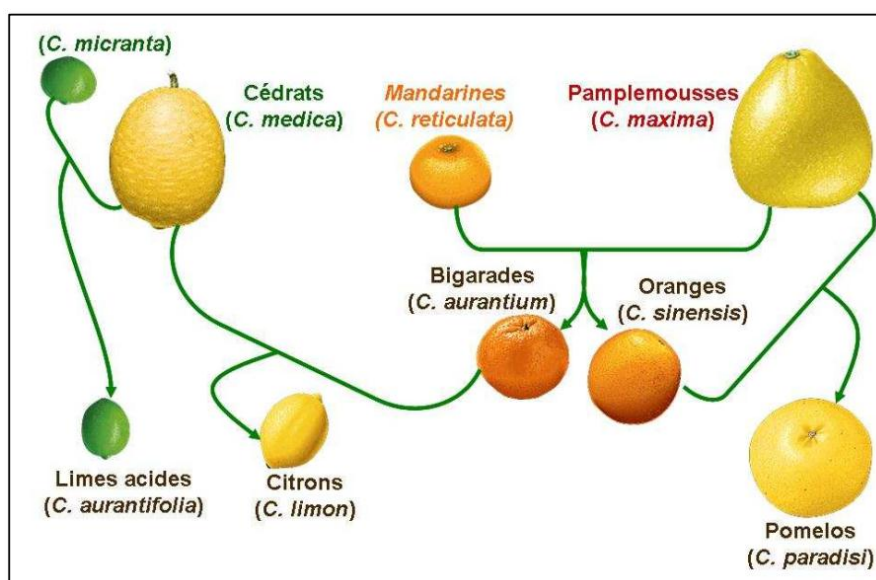


Figure 4 : Structuration de la diversité génétique du genre *Citrus* (Jacquemond C. et al, 2009)

Les autres espèces cultivées seraient ensuite apparues par recombinaison entre ces taxons de base, mis en contact au gré des échanges commerciaux et des migrations humaines. Les orangers et bigaradiers, proches des mandariniers, ont probablement eu un pamplemoussier comme parent femelle.

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

Le citronnier, clairement apparenté aux cédratiers et limettiers, découlerait d'une hybridation d'un bigaradier et d'un cédratier. Le bergamotier, dont l'essence de zeste est très appréciée des parfumeurs, serait apparu en Calabre vers le XVI^{ème} siècle, après hybridation entre un citronnier et un bigaradier. Le clémentinier est apparu en Algérie à la fin du XIX^{ème} siècle, à la suite d'un croisement naturel entre un mandarinier et un oranger cultivés. Le limettier Mexicain, produisant les fameux « citrons verts » ou limes, serait un cas à part puisqu'il aurait été engendré lors d'une combinaison entre un cédratier et une espèce étrangère au trio basique pamplemousse - cédrat - mandarine : *Citrus micrantha* Wester. Ces hybrides ont été multipliés par deux voies différentes:

- La polyembryonie, 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).

2.2.5. 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, se par une incapacité génétique à ce qu'une fleur soit fécondée par le pollen d'une fleur de la même variété: ce système favorise le brassage génétique, qui se traduit par une forte diversité génétique et morphologique chez les pamplemoussiers. Dans le groupe des mandariniers, l'auto-fertilité est très répandue, mais les croisements inter-variétaux ont été le principal moteur de leur diversification.

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

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

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

2.2.6. 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 gombose 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* (figure 5), et concernent le plus souvent les variétés productrices de « petits » fruits de type mandarine pour le marché en frais. Plusieurs mandariniers ou hybrides de mandariniers, dont le clémentinier, ont été utilisés dans les croisements avec des pomelos (tangelos) ou des orangers (tangors). Parmi la multitude d'hybrides réalisés au cours des 50 dernières années, seuls quelques tangelos comme Mapo, Nova, Orlando ou Fortune ont eu un débouché commercial intéressant. En revanche, aucun d'entre eux n'a encore jusqu'ici rivalisé avec des hybrides spontanés en terme de qualité des fruits, hormis pour certaines périodes de maturité où aucune variété naturelle n'est disponible.

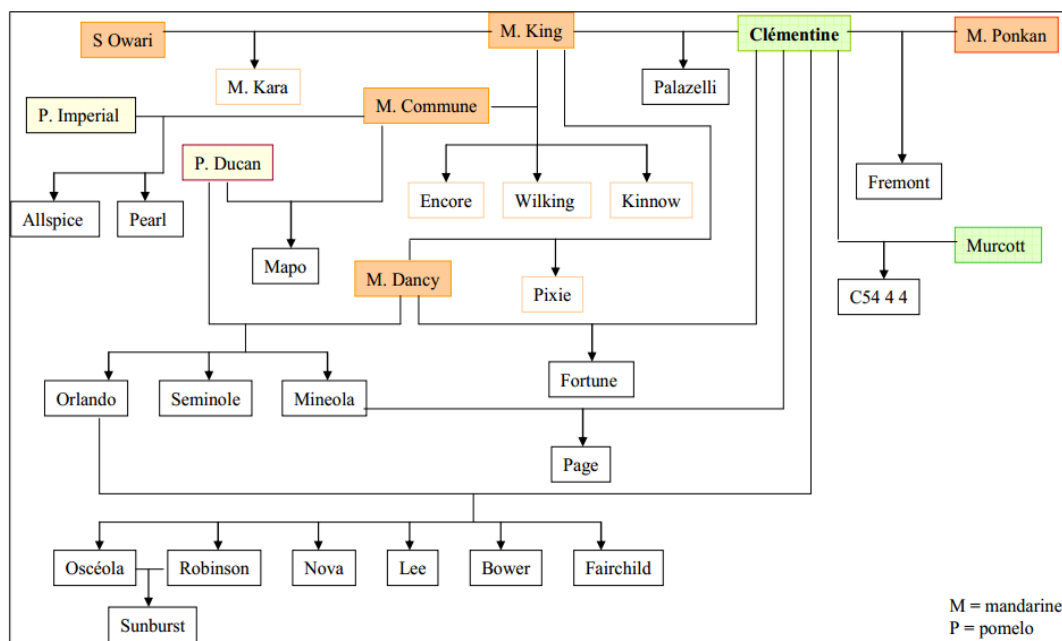


Figure 5 : Croisements contrôlés dans le groupe des petits agrumes de type mandarine et clémentine (Jacquemond C. et al, 2009)

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).

2.3. Les organes des agrumes et leur développement

2.3.1. Le système racinaire

2.3.1.1. Morphologie

Excepté le poncirus qui émet des racines pivotantes profondes, l'enracinement des agrumes est superficiel et peut s'étendre sur une zone allant jusqu'à 6 ou 7 m du pied de l'arbre à la recherche de l'eau et des éléments nutritifs. Cette prédisposition déterminera la forte sensibilité de la plante à la sécheresse, due à l'évaporation superficielle du sol.

Le développement, tant en profondeur que latéralement, du système racinaire de l'arbre adulte est avant tout fonction des caractéristiques physiques du sol certes.

Il est démontré que la nature du porte-greffe joue aussi un rôle dans le développement et la localisation des racines, mais ce rôle n'est que secondaire. En règle générale (cas des terres franches), le système racinaire des agrumes est essentiellement localisé dans les premiers 100 cm de profondeur.

- **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 100kg /arbre. De plus, dans les régions ventées, la frondaison des arbres présente une prise de vent importante (frondaison à feuillage persistant).

• **Les racines secondaires** : se divisent en fines racines qui constituent le chevelu racinaire. Elles ont un rôle de nutrition, car c'est à partir de ce chevelu que sont absorbés les éléments minéraux et l'eau présents dans le sol. Ce chevelu racinaire se localise en général dans les premiers 50cm du sol, 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.

2.3.1.2. Rôle

La partie souterraine qui est formée par le porte-greffe assure plusieurs rôles :

1. L'ancrage dans le sol : rôle essentiel pour assurer à l'arbre une résistance aux vents et autres intempéries, mais surtout lui permettre de résister à de fortes charges en fruits (qui reste l'objectif de la culture).

2. La nutrition : c'est majoritairement le rôle des poils absorbants (situés sur les radicelles actives à la couleur blanchâtre) d'assurer cette fonction primordiale qu'est le prélèvement de l'eau et des éléments minéraux nécessaires à l'alimentation de l'arbre. L'absorption dépend donc de la zone d'exploitation du chevelu racinaire. Mais une petite partie de l'absorption est également réalisée par les racines plus brunâtres. Les différences de comportement entre les porte-greffes quant à la nutrition minérale et leur tolérance à la salinité sont liées à des caractéristiques physiologiques et morphologiques de leurs racines qui se traduisent par une conductivité hydraulique plus ou moins forte : des porte-greffes à haute conductivité racinaire confèrent une vigueur importante aux arbres (ex : Rough Lemon, Citrange Carrizo, Mandarine Cléopâtre et Bigaradier). Mais à l'inverse, ils sont plus sensibles à la sécheresse parce qu'ils « assèchent » plus vite les réserves du sol. Pour la salinité, on peut penser que c'est parce qu'ils absorbent plus d'éléments et donc de sels en même temps que l'eau.

3. La mise en réserve d'éléments : l'ensemble des racines (et pas seulement celles actives) assurent la mise en réserve des éléments de la sève élaborée. Ces éléments seront nécessaires et mobilisés aux premiers développements de la végétation.

4. La respiration des racines : bien que faible, elle n'est pas négligeable et tout facteur entravant son exercice est dangereux pour l'arbre. C'est ce qu'on appelle alors le phénomène d'asphyxie radulaire: dans les terres mal drainées où l'eau séjourne longtemps, les racines se procurent l'oxygène dont elles ont besoin par une fermentation, ce qui provoque alors leur destruction.

2.3.1.3. Croissance

1. Le développement des racines est intimement lié au développement aérien, la dépendance entre les deux parties est totale: l'accroissement des racines est fonction des besoins exprimés par la partie aérienne, mais cet accroissement ne peut se produire que si les racines reçoivent de la partie aérienne la sève élaborée.

2. Les jeunes racines en croissance se reconnaissent très facilement à leur couleur blanchâtre.

3. La croissance racinaire se fait de manière continue tant que la température, l'humidité et l'aération du sol sont adéquates, Mais c'est l'intensité de cette croissance qui varie considérablement en fonction de ces facteurs, mais également en fonction du développement de la partie aérienne.

2.3.1.4. Les facteurs de variation de la croissance racinaire

1. **La température du sol** : la croissance racinaire commence au printemps, quand les températures du sol s'élèvent au-dessus de 13°C (zéro biologique). Ainsi, la croissance racinaire commence plus tôt dans des sols sableux qui se réchauffent plus vite que des sols lourds, argileux. La croissance racinaire reste limitée en dessous de 18°C. Entre 18 à 28°C, il y a une relation linéaire positive entre la température du sol et l'élongation des racines pour atteindre un optimum à 29°C. Au-delà, à nouveau la croissance diminue au fur et à mesure que les températures augmentent pour s'arrêter au seuil de 36°C.

2. **La teneur en eau du sol** : la croissance racinaire est extrêmement sensible au manque d'humidité et ceci a des conséquences directes sur la gestion de l'irrigation. La croissance s'arrête dès que le potentiel hydrique du sol atteint - 0,05 MPa. Celle-ci reprend immédiatement dès que les conditions hydriques sont à nouveau satisfaisantes, à l'exception de zones trop sèches où il y aura un décalage de 2 jours entre l'apport d'eau et l'apparition de nouvelles radicelles.

3. **La croissance végétative** : les périodes de croissance racinaire intense alternent avec les poussées de croissance végétative. En revanche les racines continuent d'assurer leur fonction d'absorption pendant la poussée végétative. Cette alternance entre cycles de croissance végétative et cycles de croissance racinaire est due à une compétition pour les nutriments entre les racines et les pousses, avec une priorité pour les pousses. On retrouve cette compétition lors de tailles importantes qui provoquent de forts démarrages végétatifs au détriment de la croissance racinaire (figure 6). Mais cet antagonisme entre partie aérienne et souterraine peut également être d'origine hormonale : on connaît l'effet inhibiteur des auxines sur la croissance racinaire, or elles sont produites par les jeunes pousses en croissance et acheminées par le flux de sève alimentant les racines.

4. De même, la charge en fruits a également une influence sur le développement racinaire. Pour des arbres ayant une très forte charge (par exemple une année « on » dans le cas variétés très alternantes), la croissance racinaire est complètement enrayée, vraisemblablement par l'insuffisance de carbo-hydrates (de manière générale chez les espèces végétales, la croissance racinaire est très dépendante de la disponibilité carbonée) (Jacquemond C. et al, 2009).

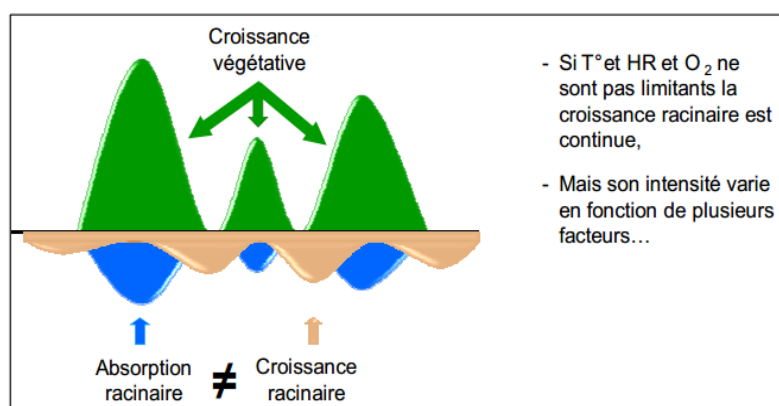


Figure 6 : Croissance végétative, croissance racinaire et absorption racinaire d'un agrume (Jacquemond C. et al, 2009)

2.3.2. Le système aérien

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

2.3.2.1. 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 du porte-greffe, le point de greffe est plus ou moins apparent.

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

3.3.2.3. Les feuilles

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

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

Les feuilles de *citrus* présentent une grande variabilité de tailles et de formes (figure 7), non seulement entre les espèces et les variétés, mais également suivant leur âge et l'âge de l'arbre. En général les jeunes arbres sont pourvus de feuilles plus larges et plus grandes que les arbres adultes.

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

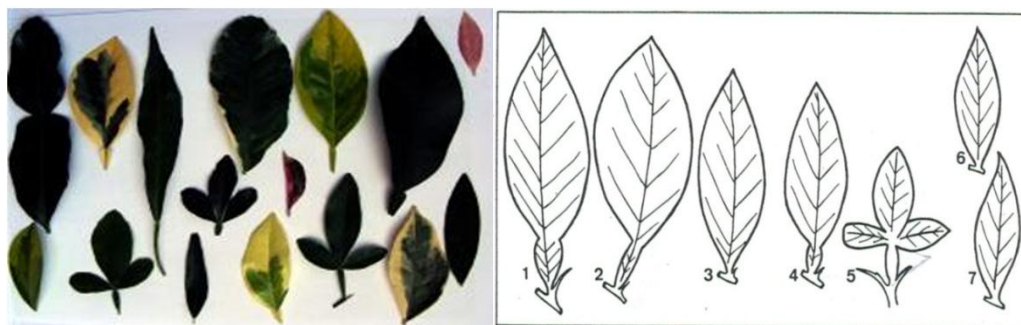


Figure 7 : Représentation de quelques types de feuilles (Lahmar S., 2015)

La feuille est généralement composée de 2 parties :

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

3.3.2.4. 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 (figure 8) :

- De 3 à 5 sépales colorés en vert, soudés en forme de coupe protectrice ; ils constituent le calice.
- De 4 à 8 pétales (généralement 5), blancs ou légèrement coloré en pourpre chez certaines espèces (citronniers, pomelos limettiers) ; ils forment la corolle.
- de 20 à 30 étamines soudées à leur base par groupes de 3 à 4. Les anthères renferment le pollen, qui sera libéré au printemps, au moment de la pleine floraison des arbres. Les grains de pollen, de couleur jaune brillant, sont pourvus de nombreux sillons microscopiques qui leur permettant de se fixer le stigmate du pistil.



Figure 8 : La fleur des agrumes (Lahmar S., 2015)

- du pistil formé par l'union de plusieurs carpelles. L'ovaire constitue la partie basale du pistil, il est surmonté du style qui se termine par le stigmate.

3.3.2.5. Les fruits

Les fruits de principales espèces et variétés cultivés de *Citrus* différent par la coloration, leur forme, leur grosseur, la composition de leur jus et leur époque de maturité.

Cependant tous les fruits des *Citrus* cultivés présentent la même structure anatomique, bien que les éléments composant cette structure varient avec l'espèce. On peut distinguer les parties suivantes :

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

- **La pulpe** : c'est la partie comestible du fruit, elle est formée par l'endocarpe (figure 9). Cet endocarpe est constitué par un ensemble de poils ou vésicules renfermant le jus, et qui sont regroupés en quartiers et un navel à l'intérieur chez les oranges navels (figure 10). Le nombre de quartiers varie de 5 à 18 :

- 9 à 11 pour les oranges
- 8 à 11 pour les citrons
- 12 à 15 pour les pomelos

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

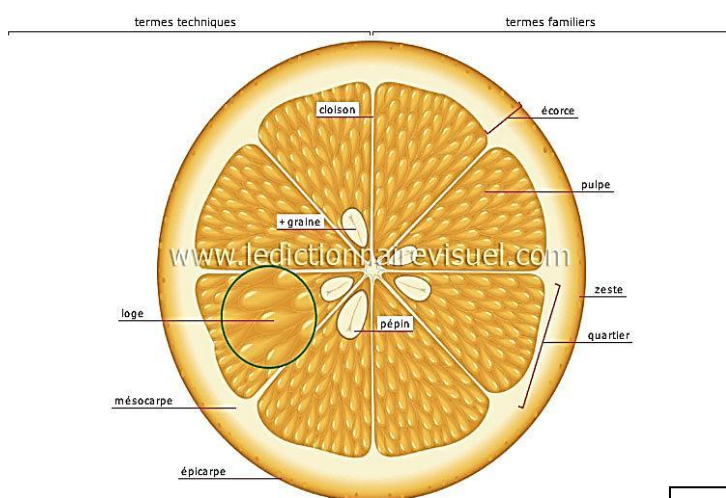


Figure 9 : Coupe d'une orange (Lahmar S., 2015)

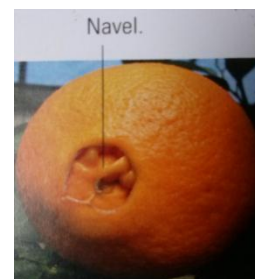


Figure 10 : Le navel de l'orange (Jacquemond C. et al, 2013)

3.3.2.6. 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).

3.3.2.7. Croissance végétative

Sous climat de type tropical, le développement végétatif des agrumes est relativement continu. Dans les régions à hivers marqués (climat méditerranéen) ou avec des périodes de sécheresse (conditions subtropicales) la croissance devient discontinue. Sous climat

méditerranéen, c'est en période hivernale que l'arbre cesse toute croissance visible : il entre en état de « dormance », qui est en fait un pseudo-repos végétatif car un certain nombre d'activités métaboliques internes se poursuivent.

On différencie trois phases principales annuelles de croissance et de renouvellement végétatif chez le clémentinier, appelées « pousse de printemps », « pousse d'été » et « pousse d'automne ». La pousse de printemps, la plus importante est celle sur laquelle se développent normalement les bourgeons. Les pousses d'été et surtout d'automne sont celles qui contribuent à la croissance végétative de l'arbre et à la production des rameaux qui seront porteurs de fleurs et de fruits l'année suivante.

L'émission de ces pousses végétatives a principalement lieu sur les jeunes ramifications de l'année précédente, mais également sur les ramifications de l'année en cours pour les pousses d'été et d'automne. La durée de croissance et la longueur finale de ces pousses dépendent de la saison, des conditions environnementales, de la disponibilité des éléments nutritifs et de la variété. Cependant le nombre d'entre-nœuds que comportera cet axe est prédéfini dans le bourgeon.

Ces différentes poussées de croissance correspondent à des périodes d'intense activité au niveau de l'absorption racinaire et de l'activité photosynthétique : la plante doit alors pouvoir disposer des éléments nutritifs dont elle a besoin, d'où l'importance de l'irrigation et des apports fractionnés d'engrais azotés. Quant à l'activité photosynthétique, elle est optimum à des températures comprises entre 25 et 30°C, et est fortement réduite dès que l'on atteint les 35°C (Jacquemond C. et al, 2009).

3. Exigences pédoclimatiques des agrumes

3.1. Exigences climatiques

3.1.1. Pluviométrie

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

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

✓ Une période humide et fraîche (septembre à mars), durant laquelle les quantités de pluies tombées fournissent environ les 2/3 des quantités totales.

✓ Une période chaude et sèche (avril à août), qui coïncide au niveau de l'arbre à des périodes de croissances végétatives, de floraison, de fécondation, de nouaison et de croissance des fruits qui nécessitent de grands besoins en eau.

Dans le Bassin Méditerranéen, l'irrigation est généralement nécessaire pendant la saison sèche, selon les années et l'âge des arbres.

L'utilisation d'eaux caractérisées par une forte minéralisation est possible mais nécessitera des irrigations bien conduites et coûteuses (éviter les excès, installer un réseau de filtration performant) ; en revanche, le rendement en fruit baissera rapidement si la teneur en sels nuisibles s'accroît. Les éléments les plus nocifs susceptibles d'être présents dans l'eau d'irrigation sont : les chlorures (Cl), le sodium (Na), le magnésium (Mg) et le

bore (B), ainsi que le calcaire (CaO) qui, au-delà de sa toxicité pour certains porte-greffe comme le *Poncirus*, a tendance à boucher les goutteurs (Jacquemond C. et al, 2009).

3.1.2. Température

Ce sont les conditions de température qui délimitent la zone de production des agrumes entre les 40^{èmes} parallèles Nord et Sud. Dans cette zone, l'Algérie regroupe des situations très diverses, variant du désert du Sud algérien aux régions littorales parfois très fraîches. Rappelons que le zéro végétatif pour les agrumes se situe aux alentours de 13 °C, en delà ils entrent en repos végétatif ou en « dormance », de fin novembre à février dans la plaine de la Mitidja. Le seuil maximal végétatif est proche de 40 °C.

Les zones exposées aux gelées et mal ventilées, comme les bas-fonds, doivent absolument être évitées, surtout si l'on envisage de planter des variétés tardives. Si le site est régulièrement soumis à des températures froides, il est fortement conseillé de planter des variétés qui se récoltent avant la période des gelées. Par ailleurs, un greffage sur *Poncirus trifoliata* confère aux agrumes une relative tolérance au froid. Le seuil de tolérance des agrumes au froid dépend à la fois de l'intensité et de la durée du froid, mais aussi de l'époque à laquelle il se produit (des arbres en repos végétatif sont moins sensibles que des arbres en sève), et de l'organe considéré. La progression de la glace est relativement lente puisque des mesures ont montré que le gel des fruits et des feuilles ne se produit qu'une à quatre heures après que la température extérieure se soit abaissée en dessous de 0 °C, ce délai dépendant évidemment de l'intensité du froid. Toutefois, dans les vergers d'agrumes du Bassin Méditerranéen, rares sont les températures inférieures à - 3 °C ; par ailleurs elles apparaissent le plus souvent pendant le repos végétatif hivernal et ont ainsi peu d'influence sur l'arbre. Les gels tardifs sont les plus dangereux.

Les températures basses ne semblent pourtant pas être un facteur limitant pour la culture des agrumes en Méditerranée. Dans le cas de la culture du clémentinier, les zones bénéficiant d'une régulation du climat due à l'influence maritime, la production de clémentines s'avère relativement constante d'une année à l'autre. Il en est autrement pour des zones continentales ou situées en fond de vallée.

Les fruits qui mûrissent à une température plus élevée restent verts ou jaunâtres, et peut occasionner des brûlures sur les feuilles et les fruits (Jacquemond C. et al, 2009).

3.1.3. Gelée

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

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

3.1.4. Vent

Le vent fort est l'un des premiers ennemis des agrumes, il diminue l'hygrométrie en fin d'hiver et au printemps, et défavorise ainsi la floraison et la nouaison chez la plupart des agrumes et particulièrement chez le clémentinier. Il provoque des lésions sur les fruits par frottements (marbrures) et une défoliation à laquelle sont très sensibles un grand nombre

de variétés d'agrumes dont les citronniers, cédratiers, clémentiniers... Ainsi, les zones trop venteuses sont absolument à éviter. L'implantation de haies brise-vent est nécessaire dans les zones régulièrement sujettes à des vents violents.

3.1.5. Hygrométrie

L'humidité excessive de l'air ambiant lorsqu'elle persiste peut être gênante pour les agrumes en entraînant un développement de la fumagine, des moisissures, un développement des cochenilles..., il est alors fortement conseillé d'éviter les expositions littorales et les terrains hydro-morphes où l'humidité est toujours excessive. D'un autre côté, la faible humidité de l'air augmente la transpiration des agrumes et élève le besoin en eau d'irrigation.

3.2. Exigences édaphiques

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

3.2.1. Texture et structure

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

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

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

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

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

- Un sol d'une profondeur de 1 m est largement suffisant pour permettre au pivot de s'implanter. Il faut que ce sol repose sur des couches assez perméables pour qu'il ne soit pas rapidement saturé par une pluie. Certains terrains nécessitent l'installation d'un réseau de drainage, afin d'éviter toute stagnation d'eau, facteur de pourritures racinaires. De même, la présence d'une nappe phréatique située à faible profondeur est une situation à problèmes. De fortes pluies ou une mauvaise gestion de l'irrigation peuvent provoquer des remontées d'eau, et une submersion prolongée ou répétée des racines peut être fatale pour les arbres.

- Les sols à structure instable dont les couches superficielles se désagrègent sous l'effet des arrosages et des pluies, provoquant la formation d'une croûte de battance, doivent être considérés avec précaution. Ce type de sol est facilement identifiable : il laisse

ruisseler une eau boueuse. Plusieurs techniques existent cependant pour pallier ce problème, comme le broyage du bois de taille, qui formera un mulch, ou encore le semis d'engrais verts ou la mise en place d'un enherbement permanent dans les vergers adultes.

3.2.2.Composition

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

3.2.3.PH

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

3.2.4.La pente et son exposition

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

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

4. Maladies et ravageurs

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

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

Pour prévenir la propagation des maladies à virus, il faut prendre les précautions suivantes :

- Utilisez du matériel végétal sain.

- Brûlez tous les arbres infectés, ou soupçonnés de l'être.
 - Désinfectez les outils entre chaque arbre, en les plongeant dans une solution de 1/10 d'eau de Javel et 9/10 d'eau.
 - Si la Tristeza sévit dans votre région, combattez les pucerons.
- En général, les dégâts qu'occasionnent les maladies et les parasites ont un réel impact économique des agrumes.

4.1. Maladies virales

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

4.1.1. Tristeza (*Citricolletia* 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.



Figure 11 : Symptômes de l'Exocortis (CNCC, 2014)

4.1.2. Exocortis (*Citrus Exocortis* Viroïd)

Le terme d'« Exocortis » signifie « écaillage de l'écorce » (figure 11). C'est une maladie à viroïde signalée dans l'ensemble du bassin méditerranéen, actuellement elle n'y cause pratiquement aucun dommage, car le bigaradier est tolérant à l'Exocortis. Il n'en est pas de même des porte-greffes préconisés en remplacement du bigaradier. En effet, le poncirus trifoliata, citrumelos et Citranges sont particulièrement sensibles à l'Exocortis.

Elle est uniquement mécanique et a lieu soit lors du greffage de greffons provenant d'un arbre contaminé, soit au moment de la taille ou de la récolte par l'utilisation d'outils souillés avec la sève d'un arbre malade.



Figure 12 :
Symptômes de Psoros
(CNCC, 2014)

4.1.3. Psoros (*Citrus psorosis virus*)

Cette maladie affecte principalement les orangers, les mandariniers, les clémentines et les pomelos ; les citronniers ne sont pas touchés. C'est une maladie grave : bien qu'elle n'entraîne pas la mort des arbres, elle les affaiblit (figure 12), les fruits restent de petit calibre et les chutes sont importantes (Loussert, 1987).

4.1.4. Cachexie (*Citrus cachexia viroid*)

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

4.2. Maladies bactériennes

4.2.1. Stubborn (*Spiroplasma citri*)

C'est un mycoplasme (micro-organisme à structure proche de celle des virus et des bactéries). Le mycoplasme peut être transmis en pépinière par greffage. En verger, il peut être transmis d'arbre malade à des arbres sains par les cicadelles, plus spécialement par les 2 espèces *Circulifer tenellus* et *Neoliturus haematoceps*.

C'est la maladie la plus répandue et la plus grave, surtout lorsqu'elle est associée à une autre virose principalement la Psoros.

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

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

4.2.3. Xanthomonas

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

4.3. Maladies cryptogamiques

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

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

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

4.3.2. Pourridié des racines

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

4.3.3. Gommose à *Phytophthora* (*Gummosis - Citrus brown rot*)

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

Plusieurs facteurs sont connus pour favoriser une attaque : un sol très humide et chaud (25 °C), des blessures sur l'écorce, ainsi que la sensibilité du porte-greffe et de la variété greffée. Lors de pluies ou d'irrigation par aspersion, des spores présentes sur le sol ou des débris peuvent être projetées sur les fruits ou les branches basses et contaminer les tissus (figure 13).



Figure 13 : Symptômes de *Phytophthora* (CNCC, 2014)

4.3.4. Mal secco (*Phomatracheiphila*)

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

4.3.5. Fumagine

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

4.3.6. Anthracnose

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

4.3.7. Blight

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

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



Figure 14 : Symptômes de Blight (Jacquemond C. et al, 2013)

Les arbres atteints ont un aspect flétri (figure 14), les vaisseaux du xylème étant obstrués. De nombreux gourmands se développent sur les troncs. Généralement, les arbres ne meurent pas, mais deviennent improductifs. En fonction des porte-greffes, l'apparition

des symptômes est plus ou moins rapide, mais une fois la maladie établie, sa sévérité est la même (Jacquemond C. et al, 2013).

4.4. Ravageurs

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

4.4.1. Pucerons (*Aphis spiraecola*)

Ce puceron de petite taille est de couleur vert clair à jaune vert. Les pucerons ailés sont généralement plus foncés, brun le plus souvent sauf l'abdomen qui est verdâtre (figure 15).

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

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

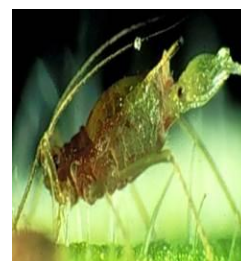


Figure 15 : Pucerons (CNCC, 2014)

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

La mineuse des feuilles des agrumes est l'une des principales contraintes de la production des agrumes (figure 16). La durée du cycle biologique est sous la dépendance des facteurs climatiques. Au cours de la période estivale, il varie de 14 à 17 jours. En période hivernale, il est de l'ordre de 52 jours. La durée totale du cycle est de 13 à 15 jours à des températures variant entre 26 et 28°C. En Algérie, la durée du cycle biologique sur citronnier et oranger est de 20 jours à une température de moyenne de 21 à 28°C et humidité relative proche de 50%.



Figure 16 : La mineuse (CNCC, 2014)

4.4.3. Cochenilles (*Coccus*)

La cochenille est très polyphage. On la trouve sur un grand nombre de plantes sauvages et cultivées, particulièrement sur agrumes (figure 17). La cochenille secrète sur les fruits, le feuillage et les rameaux un abondant miellat qui provoque une apparition massive de fumagine aggravant encore les dommages. Les fruits abritant des cochenilles et portant les traces de fumagine perdent sensiblement leur valeur commerciale.



Figure 17 : Cochenille (CNCC, 2014)

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

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

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

4.4.4. Acariens

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

4.4.5. Cératite (mouche méditerranéenne des fruits)

Est considérée comme étant l'insecte le plus redoutable sur les agrumes, l'adulte est une mouche de 4 à 5 mm de long (figure 18), de corps jaune, marqué de tache, durant sa vie, la femelle peut produire 300 à 1000 œufs. Les fruits attaqués présentent généralement une zone de décoloration. Souvent, l'attaque se traduit par le murissement précoce puis la chute des fruits.



Figure 18 : La mouche (CNCC, 2014)

4.4.6. Aleurodes (mouche blanche)

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

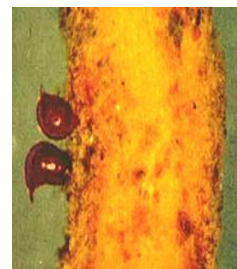


Figure 19 : Les nématodes (CNCC, 2014)

4.4.7. Nématodes

Ce sont des verres microscopiques qui vivent dans le sol et qui attaquent les racines (figure 19). Ils causent de graves dommages qui se traduisent par un jaunissement des feuilles. La lutte exige l'emploi de porte greffe résistant et des traitements sous forme de fumigants.

4.5. Maladies physiologiques

4.5.1. Les symptômes des carences

- **Azote :** la carence se traduit par une :
 - Une réduction de la taille de l'arbre et une teinte vert jaunâtre du feuillage.
 - Un port dressé des arbres.
 - Un mauvais développement des bourgeons et des pousses.
 - Une coulure des fleurs.
 - Une diminution de la teneur en protéines.
- **Phosphore :** la carence se manifeste sur les arbres par les symptômes suivants :
 - Feuillage en générale foncé, mat, prenant des teintes pourprés en bordures.

- Réduction de la taille des pousses.
- Retarde la floraison en perturbe la fécondation et la maturation des fruits.
- **Potassium :**
 - Apparition sur le feuillage des tâches qui s'étendent en prenant un aspect bronzé tandis que la base reste verte.
 - L'arbre prend un aspect desséché.
 - Obtention des petits fruits (diminution du calibre).
- **Oligo-éléments :** les carences en oligo-éléments se manifestent comme suit :
 - Des décolorations variées du feuillage.
 - Un raccourcissement des jeunes pousses.
 - Une réduction de la qualité des fruits.
 - Un abaissement du rendement.

4.6. Protection phytosanitaire

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

Il existe trois types d'interventions pour la protection :

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

5. Les techniques de production de plants d'agrumes

La production de plants se fait selon trois procédés :

5.1. Production en plein champ : méthode classique

La production en plein champs évite les manipulations de substrat d'enracinement, elle permet également de mécaniser certaines interventions comme la préparation des planches, enfin elle donne des sujets plus endurcis que ceux élevés en conteneurs. Elle est encore adoptée par les pépiniéristes car en plus de son cout modéré, ils estiment que les taux de reprise à la plantation sont meilleurs (figure 20).

En revanche, les plants sont d'avantage exposés aux attaques des maladies virales, bactériennes, fongiques, etc. (Aubert et Vullin 1997). Par ailleurs, elle nécessite des surfaces importantes et un temps d'élevage assez

long. (Loussert, 1989).

Le sol idéal doit assurer un bon drainage. Il y a lieu de choisir un endroit n'ayant pas encore été cultivé en agrumes et de prévoir de la place pour pouvoir effectuer des rotations et des assolements.

Pour les régions méditerranéennes. Le semis se fait entre le mois de mars et le mois de mai (Baltet, 1995) à raison de 50 à 100 graines/m² (Aubert et Vullin 1997), la levée aura lieu un mois environ après le semis (REBOUR, 1961). Si le semis et l'entretien des



Figure 20 : Pépinière traditionnelle (Originale, 2017)

plantules ont été conduits convenablement, au moment de leur entrée en repos végétative hivernal, les plants doit atteindre une hauteur moyenne de 15 à 30 cm.

Le repiquage à lieu au printemps de l'année qui suit la mise en place des semis (Aubert et Vullin 1997), les plantules seront arrachées en veillant à garder les racines couvertes de mottes (Boudissa, 1989). Les plants sont repiqués en lignes et sont espacés de 30 cm (Rebour, 1966) ou bien en conteneurs mais toujours en plein air (Aubert et Vullin 1997).

Le greffage est réalisé 12 à 14 mois après repiquage, l'écussonnage et la procédure la plus courante en pépinière de pleine terre (Aubert et Vullin 1997). Si la greffe n'a pas repris, un deuxième greffage aura lieu à la fin de l'été.

En Algérie la durée de production de plants d'agrumes, du semis jusqu'à l'arrachage des plants est généralement de 3 ans. Pour gagner 9 à 10 mois dans la préparation du plant à greffer, certains pépiniéristes ont mise en place un système de forçage des semis (semi sous serre) suivi d'un repiquage en pleine terre qui aura lieu entre le mois de mai et le mois de juin de l'année suivante (Aubert et Vullin 1997).

- **Le semis**

Récolte et préparation des semences, à partir du mois de Mars-Avril. Les exigences :

- Les fruits doivent être récoltés à maturité complète dans des caisses étiquetées avec le nom de la variété et la date de récolte.
- Extraction des graines à la main ou mécaniquement à la machine.
- Lavage et nettoyage des graines à l'eau en éliminant celles qui flottent à la surface.
- Après lavage et nettoyage les graines sont laissées s'égoutter et sécher à l'ombre. Tout en les enrobant d'un produit anti - cryptogamique (Bénomyl, Manèbe, Thirame).
- Une fois séchées, les graines sont triées et emballées dans des sacs en plastique portant le nom de la variété.
- Exécution des semis.



Figure 21 : Un semis de bigaradier (Originale, 2017)

Principaux travaux d'entretien donnés aux semis (figure 21)

- Arrosages réguliers sans excès.
- Désherbage.
- Traitements anti cryptogamiques (CNCC, 2014).

- **Le repiquage**

S'effectue une année après le semis à des écartements de 1m x 0,3m en éliminant les plants chétifs anormaux dont les racines présentent des déformations en forme de crosse ou un col de cygne.

Les soins d'entretien après repiquage:

- Arrosages fréquents;
- Binage et désherbage;
- Fertilisation azotique;
- Préparation des jeunes portes greffes au greffage (CNCC, 2014).

- **Le greffage**

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

Les soins d'entretien après greffage:

- Délignage des greffes, suivi d'ébourgeonnage du porte greffe.
- Désherbage des carrés d'élevage.
- Apport d'engrais azoté.
- Irrigation et traitements phytosanitaires.

5.2. Production en 'hors sol' sous serre

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 (figure 22) (Barchiche, 1987).

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).

Le succès de ces pépiniéristes est largement conditionné par le choix de substrat d'enracinement. Le développement des plants est homogène ainsi, près de 95% de plants ont atteint les normes de greffage. C'est le seul substrat qui est encore largement utilisé par les pépiniéristes.

Le semi s'effectue avec des graines conservées et traitées à raison de 2 graines par sachet, et à une profondeur de 1 à 2 cm. Avec ce type de système le pépiniériste peut réaliser deux fournées en une campagne (la première dès le début d'octobre et la seconde en janvier).

La levée s'observe à partir du 5^{ème} jour après le semi, un mois après elle totale sauf pour les graines qui son défectueuses. A partir du stade 4 feuilles, on procède aux arrosages avec une solution nutritive tertiaire (15 15 15) à raison de deux fois par semaine. Le démariage commence également à ce stade en ne laissant que les plants vigoureux. Ces plants doivent faire l'objet d'un suivi particulier à fin de déceler tout début d'attaque de maladies fongiques ou parasitaires afin de y remédier. Un désherbage manuel est également à respecter (Barchiche, 1987).



Figure 22 : Pépinière moderne
(Originale, 2017)

Les plants avec leur motte sont repiqués un mois avant le greffage dans des sachets de 5 litres, qui sont techniquement et économiquement conseillés pour la production de plants conteneurisés par de pépinières d'agrumes (Girardi et al., 2004).

Le greffage à œil poussant est réalisé lorsque les plants auront atteint un diamètre de 5 à 6 mm et une hauteur de 30 cm environ à partir du collet (Barchiche, 1987 et De Ravel D'Esclapon, 1990) la greffe en placage de copeau sur rameau encore anguleux est souvent la technique retenue (Aubert et Vullin, 1997).

Avec cette technique, la durée de production de plants aptes à être commercialiser varie de 18 à 26 mois (ANONYME, 1995), elle présente la moitié de temps nécessaire en pleine terre.

5.3. Production de plants d'agrumes in vitro

La culture in vitro appliquée à l'amélioration et la multiplication des plants au profil de l'agrumiculture prend de plus en plus d'importance (Tiesson, 1989).

La technique générale consiste à prélever un fragment de tissu végétale, à le placer sur un milieu nutritif et provoquer directement ou après manipulation, le développement d'une plantule. L'ensemble de ces opérations se déroule en conditions stériles et nécessite aussi une acclimatation du milieu traditionnel (Bouthrin et Brong, 1989). La manière de procéder et les buts recherchés étant très différents, les cultures *in vitro* se présentent sous quatre aspects :

5.3.1. 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'œuvre très qualifiée et des investissements importants (Gautier, 1993).

5.3.2. La culture de méristème ou d'apex

C'est la première technique à avoir débouché sur les applications pratiques, son but principale est 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).

5.3.3. 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*.

5.3.4. 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).

6. Amélioration et multiplication des agrumes

6.1. Les objectifs de l'amélioration en arboriculture fruitière

Les objectifs d'amélioration dans les différentes stations de recherche portent d'une part sur les aspects agronomiques du matériel végétal: vigueur, adaptation au milieu, date de floraison,... D'autre part sur l'aspect commercial de la production : époque de maturité des fruits, calibre des fruits, qualité gustative,...

Les objectifs seront différents selon qu'il s'agisse de l'amélioration des cultivars ou de l'amélioration des porte-greffes.

6.2. La multiplication sexuée ou par semis

Chez la plupart des agrumes, le pépin renferme plusieurs embryons ; il est dit polyembryonné: il comprend un embryon résultant de la fécondation (reproduction sexuée donnant un embryon zygotique) et un ou plusieurs embryons provenant du développement de cellules du tissu nourricier de l'ovaire (le nucelle) qui sont nommés "embryons nucellaires" (multiplication végétative).

Issus de cellules maternelles, ces embryons nucellaires possèdent la même constitution génétique et permettent de produire des plants identiques à l'arbre mère. Le développement des embryons nucellaires est en général plus rapide que celui de l'embryon zygotique : le semis de pépins prélevés sur un arbre d'une variété polyembryonnée permet ainsi d'obtenir un pourcentage important de plantules conformes à cette variété. Cependant, ce pourcentage est très variable d'une variété à l'autre (d'un porte-greffe à l'autre), il convient alors d'effectuer un tri de manière à éliminer les plants d'origine sexuée (zygotiques), que l'on qualifie communément de plants aberrants.

En revanche certains agrumes comme le clémentinier, le pamplemoussier ou le cédratier, ne produisent qu'un seul embryon par graine, qui résulte de la fécondation entre les cellules germinales de l'ovule et du pollen : c'est l'embryon zygotique. Le plant qui en découlera sera obligatoirement le résultat d'un mélange génétique, donc de caractères, entre le parent maternel et le pollinisateur. Ces variétés ne peuvent donc pas être multipliées à l'identique à partir de pépins.

Cependant, on produit la plus part de porte-greffes par semi pour être greffes ultérieurement par les variétés d'agrumes en pépinière (Jacquemond C. et al, 2009).

6.3. La multiplication asexuée ou végétative

La multiplication végétative a depuis longtemps suscité l'intérêt des horticulteurs et des pépiniéristes. Elle a connu beaucoup d'amélioration au fil du temps et actuellement sa vulgarisation est devenue facile et son utilisation est généralisée à un grand nombre de plantes.

Ce mode de multiplication offre contrairement au semis, l'avantage de reproduction les végétaux tout en maintenant l'intégralité de leurs caractères. Elle n'a cependant pas encore livré tous ces secrets car, en dépit des nombreuses possibilités qu'elle offre, certains inconvénients persistent toujours (Benettayeb Z., 2011).

6.3.1. Modes de multiplication utilisés chez les agrumes

6.3.1.1. Le marcottage

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

Il existe plusieurs méthodes de marcottage :

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

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

6.3.1.2. Le greffage

Le greffage consiste à fixer, le plus intimement possible, un végétal ou une portion de végétal, sur un autre, qui lui sert de support, en vue d'obtenir une soudure. Toute opération de greffage met en présence deux éléments :

- Le sujet qui apportera la partie souterraine, les racines, est appelé sujet porte greffe, SPG.

- Le greffon qui peut être constitué d'un simple bourgeon (œil à bois, écusson) ou d'une portion de rameau de la variété à multiplier et qui constituera la partie aérienne, fidèle en tout point à l'individu sur lequel on l'aura prélevé (Lambert D.).

7. Greffage des agrumes

7.1. Pourquoi greffer ?

La multiplication des arbres fruitiers par le greffage a été découverte il y a quelques milliers d'années par l'observation dans la nature de soudures spontanées entre les arbres.

Le greffage reste le moyen le plus facile et le plus sûr pour propager et conserver les ressources génétiques. C'est une opération qui a pour objet de combiner les caractéristiques avantageuses de deux plants différents en un seul plant (CNCC, 2014).

7.2. Les avantages du greffage

- Reproduire et propager fidèlement de nombreux cultivars de végétaux d'ornement ou des variétés fruitières ne pouvant être reproduit par aucun autre moyen.
- Fixer des mutations sur les variétés fruitières, pour augmenter ou améliorer le nombre des variétés
- Adapter des arbres à la nature du terrain où ils doivent être plantés (climat et sol) en choisissant le bon porte-greffe.
- Cultiver des arbres selon la forme désirée en choisissant un porte-greffe de vigueur déterminée.
- Remplacer une variété par une autre sur un arbre déjà formé ou de restaurer une vieille charpente après rabattage (surgreffage).
- Diminuer l'invasion de certains parasites en greffant sur des porte-greffes résistants sélectionnés par des stations de recherche.
- Avoir une bonne résistance des arbres face aux maladies, car le choix du porte-greffe peut vous permettre de contourner certaines maladies du sol, si vous avez des variétés qui sont tolérantes avec un système racinaire résistants à ces maladies.
- Améliorer la qualité des fruits d'une variété fruitière (grosesseur, goût, couleur, etc.)
- Accroître l'importance de la floraison d'un arbuste.
- Hâter la première mise à fruit d'un arbre, car si un arbre entre en production à 2 ans au lieu d'attendre 7 à 8 ans, vous avez gagné du temps et de l'argent.
- Possibilité pour l'agriculteur d'associer plusieurs variétés sur un même arbre.
- Le port réduit de l'arbre. Il est capital d'avoir des arbres courts et accessibles, car les arbres issus des semis directs vont très haut, ce qui ne facilite la cueillette, à un moment donné les fruits se détériorent en tombant. L'arbre greffé à un port ramassé et la récolte est plus facile.
- Préservation des espèces à disparue.
- En outre, la greffe (comme le clonage) prive la population greffée d'une grande partie de ses atouts évolutifs (faute de reproduction sexuée).

7.3. 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).

7.3.1. 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 (figure 23).

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).

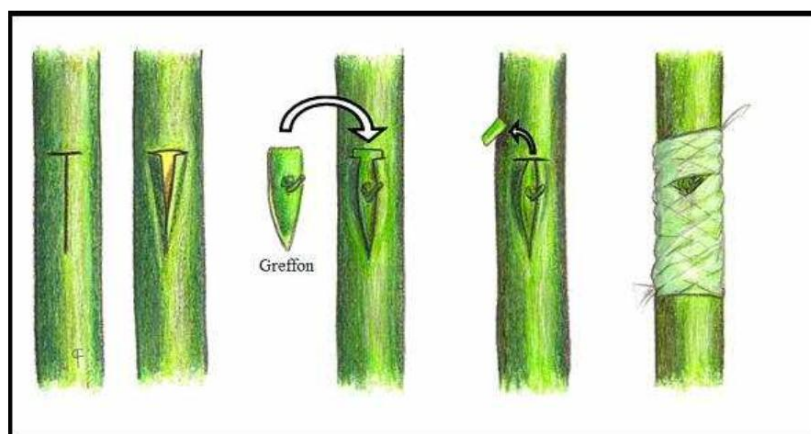


Figure 23 : Technique du greffage en écusson (Jacquemond C. et al, 2009)

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

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

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

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

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

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

L'écussonnage d'automne est plus utilisé que l'écussonnage se printemps et d'été. il réussit bien aux agrumes ainsi que pommier, poirier, cognassier, néflier, amandier et olivier (Benettayeb Z., 2011).

7.3.2. 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 (figure 24).

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).

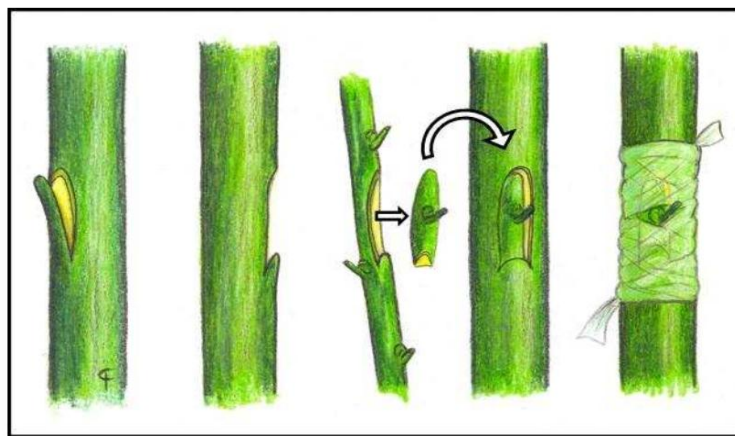


Figure 24 : Technique du greffage en placage (Jacquemond C. et al, 2009)

7.3.3. La greffe en fente simple (ou en fente herbacée)

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

Le porte-greffe est écimé à hauteur de 35-45 cm, et fendu verticalement sur un centimètre. Le greffon est une section entière de jeune pousse, de même diamètre que le porte-greffe. Il est sectionné de manière à ce que l'unique œil soit situé en position centrale. Sa partie basale est taillée en double biseau, au scalpel, puis enchâssée dans la fente réalisée sur le porte-greffe. Le tout est ensuite soigneusement ligaturé à l'aide de Parafilm, en prenant soin de recouvrir également la plaie « » de taille située au sommet du greffon. La greffe est ensachée avec deux ou trois feuilles du porte-greffe, la respiration de la plante à l'intérieur du sac plastique créant une atmosphère humide propice au bon démarrage du greffon (figure 25). 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).

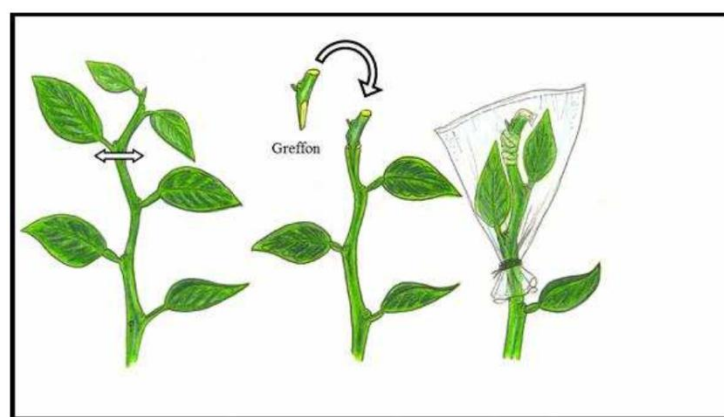


Figure 25 : Technique du greffage en fente herbacée (Jacquemond C. et al, 2009)

7.3.4. 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 (*Citrangé*) 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 26).

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).

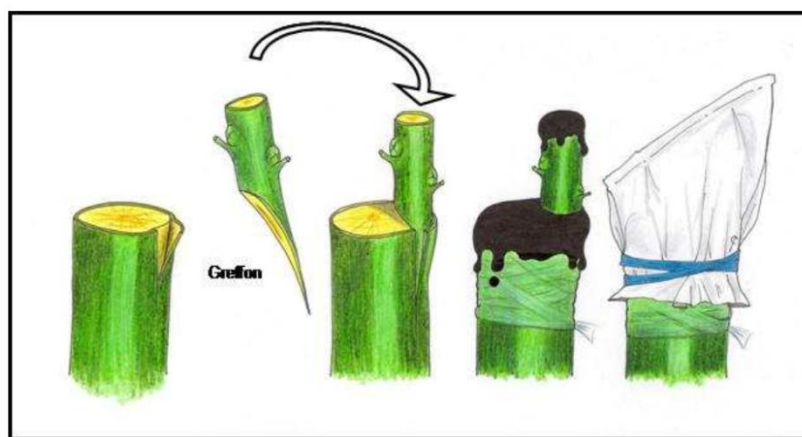


Figure 26 : Technique du greffage en couronne (Jacquemond C. et al, 2009)

7.4. Matériel de greffage

- Couteau de greffage ou greffoir (figure 28): muni d'une spatule qui sert à soulever l'écorce.
- Sécateur (figure 27): permet de pratiquer l'habillage du porte - greffe avant le greffage et de le rabattre sur onglet après la reprise.
- Ruban de polyvinyle transparent : pour la ligature.
- Sachets transparents : pour isoler le greffon.
- Mastic : Sert à protéger les plaies contre les attaques fongiques, évite la dessiccation des tissus, favorise la cicatrisation après greffage ou après chaque taille.
- Eau de Javel ou alcool: Les outils de greffage doivent être désinfectés régulièrement pour lutter contre la transmission des maladies. Il faut éviter la souillure des outils par la terre et la sève séchée pour éviter de salir les plaies de greffage et pour s'assurer d'une coupe franche et nette (CNCC, 2014).



Figure 27 : Sécateur



Figure 38 : Couteau de greffage

7.5. Les conditions de réussite de greffage

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

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

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

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

5. **Choix de la bonne époque de greffage**

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

6. **Propreté du matériel utilisé**

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

7. **L'air ambiant : Température et humidité**

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

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

8. **Préparation de porte-greffe et de greffon**

- La qualité des greffons est un facteur essentiel de la reprise au greffage, leur identité génétique, leur bon état nutritionnel et hydrique, et leur bon état sanitaire sont déterminants.

- La croissance, l'irrigation et la fertilisation du porte-greffe doivent être parfaitement maîtrisées avant et après greffage.

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

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

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

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

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

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

10. Soins après greffage

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

7.6. Mécanisme de soudure ou Callogènèse

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

La ligature, faite à l'aide de raphia ou de bandes de plastique à greffer (parafilm), doit être ferme et couvrante. Il ne faut pas la laisser en place plus de trois semaines, afin d'éviter les risques de moisissure et d'étranglement.

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

7.6.1. Explication physiologique de l'opération de greffe

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

Les tissus conducteurs étant situés sous l'écorce (figure 29), toute altération mécanique ou parasitaire à ce niveau de l'arbre peut entraîner des perturbations dans les mécanismes de transfert.

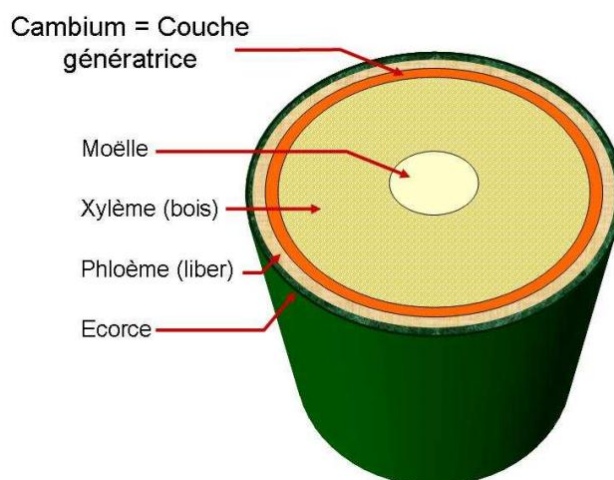


Figure 29 : Coupe transversale d'un tronc d'arbre (Jacquemond C. et al, 2009)

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 30) :

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

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

• Phase II : Prolifération 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 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).

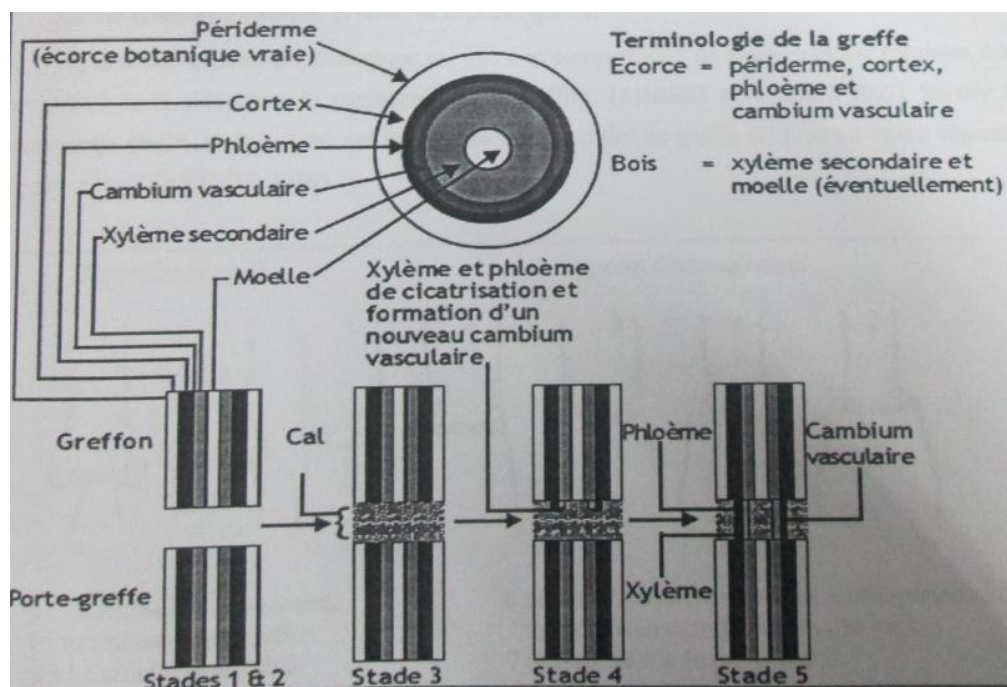


Figure 30 : Le mécanisme de soudure entre le greffon et le porte-greffe (Jaeniske, 2003)

• Phase III : Néoformation cambiale :

Suite à l'accolement de cellules frontales des cals, (Suriyapanant 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 intègre mais aussi la même autonomie de fonctionnement dès que les cellules du phloème et les cellules du xylème s'unissent (Jaenicke, 2003).

7.6.2. L'affinité entre le greffon et le porte-greffe

Bien qu'il soit possible de greffer une variété sur un porte-greffe de la même espèce ou du même genre, toutes les associations ne confèrent pas la même pérennité ni le même développement. C'est la notion d'affinité physiologique ou d'incompatibilité de greffe que l'on évoque ici. La greffe est avant tout le résultat de l'union de deux cicatrices. C'est cette aptitude à l'union, se traduisant par la reconstitution d'un cambium commun et la connexion des vaisseaux des deux parties, que l'on nomme affinité. On trouve tous les degrés entre l'affinité complète et l'incompatibilité totale (cas où les greffes ne se soudent pas). Une mauvaise affinité crée des déformations et des points de faiblesse au niveau de la ligne de greffe, qui peuvent sérieusement compromettre le bon développement de l'arbre et accélérer son vieillissement (figure 31).

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).

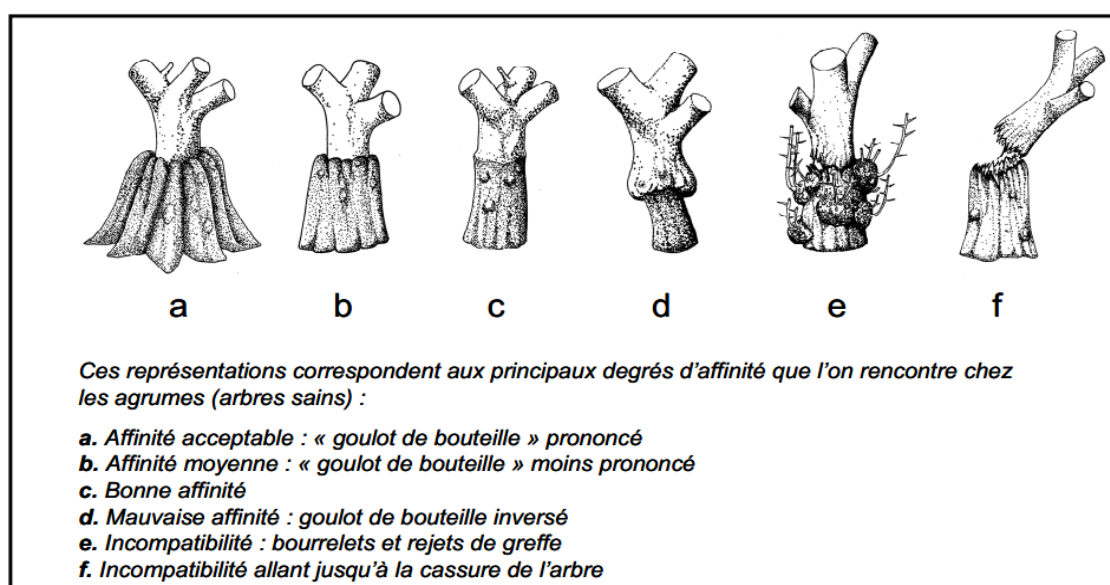


Figure 31 : Principaux degrés d'affinité entre variété et porte-greffe chez les agrumes (Jacquemond C. et al, 2009)

7.7. Les incompatibilités au greffage

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

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

7.7.1. Incompatibilité totale

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

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

7.7.2. Incompatibilité mécanique dans l'union ou localisée

C'est une incompatibilité interspécifique qui est due à une faiblesse de soudure au point de greffe et qui conduit à une rupture de l'union à la suite d'une force mécanique ou d'un vent violent. Elle est couramment chez les arbres fruitiers.

Les anomalies structurales du bourrelet de greffe sont multiples, interruption des connexions vasculaires par dépôt des parenchymes ligneux, distorsion très accentuée des tissus vasculaires localisés dans la zone d'union (Scheidecker, 1961) qui peut aboutir au décollement de l'union sans symptômes externes 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).

7.7.3. Incompatibilité biochimique dite transloquée ou foliaire

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

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

7.7.4. Incompatibilité virale

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

Elle peut se manifester de deux manières :

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

Toxopeus (1936) cité par Marenaud (1971) a observé ce type d'incompatibilité à Java, entre l'orange douce et beaucoup d'autres espèces de citrus, notamment le bigaradier. Il a découvert, grâce à l'emploi d'un intermédiaire, que l'orange produit des substances qui sont toxiques pour le bigaradier. Ces substances se sont révélées en fait, une virose latente appelée Tristeza ou Quik Decline.

Ce type d'incompatibilité peut être provoqué par la transmission du virus lors du greffage ou par un vecteur (puceron) après le greffage. Le virus se manifeste alors quand 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.

7.8. Le surgreffage

Le surgreffage, appelé aussi 'regreffage' ou 'double greffage', est une pratique horticole courante qui consiste à insérer une portion de bois intermédiaire entre le porte-greffe et le greffon.

La variété intermédiaire a surtout un rôle de transit des minéraux mais, son action pourrait d'après Boulay (1989) varier selon la longueur et le calibre des vaisseaux conducteurs. En générale, la longueur optimale de la portion intermédiaire est de 30 cm.

Le recours au surgreffage se justifie dans les conditions suivantes :

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

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

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

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

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

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

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

7.9.1. Influence intrinsèque du porte-greffe et la variété greffon

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

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

7.9.1.1. Influence sur la vigueur

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

- **La circonférence du tronc**

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

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

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

- **Le port de l'arbre**

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

7.9.1.2. Influence sur l'entrée en fructification et la longévité

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

Les professionnels savent que l'influence du porte-greffe sur le début de fructification est en relation avec son influence sur la vigueur de l'arbre. C'est pourquoi, l'usage de porte-greffe vigorisant ne favorise pas, à l'inverse des porte-greffes faibles ou naissants, une mise à fruit précoce.

Pratt (1990) a été démontré qu'en plus d'une fructification précoce, les porte-greffes de faible vigueur induisent aussi une réduction de la longévité des arbres. Par exemple, les agrumes greffés sur bigaradier vivent plus longtemps que sur cédratier ou sur *Poncirus trifoliata*.

7.9.1.3. Influence sur la floribondité et productivité

L'influence du porte-greffe sur la floribondité (importance de floraison) et la productivité de la variété greffon a fait l'objet de divers études. Malgré cela, les chercheurs qui se sont intéressés de plus près à cette interaction ne font pas l'unanimité sur son intensité.

La bonne compréhension de la corrélation porte-greffe-productivité de la variété greffon, passerait par la prise en compte des facteurs pouvant jouer un rôle dans le processus de floraison et de fructification.

7.9.1.4. Influence sur la maturité des fruits et la récolte

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

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

7.9.1.5. Influence sur la qualité des fruits

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

7.9.1.6. Influence sur la résistance au climat et aux maladies et parasites

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

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

La résistance et la tolérance des porte-greffes à l'asphyxie radiculaire, à la sécheresse du sol, à la chlorose calcaire, aux gelées de printemps ainsi qu'aux maladies et aux parasites du sol, sont des qualités essentielles que les arboriculteurs recherchent. C'est pratiquement pour cette raison que l'emploi des porte-greffes clonaux, reconnus pour leurs qualités agronomiques, se généralise.

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

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

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

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

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

Le fonctionnement harmonieux et l'efficacité d'un arbre fruitier greffé, dépend en bonne partie du bon choix des deux partenaires de la greffe, d'un échange nutritif et hormonal mutuel équilibré, ainsi que des possibilités offertes par le porte-greffe à satisfaire les exigences de la variété greffon. Pages (1988) considère aussi que l'objectif commun du porte-greffe et du greffon est d'assurer la très grande majorité des échanges avec le milieu extérieur.

Le système foliaire assure la nutrition carbonée. Il peut selon ses besoins, accumuler et utiliser les éléments nutritifs et les substances de croissance émanant du système racinaire. D'autre part, son influence sur la différenciation nutritionnelle minérale s'exerce principalement sur les cations, notamment le potassium.

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

Le développement racinaire (croissance et ramification) subit à son tour l'influence du volume de sol et de sous-sol, des propriétés physico-chimiques du sol et des techniques d'entretien du sol. La température a également selon Davenport (1990). Un rôle dans la croissance et l'activité racinaire.

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

Dans un essai sur les Citrus, Castle et Krezdorn (1975) ont greffés le Tangelo 'Orlando' sur onze porte-greffe, et ont constatés une absorption différentielle de l'azote, magnésium et potassium par le porte-greffe.

L'équilibre entre le porte-greffe et le greffon n'est pas uniquement nutritif, mais également d'ordre végétatif.

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

8. Les Variétés d'agrumes

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

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

8.1. Les objectifs d'amélioration des cultivars

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

8.2. 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.

8.3. 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 (voir annexe 1), on cite quelques variétés dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Les principales variétés cultivées d'agrumes (Jacquemond C. et al, 2009 et autres)

| Sous-groupe | Groupe et Variété |
|--|--|
| Les Oranges <i>Citrus sinensis L.</i> | |
| Les Navels | Orange Navelina, Orange Thomson navel, Orange Washington navel, Orange Cara Cara navel, Orange Lane Late navel |
| Les blondes | Oranger Valencia, Oranger Hamlin |
| Les sanguines | Orange Doublefine, Orange Moro, Orange Sanguinelli |
| Les Mandarines et leurs hybrides <i>Citrus reticulata L.</i> | |
| Communs | Mandarine Méditerranéenne |
| Satsumas | Satsuma Miho et Satsuma Wase |
| Tangelos | Tangelo Orlando, Tangelo Minneola |
| Tangors | Tangor Ortanique, Afourer, Tangor Ellendale, Tangor Murcott |
| Les Clémentines <i>Citrus reticulata L.</i> | |
| Clémentine Nules, Clémentine Caffin, Clémentine Ragheb, Clémentine Monreal, Clémentine commune 63, Clémentine commune 92, Clémentine Muska, Nova | |
| Les citrons <i>Citrus limon L.</i> | |
| Citron Eureka Frost, Citron Feminello, Citron Panaché | |
| Les limes <i>Citrus aurantifolia L.</i> | |
| Les limes acides | Lime Mexicaine, Lime Tahiti |
| Les limes doux | Lime de Palestine, Limonette de Marrakech |
| Les Pamplemousses <i>Citrus maxima L.</i> | |
| Pamplemousse Goliath | |
| Les Pomelos <i>Citrus paradisi L.</i> | |
| Pomelo March, Pomelo Star Ruby | |
| Les Kumquats <i>Fortunella sp. L.</i> | |
| Le Nagami, Le Marumi | |
| Les Cédratiers <i>Citrus medica L.</i> | |

9. Les porte-greffes d'agrumes

9.1. Les critères d'amélioration des porte-greffes

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

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

9.2. Les critères de choix des porte-greffes

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

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

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

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

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

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

9.3. La sélection des porte-greffes

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

Depuis plus de cinquante ans, le travail de sélection des porte-greffes pour le clémentinier a représenté une part importante de l'activité de la Station de recherches agronomiques (SRA) de San Giuliano. Après la prospection de porte-greffes potentiellement intéressants dans différents grands pays agrumicoles, ceux-ci ont été introduits sur la station de recherche. Des travaux d'assainissement et des tests sanitaires ont systématiquement été réalisés.

Pour chacun des essais mis en place, un travail rigoureux de notations a été réalisé (vigueur, rendement, qualité des fruits...) sur des périodes de 10 à 20 ans, parfois plus.

Les sélectionneurs attendent en général d'avoir au minimum une dizaine d'années de résultats pour être en mesure de conseiller aux agrumiculteurs un nouveau porte-greffe.

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

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

9.4. Les principaux porte-greffes d'agrumes

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

Tableau 3 : Les principaux porte-greffes d'agrumes (Jacquemond C. et al, 2009, et autres)

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

9.5. Les porte-greffes conventionnels utilisés en Algérie

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

Dans l'ensemble des pays agrumicoles, avant que n'apparaisse la Tristeza, les différentes espèces d'agrumes étaient greffés sur le porte-greffe bigaradier qui s'est révélé sensible à cette maladie, représentant un menace pour les vergers insulaires.

Ainsi, les pays agrumicoles ont été contraints d'orienter les travaux de recherche sur l'étude de porte-greffes tolérants à cette maladies et présentant des qualités bénéfiques comme le bigaradier (Meziane, 1987). Les porte-greffes répondants à ces profiles 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 est 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 bigaradier. Il utilisé comme porte-greffe de substitution dans plusieurs pays, il s'est révélé sensible à la gommose à phytophthora (Meziane, 1987).

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

10. Certification du matériel végétale agrumicole et les normes de production de plants

La certification est devenue un outil très important dans l'obtention de plants de qualité aussi bien de point de vue variétale que sanitaire (Boubker, 1999).

C'est une démarche qui permet d'authentifier le respect par le producteur de toutes les exigences d'une multiplication conforme. La certification consiste à surveiller les différentes phases d'élaboration du plant fruitier (Aubert et Vullin, 1997).

En Algérie, la réalisation des opérations de certification est confiée au Centre National de Certification et de Contrôle de plants et de semence (CNCC) suivent le règlement

technique relatif à la production, au contrôle, au conditionnement, à la conservation et à la certification des semences et des plants d'agrumes (Amirouche, 2007).

10.1. Le contrôle variétal et le contrôle sanitaire

Les contrôles s'exercent à tous les stades de production et de commercialisation des semences et des plants d'agrumes, ils sont nombreux et de modalités diverses.

9.1.1. Le contrôle au champ

Ce contrôle porte sur les différentes cultures ayant fait l'objet d'une déclaration au préalable, par des visites périodiques sur le terrain qui consistent à vérifier :

- Le nombre de plants déclarés.
- L'origine et la catégorie des plants et des semences utilisés.
- Le respect de la rotation et de l'isolement.
- L'état sanitaire et l'état végétatif des plants.
- L'authenticité variétale.
- L'homogénéité des porte-greffes.
- La réussite de greffage.
- L'estimation de la production en semences, en greffon et en porte-greffes.

9.1.2. Le contrôle au laboratoire

Ce contrôle est exercé sur les catégories du matériel végétal, il concerne :

- La qualité des semences.
- L'état sanitaire des plants.

10.2. Les variétés admises à la certification

Seules peuvent être certifiées les semences et les plants des variétés et des porte-greffes inscrits au catalogue officiel des espèces et des variétés de plantes cultivables en Algérie ou sur la liste provisoire des variétés admises au bénéfice de la certification. Ceci, afin d'apporter aux arboriculteurs toutes garanties sur la pureté variétale, les qualités agronomiques et la valeur commerciale des plants fruitiers.

10.3. Les catégories du matériel végétal certifié

Les catégories du matériel végétal certifié d'agrumes sont le matériel de départ, le matériel de pré-base, le matériel de base et le matériel certifié.

10.4. Les normes phyto-techniques

9.4.1. La semence

Le contrôle de la semence porte sur la faculté germinative, la pureté spécifique et la pureté variétale. La qualité de la semence doit être conforme aux prescriptions du tableau.

Tableau 5 : Caractéristiques phytotechniques des semences de porte-greffes utilisés en Algérie (ANONYME, 1995)

| Espèces | Taux minimal de germination | Taux minimal de pureté variétale | Taux minimal de pureté spécifique |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Citrus aurantium</i> | 85 % | 98 % | 99 % |
| <i>Poncirus trifoliata</i> | 80 % | 98 % | 99 % |
| <i>Citrangle troyer</i> | 80 % | 98 % | 99 % |
| <i>Citrangle carrizo</i> | 80 % | 98 % | 99 % |
| <i>Mandarinier cléopatre</i> | 80 % | 99 % | 99 % |
| <i>Citrus volkamériana</i> | 80 % | 98 % | 99 % |
| <i>Citrus macrophylla</i> | 80 % | 98 % | 99 % |
| <i>Citrus citrumelo</i> | 80 % | 98 % | 99 % |

9.4.2. Les porte-greffes

La certification des porte-greffes exige la reconstitution des pépinières et la création de vergers producteurs de semences dont l'entrée en production est lente (Moati, 1986). Les qualités phytotechniques à contrôler sont regroupées dans le tableau.

Tableau 6 : Normes phytotechniques d'un bon porte-greffe (CNCC, 2014)

| Paramètres | Plein champ | Hors sol |
|---------------------------|--|---|
| Age | 12 mois à partir de la date du semis | 6-12 mois à partir de la date du semis |
| Diamètre à 5 cm du collet | 5-7 mm | 3-7 mm |
| Racines | Pivot de 10 à 15 cm de la longueur rectiligne avec des racines secondaires | Pas d'enroulement sur les parois du conteneur |
| Partie aérienne | Posséder 10 à 12 feuilles au minimum | Posséder 4 à 6 feuilles au minimum |
| Aoûtement | Sur une hauteur minimale de 5 cm à partir du collet | Pas d'exigence |

9.4.3. Le plant greffé

Le contrôle du plant greffé offre aux agriculteurs un certain nombre de garanties. Ces garanties portent sur l'authenticité variétale, l'état sanitaire des plants ainsi que les qualités phytotechniques.

Tableau 7 : Normes phytotechniques d'un bon plant d'agrumes (CNCC, 2014)

| Paramètres | Plein champ | Hors sol |
|--|--|--|
| Age | 36 mois à partir de la date de repiquage | 18-26 mois à partir de la date de repiquage |
| Diamètre de la greffe à 10 cm du point d'insertion | 10-20 mm | 10-15 mm |
| Longueur de la pousse | 30-40 cm | 20-30 cm |
| Aoûtement de la greffe | Sur une hauteur minimale de 10 cm | Sur une hauteur minimale de 5 cm |
| Mode de greffage | En écusson (à œil poussant ou dormant) | Mini-greffage (Placage) |
| Caractéristiques de la motte et du conteneur | Motte : 20 à 25 cm de diamètre 25 à 30 cm de hauteur | Conteneur : 16 à 20 cm de diamètre 25 à 35 cm de hauteur |

10.5. Les normes phytosanitaires

Le matériel végétale de multiplication agrumicole doit être reconnu indemne des organismes nuisibles cités ci-après :

- Les viroses et mycoplasmes : la Tristeza, le *Greening*, les *Psoroses*, l'*Exocortis*, le *Stubborn* et l'*Impietratura*.
- Les nématodes : *Thylenchulus semipenetrans*, *Radophalus citrophilus* ...etc.
- Les bactéries : le chancre bactérien des agrumes.
- Les cryptogames : la gommose parasitaire et le *Mal secco*.
- Les insectes : les aleurodes, les psylles, la mineuse des agrumes, les cochenilles, les pucerons... etc.

10.6. L'emballage

Selon Loussert (1989), la semence et le greffon doivent être conditionnés dans des emballages comportant des étiquettes afin d'identifier le contenu de ces sachets.

- Un plant, s'il est produit en 'plein champ' doit être arraché avec une motte entière, non désagrégée, enveloppée dans des plastiques et attachée fortement par deux liens, l'un à son milieu et l'autre au niveau du collet du plant.
- S'il est produit en 'hors sol' il doit être en pot ou en sachet et ne pas subir de transvasement. Il doit également porter une étiquette comportant le nom de l'espèce, de la variété et éventuellement le numéro de clone, la date limite de la commercialisation et le numéro du lot.

La présence d'étiquette de certification n'entraîne aucune modification des principes généraux du droit relatif à la vente. Elle indique seulement que les opérations de contrôle ont été effectuées par l'organisme de certification selon les prescriptions du règlement technique (Gacem H., 2007).



PARTIE

EXPERIMENTALE

I. MATERIEL ET METHODES

1. Objectif de l'essai et lieu de l'expérimentation

1.1. Objectif

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

Cette étude porte particulièrement sur ces critères :

1. L'influence du porte-greffe sur la reprise au greffage.
2. Le développement des plants greffés au stade pépinière.
3. L'effet des différentes conditions sur le résultat de greffage.

1.2. Présentation de lieu de l'expérimentation

Les essais ont été mis en place à la pépinière de Garden (figure 32).



Figure 32 : Pépinière Garden, Alger

La pépinière **Garden** est un établissement privé à caractère administratif doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, sous tutelle **ACI**, il a été créé en 2005.

Elle est située à Cheraga au niveau d'Alger (figure 33), et dispose, en son siège d'un complexe de production et de vente spécialisés dans les différentes disciplines de la production, notamment la vente des plantes ornementales, maraichères, et d'agrumes de haute qualité, avec un service de conseils et d'aménagement des espaces verts.



Figure 33 : Site de la pépinière d'agrumes GARDEN

1.3. Les services de la pépinière

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

2. Matériel végétal

2.1. Caractéristiques des porte-greffes étudiés

2.1.1. Critères de choix de la qualité du porte-greffe. :

1. Plant non greffé
2. Racines non torsionnées (enroulées, courbées) ou nues (figure 34)
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

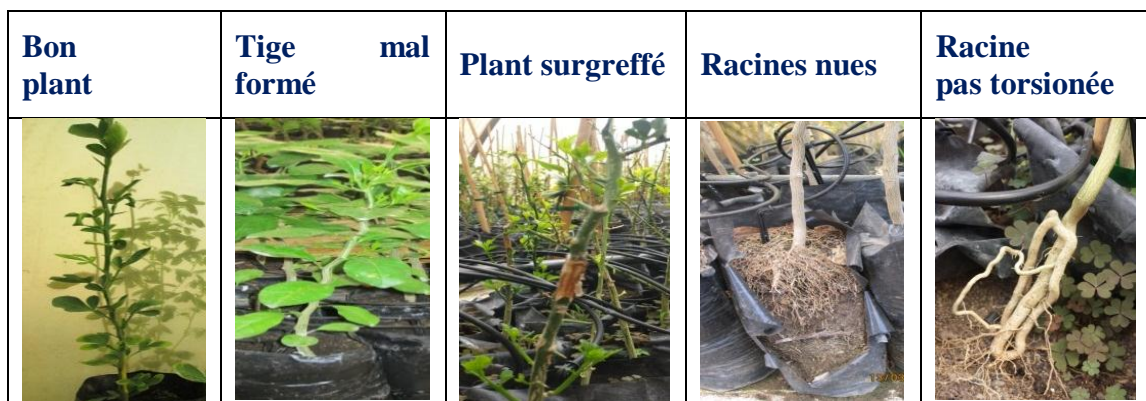
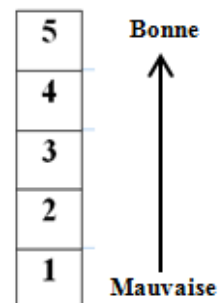


Figure 34 : Différentes qualités de porte-greffes

- Performances agronomiques sur le greffon

Tableau 10 : Performances agronomiques sur le greffon (variété)

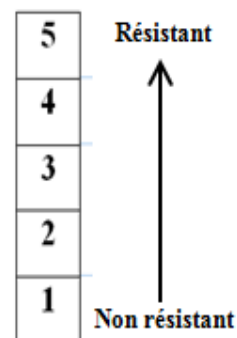
| Critères | | Citrus Volkameria na | Citrang Carrizo | Poncirus Trifoliata |
|----------|--|----------------------------|--------------------|------------------------|
| Arbre | Vigueur | 5 | 4 | 2 |
| | Rapidité de mise à fruit | 5 | 4 | 2 |
| | Rendement | 5 | 4 | 4 |
| Fruit | Augmentation du calibre | 2 | 3 | 2 |
| | Aspect de la peau (granuleux à lisse) | 2 | 5 | 5 |
| | Épaisseur de la peau (épaisse à fine) | 2 | 4 | 5 |
| | Intensité de la coloration externe | 2 | 4 | 5 |
| | Taux de jus | 2 | 4 | 5 |
| | Taux de sucre | 2 | 4 | 5 |
| | Taux d'acidité | 1 | 4 | 5 |
| | Equilibre sucre-acide | 3 | 4 | 4 |



- Sensibilité aux maladies

Tableau 11 : Sensibilité aux principales maladies conférées à la variété par le porte-greffe

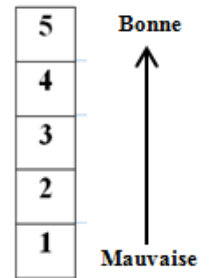
| | Citrus Volkameriana | Citrang Carrizo | Poncirus Trifoliata |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| Tristeza | 5 | 5 | 5 |
| Exocortis | 5 | 2 | 1 |
| Cachexie | 1 | 5 | 5 |
| Cristacortis | 5 | 5 | 5 |
| Psoros | 5 | 5 | 5 |
| Gommose | 2 | 4 | 5 |
| Blight | 2 | 4 | 5 |
| Nématode <i>T. semi-penetrans</i> | 1 | 1 | 1 |



• Comportement en pépinière







Tableau 12 : Comportement des porte-greffes en pépinière (Jacquemont C. et al, 2013)

| | Citrus Volkameriana | Citrange Carrizo | Poncirus Trifoliata |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Résistance à la fente de semis | 3 | 4 | 5 |
| Vigueur du plant | 5 | 4 | 2 |
| Greffage | 5 | 5 | 1 |
| Reprise au greffage | 5 | 4 | 3 |






• Caractères morphologiques

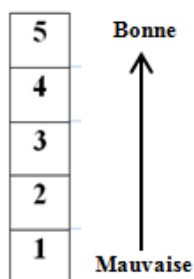
Tableau 13 : Morphologie des P.G. utilisés

| Porte-greffe | Citrus Volkameriana | Citrange Carrizo | Poncirus Trifoliata |
|--------------|---|--|---|
| Racines | Profondes, dense | Pivotante, dense | Pivotante, superficielle |
| Feuilles | Persistantes | Persistantes | Caduques |
| Tige |  |  |  |
| Limb |  |  |  |

2.1.3. Caractéristiques des variétés étudiées

Tableau 13 : Caractéristiques agronomiques des variétés étudiées

| Variété | | <i>Orange Navelina</i> | <i>Clémentine Nules</i> | <i>Citron Eureka</i> |
|--------------------|------------------------|---|--|---|
| | |  |  |  |
| Zone de production | | Etats-Unis, Espagne | Le Bassin méditerranéen | La plus cultivée dans le monde |
| arbre | Vigueur | 4 | 4 | 5 |
| | Frondaison | 5 | 5 | 4 |
| Fruit | Productivité | 4 | 4 | 5 |
| | Entrée en production | 5 | 3 | 5 |
| | Calibre | 4 | 5 | 5 |
| | Teneur en jus | 5 | 4 | 5 |
| | Saveur (sucre acidité) | 4 | 5 | / |
| | Poids moyen | 100 à 200 g (sans pépin) | 80 - 110 g | 80 et 150 g |
| Sensibilité | | Cératite | Gommose à Phytophthora, vent, risque de marbrures et de gel sur fruits | / |



3. Protocole expérimental

3.1. Présentation de l'essai

Avant le greffage, on prépare trois espèces de porte-greffes, cinq sujets pour chaque espèce, et ils sont choisis de serres d'élevage par les critères précédents. Puis chaque porte-greffe doit greffer par trois variétés d'agrumes, dont chaque association va multipliée par cinq répétitions (individus).

On fait la même expérience dans trois milieux avec conditions de culture différentes, en particulier la température et l'humidité.



Figure 35 : Les trois milieux de l'essai

3.2. Dispositif expérimentale

- Le dispositif expérimental adopté pour cet essai est un Split-plot par bloc (figure 36), avec trois facteurs de variation qui sont :
 - a. Le porte-greffe avec trois variantes :
 - P.G. 1 : Citrus Volkameriana
 - P.G. 2 : Citrange Carrizo
 - P.G. 3 : Poncirus Trifoliata
 - b. La variété greffon avec trois variantes :
 - Variété 1 : Orange Navelina
 - Variété 2 : Clémentine Nules
 - Variété 3 : Citron Eureka
 - c. La position qui offre les conditions de culture telle que la température et l'humidité, avec trois variantes (figure 35) :
 - Milieu 1 : Serre multi-chapelles chauffée
 - Milieu 2 : Serre tunnel ordinaire (à couverture plastique jaune)
 - Milieu 3 : Plein champ (serre protégée seulement par un insecte-proof)

L'essai porte sur neuf combinaisons porte-greffe X variété. Le dispositif comprend cinq répétitions, soit un nombre de 45 plants dans chaque position, soit 135 plants en total.

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 |
| A01 | A16 | A31 | B01 | B16 | B31 | C01 | C16 | C31 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 |
| A02 | A17 | A32 | B02 | B17 | B32 | C02 | C17 | C32 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 |
| A03 | A18 | A33 | B03 | B18 | B33 | C03 | C18 | C33 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 |
| A04 | A19 | A34 | B04 | B19 | B34 | C04 | C19 | C34 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 | V1 |
| A05 | A20 | A35 | B05 | B20 | B35 | C05 | C20 | C35 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 |
| A06 | A21 | A36 | B06 | B21 | B36 | C06 | C21 | C36 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 |
| A07 | A22 | A37 | B07 | B22 | B37 | C07 | C22 | C37 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 |
| A08 | A23 | A38 | B08 | B23 | B38 | C08 | C23 | C38 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 |
| A09 | A24 | A39 | B09 | B24 | B39 | C09 | C24 | C39 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 | V2 |
| A10 | A25 | A40 | B10 | B25 | B40 | C10 | C25 | C40 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 |
| A11 | A26 | A41 | B11 | B26 | B41 | C11 | C26 | C41 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 |
| A11 | A27 | A42 | B12 | B27 | B42 | C12 | C27 | C42 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 |
| A11 | A28 | A43 | B13 | B28 | B43 | C13 | C28 | C43 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 |
| A11 | A29 | A44 | B14 | B29 | B44 | C14 | C9 | B44 |
| PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 | PG1 | PG2 | PG3 |
| V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 | V3 |
| A11 | A30 | A45 | B15 | B30 | B45 | C15 | C30 | C45 |

| | |
|------------|----------------------|
| | Serre chauffée |
| | Serre ordinaire |
| | Plein champ |
| PG | Porte-greffe |
| V | Variété |
| A01 | N° (code) répétition |

Figure 36 : Dispositif général de l'essai

4. Préparation des plants avant greffage

- **Pincement avant greffage** : afin d'éliminer la dominance apicale de la sève pour former le port du plant.
- **Ebourgeonnage** des porte-greffes fait d'une manière continue durant la préparation du porte-greffe dans la serre d'élevage pour favoriser la croissance de la tige en diamètre et avoir un futur tronc régulier.
- Des arrosages réguliers et des désherbages suivis de binages sont effectués régulièrement.
- **La fertilisation** : Les engrais peuvent être ajoutés à la plante dès le repiquage, afin de favoriser la croissance des racines et de tige, jusqu'à une semaine avant l'opération en préférence.
- **Etiquetage** : chaque plant porte une étiquette présente ses informations élémentaires (voir annexe 4).

5. Le greffage

- **Prélèvement des greffons** : Les greffons (figure 39) sont prélevés la veille du greffage sur de jeunes plants multipliés dans la serre multi chapelles de parc à bois (figure 38) (conditions contrôlées), excepté pour les greffons de citronnier prélevés de serre tunnel d'élevage (figure 37). La baguette de greffons est un rameau d'extrémité de l'année, bien vigoureuse, contient des nœuds bien apparus, et ne présentant aucune trace suspecte de maladie.



Figure 37 : Serre tunnel



Figure 38 : Parc à bois



Figure 39 : Greffons

- **La date de greffage** : L'opération de greffage est effectuée le 15 Mars 2017.
- **Mode de greffage**: En écusson

- Les étapes de greffage :

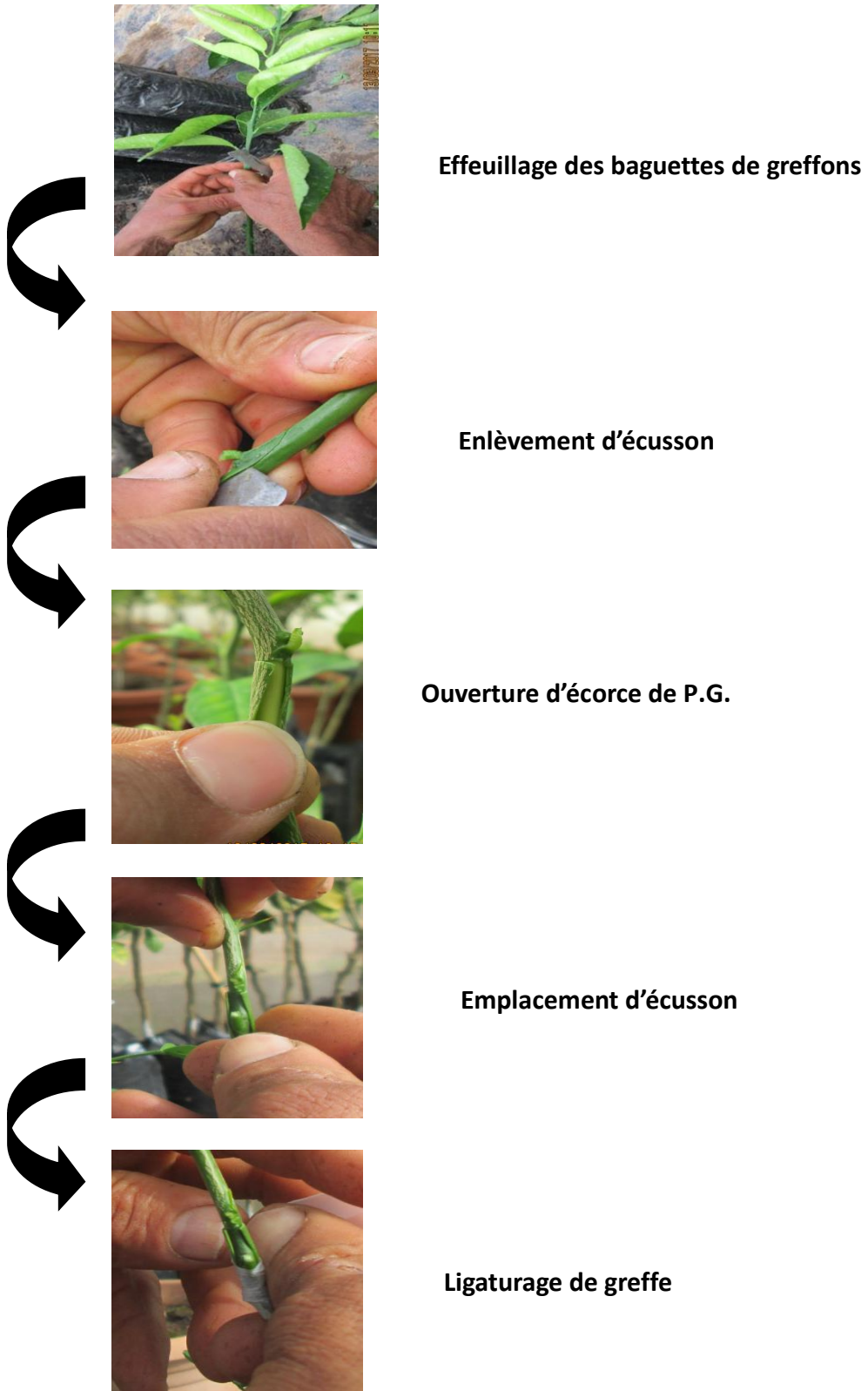


Figure 40 : Les étapes de greffage

6. Entretien des plants après greffage

- **La ligature** : est un parafilm biodégradable (figure 41) : c'est-à-dire qu'on n'a pas besoin d'enlever la ligature après la soudure de la greffe (Délietaturage).



Figure 41 : La ligature plastique de greffe (parafilm) dégradabile

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

- **Ebourgeonnage** : pour favoriser la reprise de la pousse d'œil de greffage (figure 42). La suppression des nouveaux bourgeons se fait surtout au-dessous du point de greffe, mais laisser un seul pour le tire sève à l'apex de la tige.



Figure 42 : Ebourgeonnage

- Suppression des pousses surnuméraires au fur et à mesure de leur apparition à l'aisselle des pousses principales et qui représentent une concurrence potentielle pour celles-ci.
- **Pincement après greffage** : 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** (figure 43): à 10 cm au-dessus du point de greffe, lorsque la callogénèse s'effectue (environ une semaine).
 - **Deuxième pincement** (figure 44): après le débourrement du bourgeon (caulogénèse), juste au-dessus du point de greffage.



Figure 43 : Premier pincement



Figure 44 : Deuxième pincement

- **Masticage** : on couvre bien la coupe de pincement sur la tige par une matière isolante noire appelée « flincotte » pour éviter le dessèchement et toutes infections fongiques lors d'une forte humidité ou stagnation de l'eau dessus.
- **L'écimage** : on supprime les nouvelles pousses du greffon en laissant la plus développée.
- **Tuteurage** : on attache la nouvelle pousse qu'on veut développer avec un tuteur droit (de roseau) pour protéger la pousse sensible contre la cassure par le vent, touches de déplacement, ou autres imprévues.
- **Fertilisation** : dès le débourrement, on procède à des apports d'engrais à base de NPK, l'azote beaucoup plus, pour favoriser la végétation.
- **Traitement phytosanitaire** : plusieurs traitements mixtes ont été utilisés contre la mineuse des agrumes et les pucerons, ainsi que contre les mollusques qui risquent de provoquer des dégâts importants sur les jeunes pousses.

II. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats

1.1. Les paramètres mesurés

Tableau 15 : 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 |

1.2. Les paramètres considérés sur le taux de réussite

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

1.3. La hauteur de point de greffe

La hauteur de point de greffage : 30 cm par rapport au niveau du substrat du sol (suivent la zone de point de greffage et sa régularité, et la distance entre les nœuds), donc, la hauteur réelle doit varier entre 25 et 35 cm).

1.4. Température et Humidité

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

Tableau 14 : Moyennes de Température et Humidité

| | Serre multi-chapelles chauffée | | Serre tunnel ordinaire | | Plein champ | |
|------------------|--------------------------------|------|------------------------|------|-------------|------|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| Température (°C) | 43.6 | 16.9 | 46 | 12.1 | 34.1 | 9.7 |
| Humidité (%) | 82.6 | 28.8 | 87.6 | 30.4 | 87.4 | 19.4 |

Le tableau ci-dessus montre une différence claire entre les trois milieux.

- **Température** : on a dans les min 4.8 °C en plus dans la serre chauffée par rapport à la serre ordinaire, et 7.2 °C par rapport au plein champ. La température max dans la serre chauffée est plus grande de celle de plein champ de 10.5 °C.

- **Humidité** : la valeur min de la serre ordinaire est plus petite en plein champ de 11% par rapport à la serre ordinaire et celle de la serre chauffée se trouve entre eux, mais la valeur max est presque identique.

1.5. Nombre pousses principales

Toutes ces mesures (de pousse principale) ont été faites le 04 Mai 2017, soit 50 jours après le greffage, pour l'ensemble des plants. (Voir annexe 1)

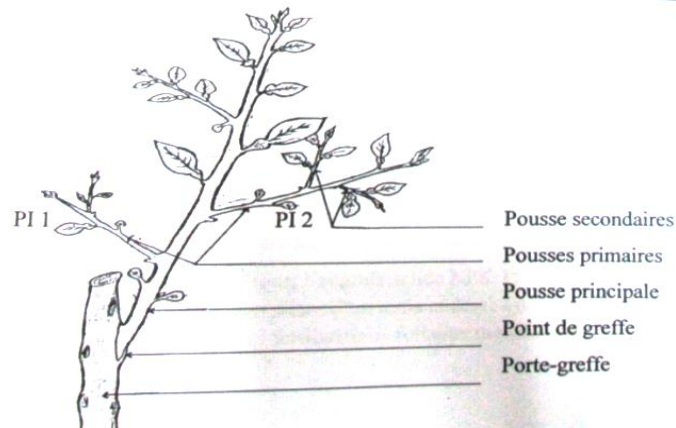


Figure 45 : Représentation schématique d'un plant greffé (Gacem H., 2007)

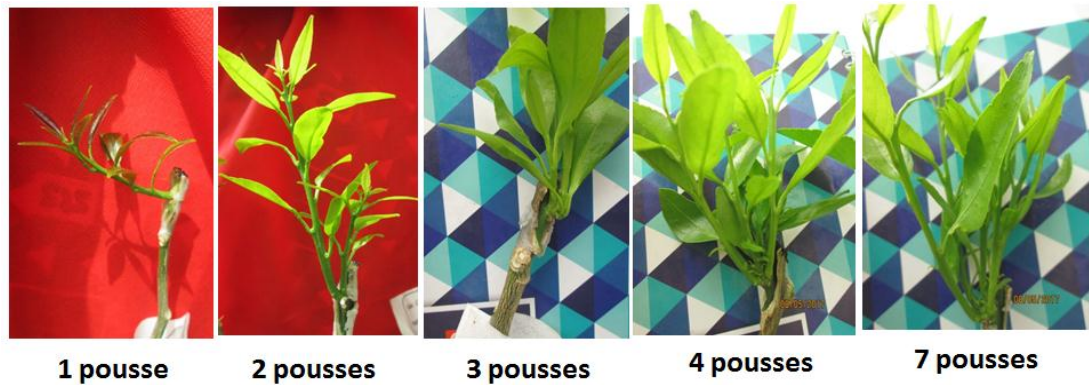


Figure 46 : Nombre de pousses principales



Figure 47 : Les différentes formes et nombre de feuilles de nouvelles pousses

1.6. Durée de reprise au greffage

Tableau 18 : Durée de reprise au greffage (jour)

| Serre | Porte-greffe | Orange Navelina | Clémentine Nules | Citron Eureka |
|-------------|----------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Chauffée | <i>Citrus Volkameriana</i> | 16 | 18.6 | 27.6 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 16 | 18.4 | 24 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 23 | 25.3 | / |
| Ordinaire | <i>Citrus Volkameriana</i> | 21.4 | 35.3 | 30.6 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 27.2 | 25.4 | 25.3 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 19.5 | 22.5 | / |
| Plein champ | <i>Citrus Volkameriana</i> | 38 | 34.6 | 42.4 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 56 | 51.7 | 56 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 36 | / | / |

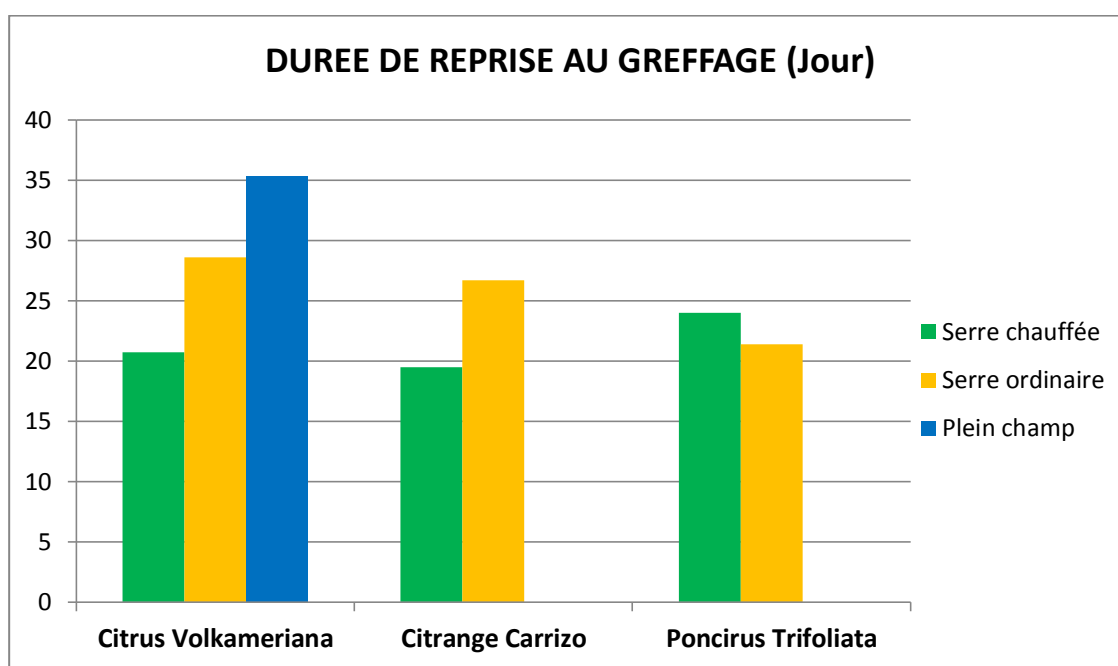


Figure 48 : La durée de reprise au greffage

- La durée de reprise est plus longue chez le Citrus Volkameriana en plein champ et plus courte dans la serre chauffée chez le Citrang Carrizo et le Citrus Volkameriana.
- On remarque qu'il n'y pas de données en plein champ chez le Citrang et le Poncirus car il n'y a aucune reprise.

1.7. La reprise au greffage

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

Le taux de réussite final est déterminé à la fin des observations, soit le 08 Mai 2017 (57 jours après le greffage). Il traduit le nombre réel de plants aptes à être transplanter en verger de production.



Écusson avec épine

Écusson sans épine

Figure 49 : Les épines dans l'écusson

1.7.1. Le taux de reprise au greffage

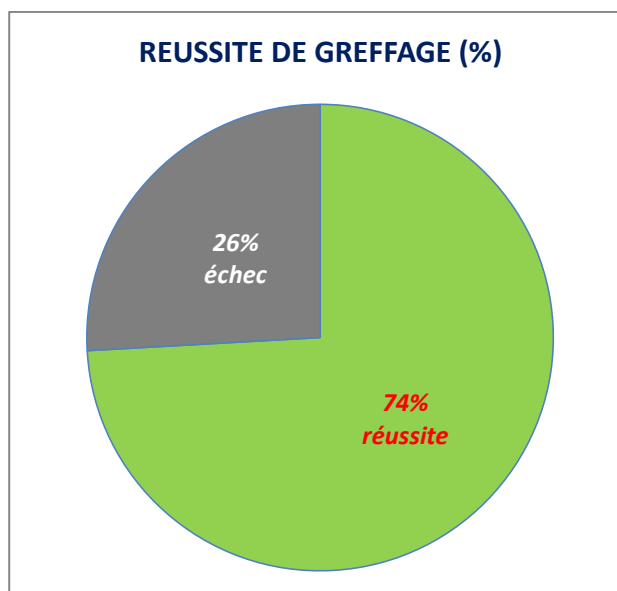


Figure 50 : Taux de reprise au greffage pour l'ensemble des plants greffés

- Le pourcentage d'échec obtenu est dû essentiellement aux conditions climatiques défavorables en milieu plein champ et au phénomène de dormance de porte-greffe *Poncirus Trifoliata*.

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

| Serre | Porte-greffe | Orange Navelina | Clémentine Nules | Citron Eureka |
|-------------|----------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Chauffée | <i>Citrus Volkameriana</i> | 100 | 100 | 100 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 100 | 100 | 100 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 100 | 80 | 0 |
| Ordinaire | <i>Citrus Volkameriana</i> | 100 | 80 | 100 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 100 | 100 | 100 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 100 | 40 | 0 |
| Plein champ | <i>Citrus Volkameriana</i> | 100 | 80 | 100 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 40 | 60 | 80 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 20 | 0 | 0 |

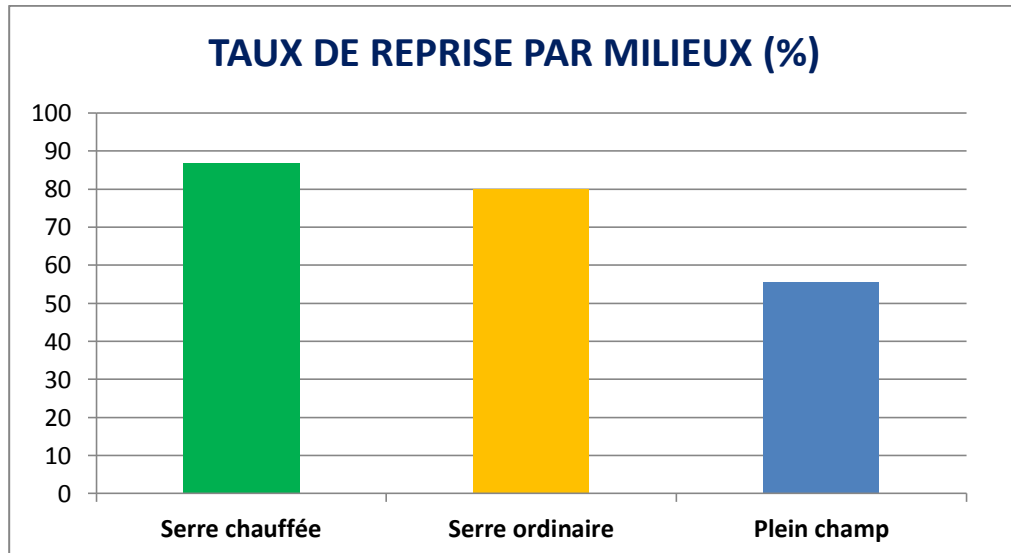


Figure 51 : Le taux de reprise au greffage dans les trois milieux

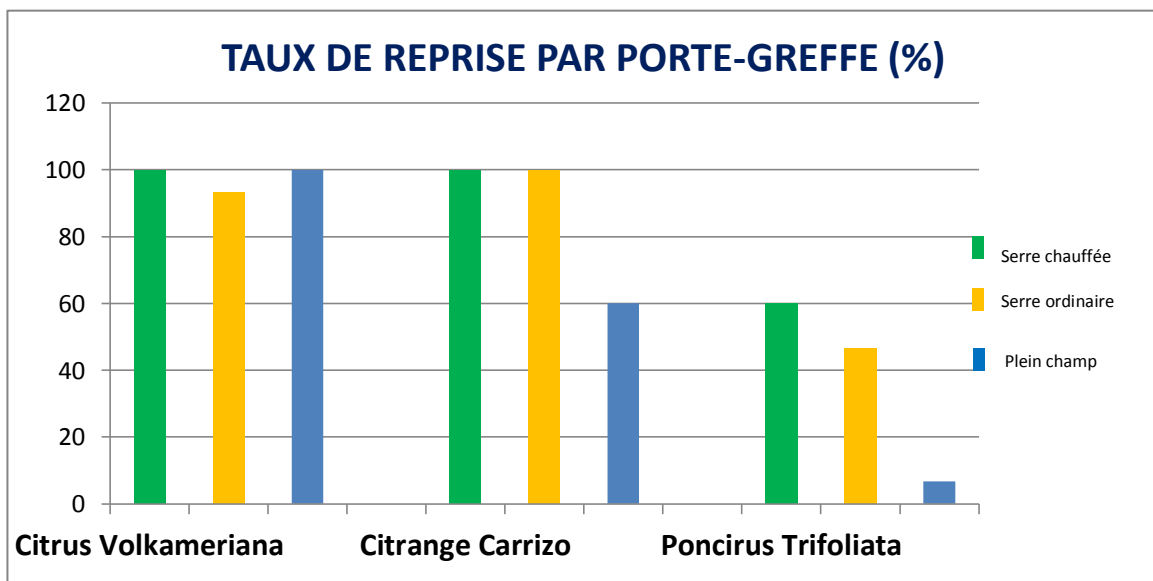


Figure 52 : Le taux de reprise au greffage des trois porte-greffes

- On constate que le taux de reprise est presque semblable entre les trois milieux chez le Citrus Volkameriana, et qu'il y a une petite régression chez le Citrange Carrizo en plein champ. Le Poncirus Trifoliata a un taux de reprise très variable entre les milieux, il est très faible en plein champ

1.7.2. Les étapes de reprise au greffage

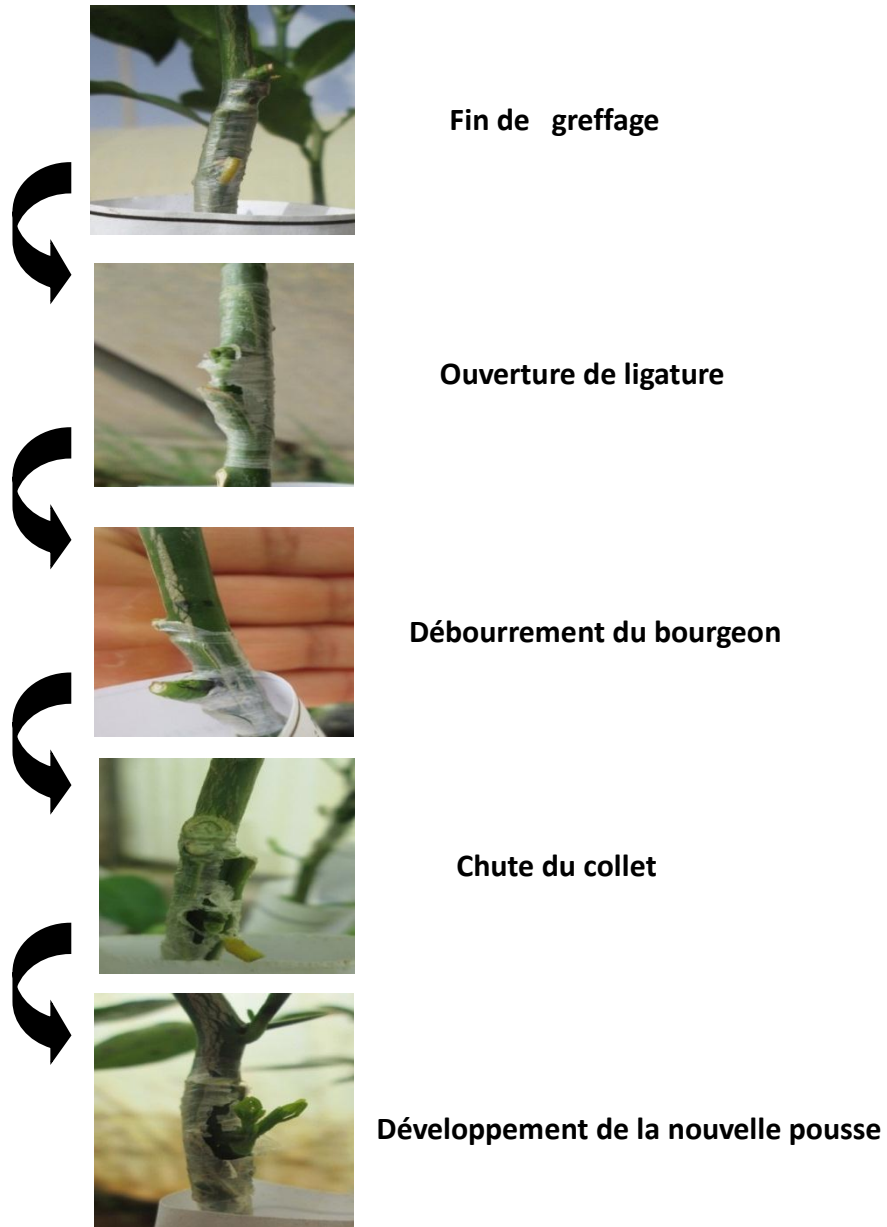


Figure 53 : Les étapes de reprise au greffage

1.7.3. Les causes d'échec de greffage

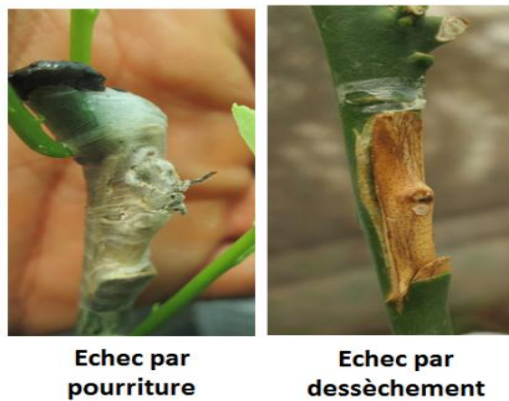


Figure 54 : Causes d'échec de greffage observées

1.8. Longueur moyenne de la pousse principale

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

Tableau 19 : Longueur moyenne de la pousse principale (cm)

| Serre | Porte-greffe | Orange Navelina | Clémentine Nules | Citron Eureka |
|-------------|----------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Chauffée | <i>Citrus Volkameriana</i> | 17.6 | 22.8 | 13 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 15 | 12.7 | 8.8 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 5.9 | 4.4 | / |
| Ordinaire | <i>Citrus Volkameriana</i> | 18.2 | 2.1 | 8.6 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 11 | 9.2 | 9 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 5.6 | 10 | / |
| Plein champ | <i>Citrus Volkameriana</i> | 5.5 | 5.9 | 3.8 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 0 | 0.8 | 0 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 4.5 | / | / |

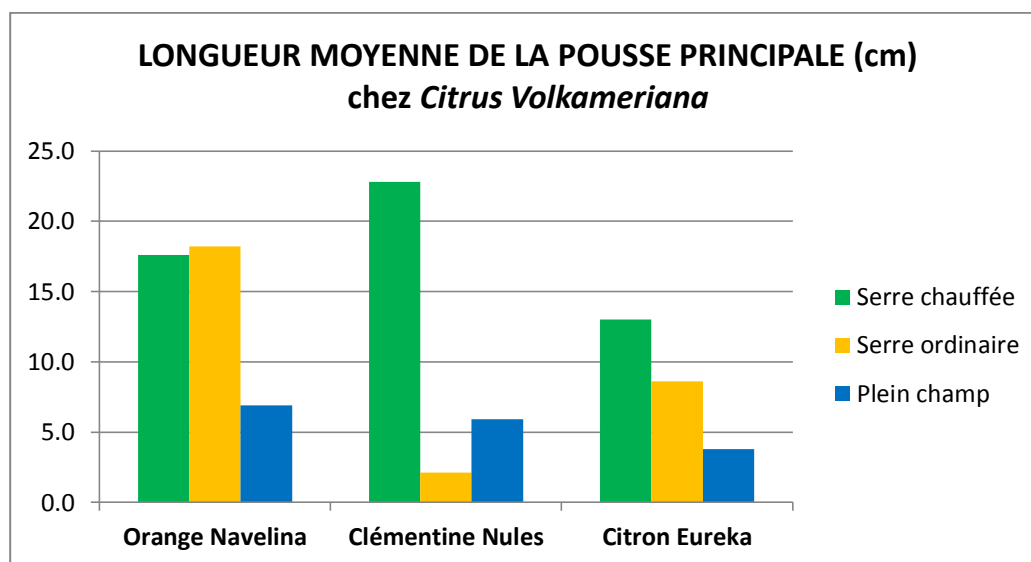


Figure 55 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur *Citrus Volkameriana*

- Toutes les variétés sont développées sur le *Volkameriana* avec une différence entre les trois milieux.
- Le développement de la variété Navelina et Eureka est plus lent en plein champ, ainsi que celui de la variété Nules dans la serre ordinaire.

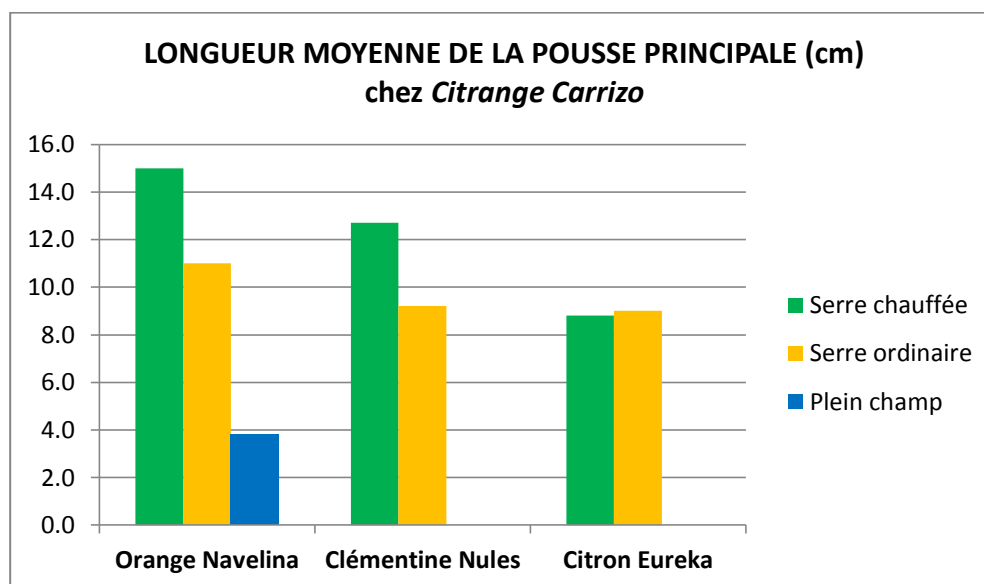


Figure 56 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Citrange Carrizo

- La variété Navelina et Nules greffées sur le Carrizo ont des longueurs plus grandes dans la serre chauffée, par contre la variété Eureka se rapproche.
- La variété Navelina se développe dans les trois milieux, mais elle est plus lente en plein champ.

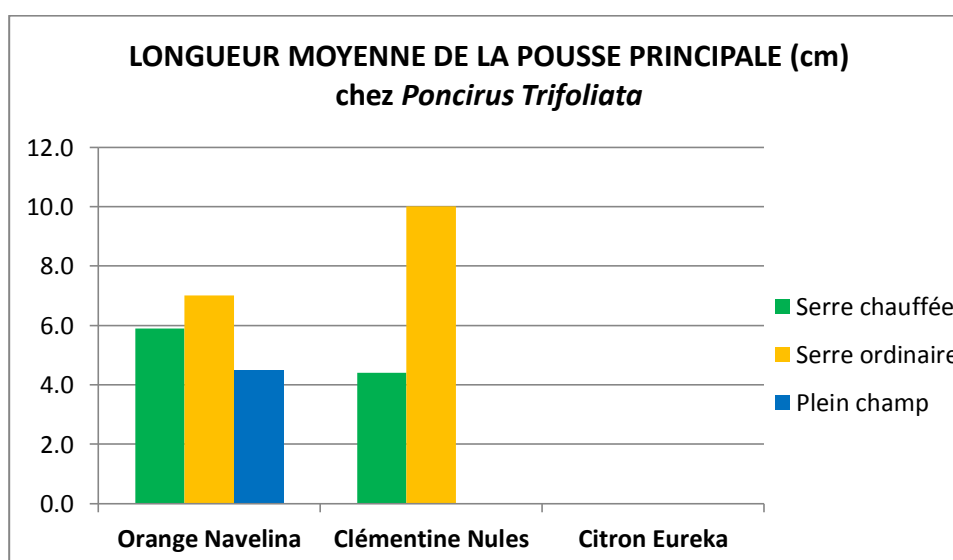


Figure 57 : Longueur moyenne de la pousse principale chez les plants greffés sur Poncirus Trifoliata

- La variété Navelina greffée sur le Poncirus a donné des longueurs proches entre les différents milieux.
- La variété Nules se comporte mieux dans la serre ordinaire.

N.B. Aucun développement de pousses n'a été observé pour la variété Citron Eureka et Clémentine Nules en plein champ, et même dans les deux serres pour Citron Eureka.

2. Etude et interprétation statistique

Une étude statistique a été effectuée par la comparaison des variantes suivantes (Test de Student): (annexe 2)

- Durée de reprise au greffage
- Longueur de pousse obtenue

La Comparaison se faite à trois niveaux :

1. Comparaison entre les trois milieux.
2. Comparaison entre les différents porte-greffes.
3. Comparaison entre les différentes variétés de greffon.

Interprétation

- Toutes les variétés greffées sur le Citrus Volkameriana présentent des durées de reprise et des longueurs de pousse principales très proches (la comparaison des moyennes et des variances est non significative) dans la serre ordinaire et en plein champ, sauf que la comparaison entre Orange Navelina et Clémentine Nules sous la serre ordinaire est significative.
- La durée de reprise chez la variété Orange Navelina et Clémentine Nules se trouve non significative dans toutes les serres. Par contre, la variété Citron Eureka est lente dans la reprise au greffage par rapport aux deux autres, et ça est remarqué dans la serre chauffée, mais dans les autres la différence est non significative, et cette variété ne change pas dans les conditions différentes de milieu.
- Le développement de la pousse principale après la reprise s'avère aussi différent entre les serres de même que la reprise, sauf pour la serre contrôlée et non contrôlée, où on constate une différence non significative.

3. DISCUSSION

Notre étude sur les différents comportements de P.G. dans les trois milieux différents, ainsi que les variétés de greffon, nous a permis de considérer trois variantes essentielles en particulier : la durée de reprise au greffage et le taux de réussite, ainsi que la longueur des pousses de greffons obtenues après 57 jours de la date de greffage.

3.1. Durée de reprise au greffage

- Pour la durée de reprise au greffage, on constate que le P.G. Citrus Volkameriana a une durée courte avec Citrange Carrizo suivi de Poncirus Trifoliata avec un écart de 5 jours dans les deux serres, par contre pour le plein champ aucune reprise.
- En plein champ, le Citrus Volkameriana eu une reprise, mais les deux autres aucune reprise.
- Les échecs de reprise peuvent être expliqués par l'instabilité des conditions climatiques tel que la température et l'humidité qui sont des paramètres clés de la formation de la soudure soit la callogénèse.
- Lorsqu'on compare la durée de reprise entre les trois variétés, on peut les classer à cet ordre : Orange Navelina, Clémentine Nules, puis le Citron Eureka.
- la reprise au greffage est différente entre les PG, ce qui confirme que cette reprise dépend beaucoup plus de la variété de PG que la variété de greffon.

3.2. Taux de reprise au greffage

- Le taux de reprise le plus élevé est remarqué chez le Citrus Volkameriana et le Citrange Carrizo suivi de Poncirus Trifoliata dans la serre chauffée, on relève le taux de 100% pour les deux premiers par contre pour le dernier le taux a été de 60%. Ce pourcentage faible s'explique par la particularité physiologique (repos hivernal de ce porte-greffe).
- Le taux de reprise le plus élevé est remarqué chez le Citrange Carrizo et le Citrus Volkameriana dans la serre ordinaire avec un taux de 100%, suivi de Poncirus Trifoliata avec un taux de 47%.
- Le taux de reprise en plein champ le plus élevé est remarqué chez le Citrus Volkameriana avec un taux de 100%, suivi de Citrange Carrizo un taux de 60%, et pour le Poncirus Trifoliata le taux est plus très faible à nul. Cette faiblesse s'explique par l'instabilité des conditions climatiques tel que la température et l'humidité qui sont des paramètres clés de la formation de la soudure soit la callogénèse. Et pour le Poncirus Trifoliata s'explique aussi par la particularité physiologique (repos hivernal de ce porte-greffe).

3.3. Longueur moyenne de la pousse principale

- Le développement de la pousse principale dépend en premier lieu de conditions du milieu, puis le PG et la variété joue plus ou moins un rôle.
- Les effets de serre sur les porte-greffes et sur le résultat de greffage ont montrés que Les trois PG s'adaptent mieux dans la serre chauffée. Le Citrus Volkameriana s'adapte avec toutes les conditions, mais la durée de reprise sa diffère. Le Citrange Carrizo s'adapte mieux dans les deux serres, et moyennement en plein champ. Les résultats des moyennes de la durée de reprise au greffage sont différents entre les trois serres, ce qui veut dire qu'il y a un effet significatif de la serre contrôlée en température et en humidité, cette durée moyenne de 20.8 jours est courte que la serre non contrôlée, elle est de 26.7 jours, mais la durée la plus longue est enregistrée en plein champ avec 35.9 jours.
- Le P.G. Citrus Volkameriana répond au greffage plus favorablement en serre contrôlée, puis en serre ordinaire et plus faible en plein air, alors il est influencé par les conditions du milieu en particulier la température et l'humidité. Par contre, les résultats obtenus de Citrange Carrizo et Poncirus Trifoliata dans les deux serres sont très proches entre eux.
- L'effet de la serre chauffée est remarqué dans le raccourcissement de durée de reprise au greffage et au développement des pousses principale.
- L'effet d'avantage de la serre chauffée comparé avec la serre ordinaire a donné les résultats suivants : une durée de reprise plus courte de 5.9 jours, 6.7% d'avantage de taux de reprise, et un développement de longueur de la nouvelle pousse plus grand de 0.14 cm par jour.

3.4. Compatibilité et affinité des associations porte-greffe/variété

- La variété la plus compatible avec les trois PG c'est bien que : Orange Navelina. Car elle réussit à 100% dans tous les conditions (sauf dans en plein champ = 20%). Elle a un NPP ≥ 1.5 (sauf dan C = 1), et un NFPP ≥ 10.7 . Sa LPP max = 24.5 et LPP min = 4.5.
- La meilleure association parmi les 9 associations de l'essai dans toutes les positions: Citrus Volkameriana / Orange Navelina
- La variété de PG Citrus Volkameriana a une meilleure affinité compatibilité avec la variété Orange Navelina et Citron Eureka.
- La variété de PG Citrange Carrizo a une meilleure affinité compatibilité avec la variété Clémentine Nules (Jacquemond C. et al, 2013).
- La variété Citron Eureka est incompatible avec le PG Poncirus Trifoliata (Jacquemond C. et al, 2013), elle ne donne pas de reprise dans toutes les conditions.
- le PG Citrus Volkameriana convient mieux avec la variété Citron Eureka (Jacquemond C. et al, 2013), par rapport au Citrange Carrizo, Mais la durée de reprise au greffage apparue plus longue.



CONCLUSION

GENERALE



REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Conclusion générale

Au cours de notre travail, se rapportant au greffage des agrumes, nous avons étudié l'influence de trois espèces de porte-greffes à savoir le Citrus Volkameriana, Citrange Carrizo et Poncirus Trifoliata, sur la reprise au greffage de trois variétés d'agrumes, l'Orange Navelina, Clémentine Nules et Citron Eureka, et on fait la comparaison des résultats entre trois milieux différents.

Les différentes observations nous ont permis de mettre en évidence les interactions entre les porte-greffes et les espèces greffées. De ce fait, on arrive à ces résultats :

- La serre contrôlée offre la stabilité des conditions de milieu tel que la température et l'humidité, et assure une production élevée avec une durée limitée, et de meilleur qualité du plant. Mais lorsqu'on choisit la période de greffage au printemps, la serre ordinaire peut être généralement efficace selon le climat.
- L'affinité du porte-greffe Citrus Volkameriana et Citrange Carrizo est relativement réussi avec toutes les variétés étudiées, par contre, le Poncirus Trifoliata peut s'associe avec des variétés comme Orange Navelina et ne s'associe pas avec d'autres comme le Citron Eureka tout en respectant ses exigences.
- La meilleure association de point de vue durée de reprise au greffage et état de développement est élevée avec Citrus Volkameriana X Orange Navelina, c'est la combinaison entre le PG le plus vigoureux et la variété de greffon la plus vigoureuse.

L'hétérogénéité constatée lors de la reprise au greffage et de développement des plants, peut être due à la différence des caractéristiques physiologiques des différents porte-greffes utilisés, dont la préparation des plants avant greffage et ses processus...

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

Le recours au greffage est motivé par les divers avantages qu'il offre. La réussite de son exécution est toutefois tributaire du savoir-faire du greffeur ainsi que d'un certain nombre de conditions qui constituent en fait les règles du greffage.

L'utilisation des moyens de production de plants avec des milieux différents en particulier les serres multi-chapelles chauffées avec un cooling-system ouvre de grandes perspectives pour la production de plants en quantité importante et avec une meilleure qualité sur le plan sanitaire, vigueur du plant et qualités agronomique (précocité, adaptabilité aux différentes conditions du sol).

La production des plants en pépinière est un domaine vaste qui ouvre ses portes et donne la chance au pépiniériste d'inventer et de développer de nouveaux services qui attirent les agrumiculteurs de la région toute au tour de la pépinière. Cet objectif n'est pas impossible à réaliser, à moins que sa réussite nécessite quelques compétences et maîtrise de la technicité de production des plants, notamment, le financement nécessaire pour atteindre à la réalisation de pépinière moderne sur les normes scientifiques.

A la fin, il est intéressant de poursuivre cette étude afin de suivre l'évolution de l'affinité et de la compatibilité des différentes associations réalisées dans les plantations sur vergers de production pour pouvoir relever quelques indices qui puissent confirmer l'affinité définitive entre les différentes associations.

Références bibliographiques

AMIROUCHE M., 2007- Production de semences et plants.

Cours de 5^{ème} année, spécialité pyrotechnie

ANONYME, 1995- Arrêté n°253 du 03 janvier 1995, fixant le règlement technique spécifique relatif à la production la multiplication du matériel végétal agrumicole mis par le CNCC, 13p.

AUBERT M. et VULLIN G., 1997- Pépinière et plantation d'agrumes.

Ed. CIRAD, Paris, 184p.

BABOUHOUN A. e LOUAHEDJ., 2014- Créations d'un Verger Agrumicole (cas de la clémentine dans la région de Mostaganem.

Mém. Licence ; Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

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

Premier séminaire sur les agrumes à Chlef du 02 à 04 mars, pp 2-8.

BENEDICTE et MICHEL BACHES, 2011- Agrumes, comment les choisir et les cultiver facilement.

Ed. ULMER, France.

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

Ed. ONPU, Algérie

BOUBKER J., 1999- La certification des agrumes au Maroc.

In Options Méditerranéennes, Serie B, n°21, pp 21-26.

BOUDISSA N., 1989- Influence de la date de récolte et de la taille d'embryons sur la germination des graines d'agrumes.

Th. Ing. INA. El Harrach, 89p.

BOUTHRAIN D. et BRONG G., 1989- Multiplication des plants horticoles.

Ed. TECH et DOC, LAVOISIER, Paris, 212p.

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

Ed. GOUTIER-VILLARS, Paris, 510p.

CHENTLY C. et CHERGUI F., 1996- Etude de greffage sur table de trois variétés de pommier.

Th. Ing. INA. El Harrach, 82p.

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

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

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

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

Th. Ing. INA. El Harrach.

GAUTIER M., 1993- La culture fruitière ; L'arbre fruitier. Vol. 1.

Ed. TECH et DOC, LAVOISIER, Paris, 492p.

GIRARDI E. A., DIASSIS ALVES MOURAO F., DIBBERNGRAF C. C. et BACIC OLIC F., 2004- Effect of seed coat removal and controlled-release fertilizer application of plant emergence and vegetative growth of two rootstocks In Fruits, vol. 60, n° 2, pp. 101-105.

HERRER J., 1956- Compatibilité entre les porte-greffes et les variétés fruitières In 87^{ème} congrès de pomologie française, pp. 17-26.

ITAB, 2005- Produire des agrumes en agriculture biologique.

JACQUEMOND C., AGOSTINI D. et CURK F., 2009- Des Agrumes pour l'Algérie.

Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie (Biha) de Corse

JACQUEMOND C., CURK F. et HEUZET, 2013- Les clémentiniers et les autres petits agrumes.

Ed. Quæ, France.

LAHMAR S. et BENACEUR H., 2015- Création de verger agrumicole (variété thomson navel) dans les conditions pédo-climatiques de la région de chlef

Mém. Licence ; Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

LAMBERT D., Les greffes de printemps

LEMOINE J. et MICHELSI J. C., 1998- La multiplication végétative des arbres fruitiers à pépins par marcottage et greffage : cas de pommier.

Ed. INRA, pp. 83-94.

LOUSSERT R., 1989- Les agrumes tome 1. Arboriculture.

Ed. LAVOISIER, Beyrouth, 113p.

MARGARA J. S., 1989- Bases de multiplication végétative : les méristèmes et l'organogénèse.

Ed. INRA, Paris, 258p.

Références bibliographiques

MBODJI O., 1995- Mise en place d'une méthodologie de clonage chez *Citrus sp* : culture de méristème et microgreffage in Vitro.

Mém. DEA Biol Végétale, université Cheikh, Anta Diop, 53p.

MEEIANE S.1987- Les porte-greffes des agrumes

Premier séminaire sur les agrumes à Chlef du 02 à 04 mars, pp 143-151.

MOATI C., 1986- La certification des plants fruitiers

In Arboriculture fruitière, n° 382 ; pp 28-30.

REBOUR H., 1966- Les agrumes

Ed. J.B. BAILLIERE et fils. Paris 246p.

REYNIER A., 2001- Manuel de viticulture, 8^{ème} édition.

Ed. J.B. BAILLIERE et fils. Paris pp 115-116. .

TIESSON C., 1989- Culture in vitro et amélioration des plantes vivrières tropicales

Ed. AUBELF-URET John Lilbey Eurolext , Paris, pp. 51-54.



ANNEXE

Annexe 1

Tableau 19 : Nombre de pousses principales

| Serre | Porte-greffe | Orange Navelina | Clémentine Nules | Citron Eureka |
|-----------|----------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Chauffée | <i>Citrus Volkameriana</i> | 2 | 2 | 1 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 1 | 2 | 1 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 1.5 | 1 | / |
| Ordinaire | <i>Citrus Volkameriana</i> | 1.5 | 4.3 | 1.4 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 2 | 3 | 1 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 1.5 | 2 | / |
| Plein air | <i>Citrus Volkameriana</i> | 1.6 | 1.8 | 1 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 1 | 1 | 1 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 1 | / | / |

Tableau 20 : Nombre de feuilles dans la pousse principale

| Serre | Porte-greffe | Orange Navelina | Clémentine Nules | Citron Eureka |
|-----------|----------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Chauffée | <i>Citrus Volkameriana</i> | 12.4 | 13.2 | 11.6 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 14.2 | 12 | 9.6 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 10.7 | 5.5 | / |
| Ordinaire | <i>Citrus Volkameriana</i> | 15 | 6.8 | 9.5 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 13.7 | 11.4 | 8.8 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 12 | 12 | / |
| Plein air | <i>Citrus Volkameriana</i> | 12.6 | 14.5 | 10.7 |
| | <i>Citrang Carrizo</i> | 0 | 7 | 0 |
| | <i>Poncirus Trifoliata</i> | 11 | / | / |

Tableau 21 : Comparaison entre meilleures associations P.G./V

| L'association | | R (%) | | | DRG (J) | | | LPP/J (cm) | | |
|----------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------|
| PG | Variété | Serre chauffée | Serre ordinaire | Plein air | Serre chauffée | Serre ordinaire | Plein air | Serre chauffée | Serre ordinaire | Plein air |
| <i>Citrus Volkameriana</i> | Orange Navelina | 100 | 100 | 100 | 16.0 | 21.4 | 38.0 | 0.35 | 0.36 | 0.11 |
| <i>Citrang Carrizo</i> | Orange Navelina | 100 | 100 | 40 | 16.0 | 24.4 | 56.0 | 0.30 | 0.22 | / |
| <i>Citrang Carrizo</i> | Clémentine Nules | 100 | 100 | 60 | 18.4 | 25.4 | 51.7 | 0.25 | 0.18 | 0.02 |
| <i>Citrus Volkameriana</i> | Clémentine Nules | 100 | 80 | 100 | 18.6 | 35.3 | 34.6 | 0.46 | 0.04 | 0.12 |

Tableau 22 : Comparaison entre les associations de Citron Eureka

| L'association | | TRG (%) | | | DRG (j) | | | LPP/J (cm) | | |
|----------------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------|
| PG | Variété | Serre chauffée | Serre ordinaire | Plein air | Serre chauffée | Serre ordinaire | Plein air | Serre chauffée | Serre ordinaire | Plein air |
| <i>Citrus Volkameriana</i> | Citron Eureka | 100 | 100 | 100 | 27.6 | 27.0 | 42.4 | 0.26 | 0.17 | 0.08 |
| <i>Citrang Carrizo</i> | Citron Eureka | 100 | 100 | 80 | 24.0 | 25.3 | 56.0 | 0.18 | 0.18 | / |

Annexe 2

Tableau 23 : Etude statistique des résultats

| Comparaison entre les serres | | | | |
|------------------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|
| Paramètres | Milieux | | <i>t de Student</i> | <i>F de Fisher</i> |
| DR | Milieu 1 | Milieu 2 | Significative | Significative |
| | Milieu 1 | Milieu 3 | Significative | Non significative |
| | Milieu 2 | Milieu 3 | Significative | Significative |
| LPP | Milieu 1 | Milieu 2 | Significative | Non significative |
| | Milieu 1 | Milieu 3 | Significative | Significative |
| | Milieu 2 | Milieu 3 | Significative | Significative |

| Comparaison entre les P.G. | | | | | |
|--|------------|------|----|---------------------|--------------------|
| Milieux | Paramètres | P.G. | | <i>t de Student</i> | <i>F de Fisher</i> |
| Milieu 1 | DR | V | Z | Non significative | Non significative |
| | | V | T | Non significative | Significative |
| | | Z | T | Significative | Non significative |
| | LPP | V | Z | Significative | Non significative |
| | | V | T | Significative | Non significative |
| | | Z | T | Significative | Non significative |
| Milieu 2 | DR | V | Z | Non significative | Significative |
| | | V | T | Non significative | Non significative |
| | | Z | T | Non significative | Non significative |
| | LPP | V | Z | Non significative | Non significative |
| | | V | T | Non significative | Significative |
| | | Z | T | Non significative | Significative |
| Milieu différents (nombre avant P.G.) | DR | 1V | 2V | Significative | Significative |
| | | 1V | 3V | Significative | Significative |
| | | 2V | 3V | Non significative | Significative |
| | | 1Z | 2Z | Non significative | Non significative |
| | | 1T | 2T | Non significative | Non significative |
| | LPP | 1V | 3V | Significative | Non significative |
| | | 1V | 3V | Significative | Significative |
| | | 2V | 3V | Non significative | Significative |
| | | 1Z | 2Z | Non significative | Non significative |
| | | 1T | 2T | Non significative | Non significative |

| Comparaison entre les variétés | | | | | | |
|--------------------------------|------|------------|----------|---|---------------------|--------------------|
| Milieux | P.G. | Paramètres | Variétés | | <i>t de Student</i> | <i>F de Fisher</i> |
| Milieu 1 | V | DR | N | S | Non significative | Non significative |
| | | | N | K | Significative | Significative |
| | | | S | K | Significative | Significative |
| Milieu 2 | V | DR | N | S | Non significative | Non significative |
| | | | N | K | Non significative | Non significative |
| | | | S | K | Non significative | Non significative |
| Milieu 3 | V | DR | N | S | Non significative | Non significative |
| | | | N | K | Non significative | Non significative |
| | | | S | K | Non significative | Non significative |
| Milieu 1 | V | LPP | N | S | Non significative | Non significative |
| | | | N | K | Non significative | Non significative |
| | | | S | K | Significative | Non significative |
| Milieu 2 | V | LPP | N | S | Significative | Significative |
| | | | N | K | Non significative | Non significative |
| | | | S | K | Non significative | Significative |
| Milieu 3 | V | LPP | N | S | Non significative | Non significative |
| | | | N | K | Non significative | Non significative |
| | | | S | K | Non significative | Non significative |
| Milieu 1 | Z | DR | N | S | Non significative | Non significative |
| | | | N | K | Significative | Non significative |
| | | | S | K | Significative | Non significative |
| Milieu 2 | Z | DR | N | S | Non significative | Significative |
| | | | N | K | Non significative | Significative |
| | | | S | K | Non significative | Non significative |
| Milieu 1 | Z | LPP | N | S | Non significative | Significative |
| | | | N | K | Significative | Non significative |
| | | | S | K | Non significative | Significative |
| Milieu 2 | Z | LPP | N | S | Non significative | Non significative |
| | | | N | K | Non significative | Non significative |
| | | | S | K | Non significative | Non significative |
| Milieu 1 | T | DR | N | S | Non significative | Non significative |
| Milieu 1 | T | LPP | N | S | Non significative | Non significative |

Tableau 24 : Comportement des porte-greffes en pépinière

| | Bigaradier | Citrang Carrizo | Citrang Troyer | Citrang C35 | Citrumelo 4475 Swingle | <i>Citrus volkameriana</i> | <i>Citrus macrophylla</i> | Mandarine Cléopâtre | <i>Poncirus trifoliata</i> | Bigaradier Goutou | Tangelo Poorman |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| Taux de levée | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon | Très bon | Bon | Moyen | Elevé | Moyen | Moyen |
| Fonte des semis | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Sensible | Sensible | Très sensible | Résistant | Moyen | Moyen |
| Développement du porte-greffe | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide | Très rapide | Très rapide | Lent | Lent | Rapide | Rapide |
| Greffage | Facile | Très facile | Très facile | Très Facile | Très facile | Très facile | Très facile | Difficile | Difficile | Facile | Facile |
| Vigueur du plant greffé | Moyenne à forte | Forte | Moyenne à forte | Très forte | Forte | Très forte | Très forte | Moyenne | Faible | Moyenne à forte | Moyenne à forte |

Tableau 25 : Effet du porte-greffe sur l'adaptation de l'arbre aux conditions pédoclimatiques

| | Bigaradier | Citrang Carrizo | Citrang Troyer | Citrang C35 | Citrumelo 4475 Swingle | <i>Citrus volkameriana</i> | <i>Citrus macrophylla</i> | Mandarine Cléopâtre | <i>Poncirus trifoliata</i> | Bigaradier Goutou | Tangelo Poorman |
|-----------------------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| Zone humide | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Faible | Adapté | Moyen | Moyen |
| Zone sèche | Bien adapté | Moyen | Faible | Bien adapté | Bien adapté | Bien adapté | Bien adapté | Moyen | Non adapté | Bien adapté | Bien adapté |
| Tolérance au froid hivernal | Faible | Moyenne | Moyen | Moyenne | Moyen | Faible | Très faible | Faible | Bonne | Faible | Moyen |
| Sol argileux | Moyen | Moyen | Adapté | Moyen | Adapté | Moyen | Moyen | Non adapté | Adapté | Moyen | Adapté |
| Sol limoneux | Bien adapté | Bien adapté | Moyen | Bien adapté | Bien adapté | Bien adapté | Bien adapté | Bien adapté | Adapté | Bien adapté | Bien adapté |
| Sol acide | Moyen | Bien adapté | Bien adapté | Bien adapté | Bien adapté | Adapté | Adapté | Moyen | Très Bien adapté | Moyen | Moyen |
| Calcaire | Bien adapté | Peu adapté | Faible à moyen | Adapté | Adapté | Bien adapté | Bien adapté | Adapté | Non adapté | Bien adapté | Bien adapté |
| Salinité (Chlorures) | Adapté | Peu adapté | Peu adapté | Adapté | Peu adapté | Adapté | Bien adapté | Bien adapté | Non adapté | Adapté | Adapté |

Tableau 26 : Effet du porte-greffe sur les performances agronomiques de la variété

| | | Bigaradier | Citrang Carrizo | Citrang Troyer | Citrang C35 | Citrumelo 4475 Swingle | <i>Citrus volkameriana</i> | <i>Citrus macrophylla</i> | Mandarine Cléopâtre | <i>Poncirus trifoliata</i> | Bigaradier Goutou | Tangelo Poorman |
|----------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| A R B R E S | Vigueur | Moyenne | Forte | Moyenne à forte | Forte | Forte | Très forte | Très forte | Moyenne à faible | Moyenne* | Moyenne à forte | Moyenne à forte |
| | Mise à fruits | Lente | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide | Très rapide | Très rapide | Lente | Très lente | Lente | Rapide |
| | Productivité | Faible à moyenne | Forte | Forte | Forte | Forte | Très forte | Très forte | Faible à Moyenne | Très forte | Faible à moyenne | Moyenne à forte |
| F R U I T S | Calibre | Moyen | Moyen | Moyenne | Moyen à gros | Moyen à Gros | Gros | Gros | Petit à Moyen | Petit à moyen | Moyen | Moyen |
| | Surface peau | Lisse | Lisse | Lisse | Lisse | Très lisse | Grossière | Très grossière | Lisse | Très lisse | Lisse | Lisse |
| | Épaisseur peau | Plutôt épaisse | Peu épaisse | Peu épaisse | Peu épaisse | Peu épaisse | Epaisse | Epaisse | Moyen | Fine | Peu épaisse | Moyen |
| | Coloration | Moyenne | Belle | Belle | Belle | Très belle | Moyenne | Moyenne | Moyen | Très belle | Moyenne | Moyenne |
| | Teneur en jus | Moyenne | Élevée | Élevée | Très élevée | Très élevé | Faible | Très faible | Moyen | Très élevée | Moyenne | Moyenne |
| | Extrait sec (sucre) | Moyen | Élevé | Élevée | Très élevé | Elevé | Faible | Très faible | Moyen | Élevé | Moyen | Faible |
| | Acidité | Moyenne | Élevée | Élevée | Très élevée | Elevée | Faible | Très faible | Moyen | Élevée | Moyenne | Moyenne |
| | Équilibre sucre - acide | Moyen | Agréable | Agréable | Très agréable | Agréable | Moyen | Très mauvais | Moyen | Agréable | Moyen | Moyen |

* Vigueur du *Poncirus* : faible les premières années, moyenne à forte à âge adulte

Tableau 27 : Sensibilité aux principales maladies conférée à la variété par le porte-greffe (Jacquemon C. et al, 2009)

| | Bigaradier | Citrang Carrizo | Citrang Troyer | Citrang C35 | Citrumelo 4475 Swingle | <i>Citrus volkameriana</i> | <i>Citrus macrophylla</i> | Mandarine Cléopâtre | <i>Poncirus trifoliata</i> | Bigaradier Goutou | Tangelo Poorman |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Tristeza | Sensible(1) | Tolérant | Tolérant | Tolérant | Tolérant | Tolérant | (3) | Tolérant | Tolérant | Tolérant | Tolérant |
| Exocortis | Tolérant | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible | Tolérant | Tolérant | Tolérant | Très sensible | Tolérant | Tolérant |
| Cachexie | Tolérant | Tolérant | Tolérant | Tolérant | (2) | (2) | Sensible | (4) | Tolérant | Tolérant | (2) |
| Cristacortis | Sensible | Tolérant | Tolérant | (2) | Tolérant | (2) | (2) | (2) | Tolérant | Sensible | (2) |
| Psorose | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété | Tolérance non conférée à la variété |
| Gommose | Résistant | Résistant | Résistant | Résistant | Résistant | Sensibilité moyenne | Sensibilité moyenne | Moyennement sensible | Résistant | Résistant | Résistance moyenne |
| Pourridés | Résistant | Sensible | Sensible | (2) | Sensible | (2) | (2) | (2) | Sensible(4) | Résistant | (2) |
| Nématodes | Sensible | Tolérant | Tolérant | Tolérant | Tolérant | Sensible | Sensible | Sensible | Tolérant | Sensible | (2) |

(1) Le bigaradier non greffé est tolérant à la Tristeza, mais les associations qu'il constitue lorsqu'il est greffé sont sensibles à cette maladie (Exception : la combinaison Citronnier/Bigaradier résiste à la Tristeza).





(2) Absence de données.






(3) Le *Citrus macrophylla* greffé avec du citronnier ne contracte pas la Tristeza. Il est sensible à la Tristeza si'il est contaminé avant greffage ou par piqûre sur des rejets du porte-greffe après greffage avec toutes les autres variétés.

(4) Données contradictoires dans la littérature.

Tableau 28 : Les principales caractéristiques des porte-greffes

(Jacquemond C. et al, 2009, et autres)

| Porte-greffe | Aptitudes et comportement |
|--|---|
| <p>Bigaradier ou oranger amer <i>Citrus aurantium</i> L.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Enracinement puissant traçant et pivotant ○ 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 ○ Craint l'excès d'eau et les sols lourds ○ Résiste à la sécheresse ○ Bonne affinité avec toutes les variétés sauf le kumquat et la Satsuma ○ Greffage très facile |
| <p>Poncirus Pomeroy <i>Poncirus Trifoliata</i> (L.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Espèce à feuilles caduques ○ Bonnes qualités ornementales et médicinales ○ 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 ○ Incompatibles avec certaines variétés de citronniers, de cédratiers et de tangors ○ Mise à fruits tardive ○ Modère les phénomènes d'alternance de production ○ Difficile à multiplier par semis (albinos, croissance des plantules est très lente) ○ Greffage délicat (port buissonnant et épineux) |
| <p>Citrange Troyer (hybride <i>Citrus sinensis</i> (L.) Os. x <i>Poncirus trifoliata</i> (L.) Raf.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Porte greffe vigoureux par rapport au poncirus trifoliata ○ 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 ; ○ Entraîne parfois un vieillissement accéléré inexpliqué (20 - 25 ans) |
| <p>Citrange Carrizo (hybride <i>Citrus sinensis</i> (L.) Os. 'Washington' x <i>Poncirus trifoliata</i> (L.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Un hybride de même type que le C.troyer, avec enracinement pivotant, dense et profond ○ Porte-greffe vigoureux, le plus utilisé actuellement ○ Supporte les sols moyennement humides ○ limoneux et acides, mais crient les régions arides, très calcaires et très salines ○ Peu tolèrent au calcaire et aux chlorures ○ Productivité élevée, de bonne qualité, mise à fruits rapide ○ Confère à la variété greffée une bonne résistance au froid ○ Plus faciles à multiplier en pépinière : développement est très rapide, relativement homogène. Aucune difficulté au greffage |

| | |
|--|---|
| <p>Citrus Volkameriana ou Volkamer (<i>Citrus limonia</i> Osbek)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Bon porte-greffe, très compatible avec les citronniers et les pomelos ○ Bon enracinement ○ Bonne résistance au froid ○ Très vigoureux, hâte la mise à fruits, et augmente le calibre des fruits ○ plus utilisé dans le Bassin Méditerranéen pour sa tolérance aux sols secs et aérés calcaires et salins ○ Résistant aux chlorures ○ Préfère les sols limoneux et acides ○ En pépinière plein champ il est très sensible aux fortes gelées ○ Dans certaines régions, il confère une mauvaise qualité interne aux fruits |
| <p>Citrus macrophylla wester ou Alemow</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Porte greffe compatible surtout avec les citronniers et les pomelos ○ Très vigoureux ○ Bonne productivité et hâte la mise à fruit ○ donne des fruits à peau épaisse, avec moins de jus, de sucres et d'acidité ○ Sensible au froid et aux sols lourds et humides ○ Supporte les chlorures et le calcaire ○ multiplication difficile : très peu de pépins dans les fruits |
| <p>Mandarinier Cléopâtre <i>Citrus reticulata</i> Blanco (<i>Citrus reshni</i> hort. Ex Tanaka)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ S'adapte mieux aux sols légers et bien drainés ○ Tolère le calcaire et les chlorures ○ Productivité moyenne à faible, petits calibres ○ Mauvaise reprise au greffage ○ Germination des graines en pépinières très difficile (fonte de semis) ○ sensible à la fonte des semis en pépinière |
| <p>Citrange C 35 (hybride <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb. 'Ruby' x <i>Poncirus trifoliata</i> (L.) Raf.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Augmente notablement la productivité et la rapidité de la mise à fruits ○ Améliorer la teneur en jus, en sucres et en acidité des fruits (donne une meilleure saveur et conservation) ○ Un meilleur comportement en sols calcaires ○ Meilleur affinité avec la plupart des variétés d'agrumes |
| <p>Citrumelo Swingle 4475 (hybride <i>Citrus paradisi</i> Macf. x <i>Poncirus trifoliata</i> (L.) Raf.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Tolérance au froid presque aussi importante que le Poncirus ○ Supporte mal les sols calcaires, argileux et/ou acides |



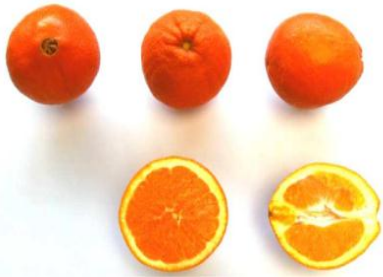
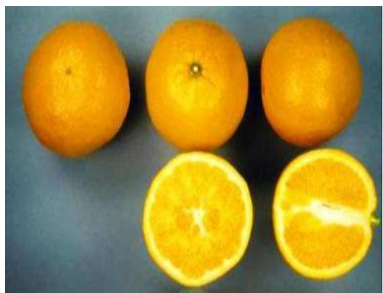
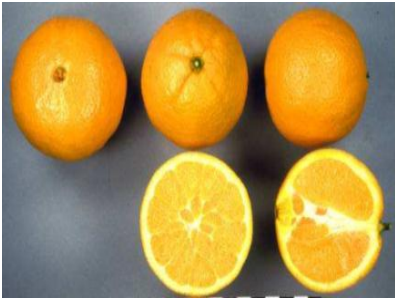
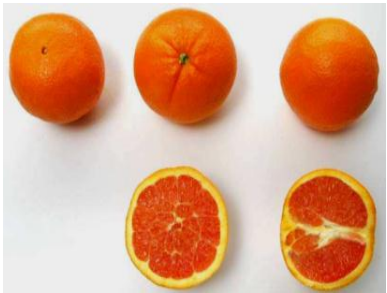
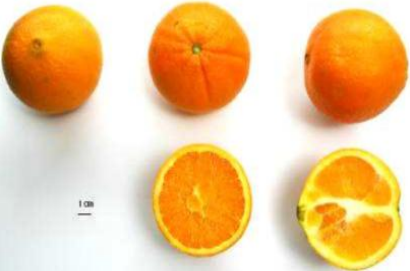
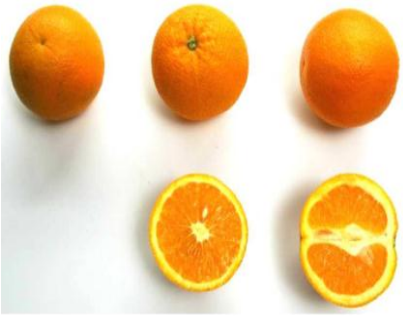

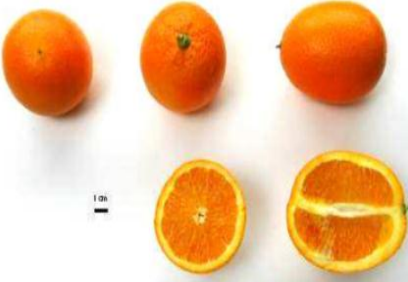

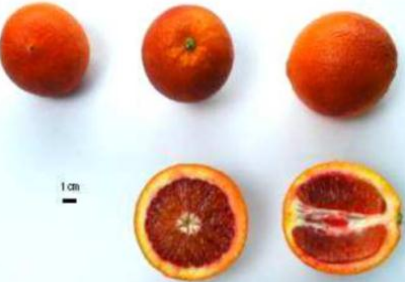

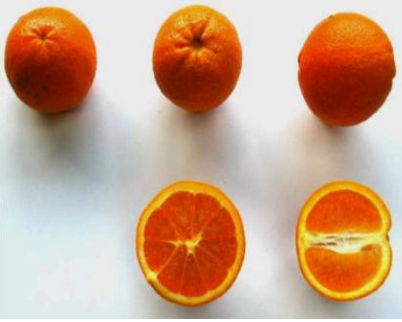
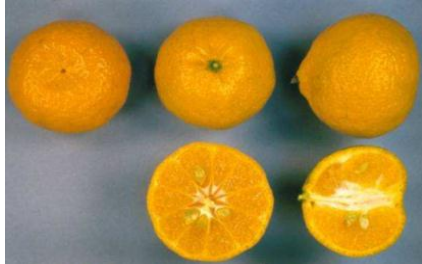

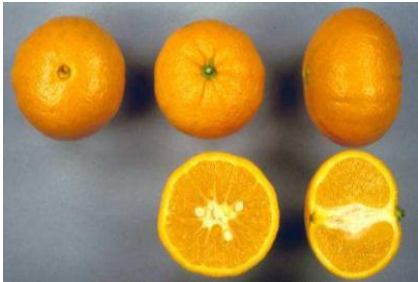
| | |
|--|--|
| <p>Bigaradier Gou Tou ou Gao Tao (<i>Citrus aurantium</i> L.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Compatible avec de nombreuses espèces et variétés d'agrumes ○ Supporte bien les sols humides et calcaires |
| <p>Tangelo Poorman (hybride <i>Citrus reticulata</i> Blanco x <i>Citrus paradisi</i> Macf.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Adapté aux zones sèches et aux sols limoneux ○ Tolérant aux sols calcaires et salins ○ Confère une qualité des fruits moyenne à la plupart des variétés. |

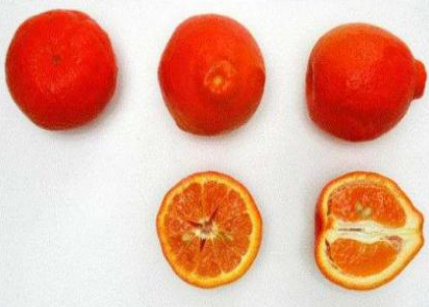

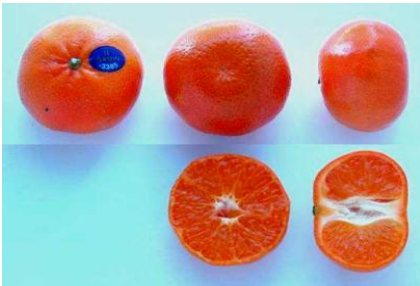

Tableau 29 : Les principales caractéristiques des variétés d'agrumes (Jacquemond C. et al, 2009 et autres)



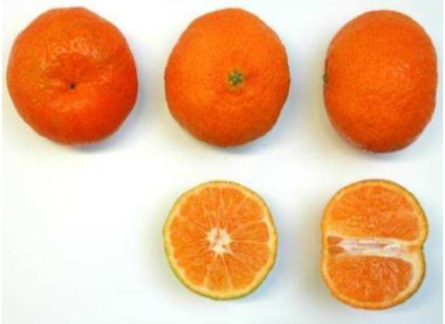
| <i>Sous-groupe</i> | <i>Variété</i> | <i>Caractéristiques</i> |
|--|--|---|
| Les Oranges <i>Citrus sinensis</i> (L) Osb. | | |
| Les Navels | <p>Orange Navelina Sy: Dalmau navel, Newhall navel, Smith'Early navel</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Précoce ○ Arbre vigoureux, port plutôt érigé, feuillage dense, avec de grandes feuilles de couleur vert foncé ○ Récolte de novembre à janvier ○ fruits, sans pépin, sont de couleur orange-rouge foncé, oblongs et de calibre moyen (de 100 à 200 g) ○ Facile à éplucher avec une peau plus ou moins épaisse ○ Sensible aux attaques de cératite |
| | <p>Orange Thomson navel</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Moins vigoureux que celui de la Washington navel ○ Frondaison dense et sphérique ○ Récoltent de novembre à décembre ○ Fruits sont plutôt gros (100 à plus de 200 g) et sans pépin. Ils sont de couleur orange, faciles à éplucher, avec un navel souvent proéminent |


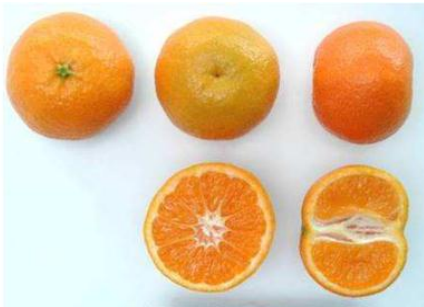
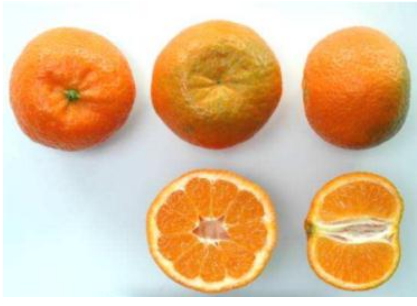

| | | |
|--------------------|--|--|
| | <p>Orange Washington navel Sy : W. navel Power, Bahia</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ L'arbre de bonne vigueur a un port sphérique Récoltés de décembre à février ○ Sans pépin ○ Gros (100 à plus de 200 g) et faciles à éplucher ○ Souvent très développé ○ Goût agréable, avec un bon équilibre sucre acidité ○ Chaire croquante sans être sèche |
| | <p>Orange Cara Cara navel Sy: California Roja</p>  | <p>Arbre de vigueur moyenne, à port sphérique</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Fruits de calibre moyen à gros et à chair rose saumon ○ Récolter de février à mars ○ Fruit à peau orange, sans pépin, facile à éplucher |
| | <p>Orange Lane Late navel</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ L'arbre a le même comportement que celui de la Washington navel ○ Le fruit d'un calibre plutôt gros, est jaune-orange, facile à éplucher, juteux à peau plutôt fine, sans pépin et d'excellente qualité interne ○ Récoltent de février à mars |
| Les blondes | <p>Orange Valencia Sy: Valencia late</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Variété plus ancienne multipliée en Méditerranée, et qui s'adapte le mieux aux différentes conditions de culture ○ Arbre vigoureux et sphérique ○ Variété tardive (d'avril à juin) ○ Très productive, très juteuse (cultivée pour la transformation) ○ Les fruits sont sphériques de couleur jaune-orange avec une peau plutôt fine, faciles à éplucher et avec quelques pépins ○ Fruits varient de 100 à 200 g |






| | | |
|---------------|--|--|
| | <p>orange Hamlin</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre très vigoureux à port sphérique ○ Très productif mais sensible à l'alternance dans certaines conditions ○ Récolte de janvier à février ○ Fruits sphériques, très juteux, avec quelques pépins (3 à 5) ○ La tenue sur l'arbre est plutôt mauvaise ○ Variété cultivée pour la transformation en jus |
| Les sanguines | <p>Orange Doublefine améliorée Sy: Washington sanguine, Grosse sanguine</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ L'arbre a un port sphérique à feuillage clairsemé ○ Fruits oblongs, de couleur orange avec des reflets rouges sur la peau. ○ Se récoltent de février à mars ○ La pulpe est demi-sanguine, peu juteuse, à goût agréable avec quelques pépins |
| | <p>Orange Moro</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ L'orange sanguine la plus cosmopolite ○ Variété très productive à frondaison éparse ○ Fruit rond à peau orange à rouge ○ Pulpe peut aller de l'orange-rouge au violet pourpre intense ○ Saveur particulièrement agréable, elle développe parfois des arômes surprenants de fruits des bois ○ Fruits chutent facilement à maturité |
| | <p>Orange Sanguinelli</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre de vigueur moyenne au feuillage allongé, clairsemé ○ Fruits oblongs ○ -La peau est orange à très rouge, la pulpe e demi-sanguine à complètement sanguine ○ Les fruits varient de 80 à 180 g ○ La qualité gustative plutôt médiocre en Corse |
| | <p>Orange Pinneapple</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre assez vigoureux à port sphérique, productif ○ Les fruits se récoltent de janvier à février ○ Fruits ronds, faciles à éplucher, d'un bel orange, très juteux, à bon goût et avec quelques pépins ○ Variété cultivée pour la transformation en jus |





| | | |
|--|--|--|
| | <p style="text-align: center;">Orange Salustiana</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre très vigoureux à port sphérique. ○ Variété très productive, sans alternance ○ Variété très aromatique et très juteuse, très agréable à manger ou à transformer ○ Récolte de décembre à février ○ Fruit de couleur orange, sphériques, peau plutôt fine mais difficile à éplucher avec quelques pépins (de 0 à 5). ○ Calibre moyen, de 80 à 150 g. |
| | | |
| Les Mandarines et leurs hybrides <i>Citrus reticulata</i> (L) | | |
| Communs | <p>Mandarine Méditerranéenne (<i>Citrus delisiosa</i>) Sy : commune, Blida, Willowleaf</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Récoltée en janvier et février ○ Très parfumée, de couleur jaune orange, facile à éplucher, avec de nombreux pépins ○ Sensible au vent ○ Très sensible à l'alternance |
| Satsumas | <p>Satsuma Miho et Satsuma Wase (<i>Citrus Unshiu</i>) (Mak.) Marc.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Variété précoces, à mise à fruit très rapide, très productive et sans pépin ○ Récoltée dès septembre, octobre ○ Fruits varient de 80 à 120 g, de couleur vert-jaune et à pulpe orangée très colorée ○ Très résistantes au froid ○ Sensibles à la mouche des fruits |
| Tangelos | <p>Tangelo Orlando</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fruits de couleur orange, varient de 80 à 150 g. ○ Très juteuse (plus de 55 % de jus), avec quelques pépins et à peau fine. ○ Récolté de décembre à janvier ○ Variété est un pollinisateur particulièrement efficace pour le clémentinier |


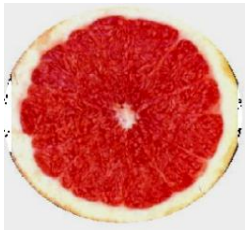



| | | |
|----------------|--|--|
| | <p>Tangelo Minneola Sy : Honeybell</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fruit rouge orangé a une forme ovoïde et un goulot caractéristique ○ Peau fine, assez difficile à éplucher ○ Très juteux, a un goût particulier et acidulé, et renferme quelques pépins ○ Bonne tenue en conservation et au transport ○ Récolté de janvier à mars ○ Dans certains cas, les fruits ont tendance à perdre leurs qualités et à se ramollir en fin de période de maturité |
| Tangors | <p>Tangor Ortanique Sy : Artounik, Australique, Topaz, Uruline, Urunique, Villa late</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fruit gros, particulièrement homogènes, renferme quelques pépins ○ Peau épaisse et assez difficile à éplucher ○ Une excellente tenue en conservation et en transport ○ Récolte de février jusqu'en avril |
| | <p>Afourer Sy : Delight, Delite, Nadorcott, W. Murcott, appelée aussi (clémentine)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fruit 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 rafraîchissante ○ Bonne tenue au transport ○ Récolte de janvier à avril |
| | <p>Tangor Ellendale Sy : Ellendale Beauty, Ellendale Leng, Taranco, CE 30, G2 X1</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre alterne et son bois est très cassant ○ Fruit, de gros calibre, est jaune orangé ○ Il est juteux et a un bon équilibre sucre-acidité ○ Difficile à éplucher et renferme quelques pépins ○ Très résistant à la conservation et au transport |

| | | |
|---|---|--|
| | <p>Tangor Murcott Sy : Murcot, Murcott Honey, Smith</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre est alternant ○ La plus tardive des variétés vendues comme «clémentines» ○ Fruit a bon goût, il est plutôt sucré et très juteux ○ Peau jaune orangée, fine et très difficile à éplucher ○ Renferme quelques pépins même en monoculture ○ Bonne tenue à la conservation et au transport ○ Récolté d'avril à juin |
| <p>Les Clémentines <i>Citrus reticulata</i> (L.)</p> | | |
| | <p>Clémentine Caffin (<i>Citrus clementina</i> Hort. Ex Tan) Syn : Azem, Bekria</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre de forme sphérique, avec un port étalé et une frondaison dense ○ Feuilles d'un vert foncé, petites et lancéolées à entrenœuds courts ○ Vigueur faible, surtout les premières années ○ Productivité bonne à partir de la 10ème année, faible lors des premières années ○ Production régulière, mais peut être fluctuante dans les régions chaudes ○ Récolte de mi-octobre à fin novembre ○ Fruit de forme sphérique, de calibre petit à moyen (50 - 80 g) ○ Aptitude à la conservation : très bonne ○ Tenue au transport très bonne ○ Peau orange-rouge, épaisse, bosselée ○ Teneur en jus élevée, avec excellent saveur ○ Sensibles au soleil |
| | <p>Clémentine Ragheb Sy : Kuneyl</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre de forme ellipsoïdale, présente un port dressé et une frondaison dense ○ Vigueur : forte ○ Entrée en production : lente ○ Productivité : faible ○ Régularité de la production : bonne ○ Récolte : mi-octobre à mi-novembre ○ Fruit sphérique, aplatie, de calibre moyen (60 – 80 g) ○ Aptitude à la conservation : bonne ○ Tenue au transport : bonne ○ Peau : jaune verdâtre, peu épaisse, lisse ○ Teneur en jus : faible ○ Saveur (sucre acidité) : fade (faibles teneurs) ○ Sensible au vent : risque de marbrures sur fruits |

| | |
|--|---|
| <p>Clémentine Monreal</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre : vigoureux, port retombant, frondaison dense, ○ Productivité très élevée ○ Maturité: début novembre - fin décembre en Corse (variété de saison) ○ Calibre moyen à gros ; forme sphérique ; peau orange, légèrement grenue, d'adhérence faible ; ○ Fruit très juteux, de saveur agréable ○ Tenue moyenne au transport et à la conservation |
| <p>Clémentine commune 63 Sy : SEAB 2749, Algerian, SRA 63, Fine de Corse</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre de forme sphérique, une frondaison dense avec forte vigueur ○ Productivité : moyenne à élevée ○ Entrée en production : moyenne ○ Régularité de la production : bonne ○ Récolte : mi-novembre à mi-janvier en Corse ○ Calibre : petit à moyen (60 – 90 g) ○ Aptitude à la conservation : bonne ○ Tenue au transport : bonne à très bonne ○ Teneur en jus : élevée, saveur bonne ○ Sensible au vent : risque de marbrures sur fruits ○ Sensible au gel sur les dernières récoltes de janvier |
| <p>Clémentine commune 92 Sy : SRA 92, Fine de Corse, Fina, Algerian, del terreno</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre de forme sphérique, une frondaison dense avec forte vigueur ○ Productivité : moyenne à forte ○ Entrée en production : moyenne ○ Régularité de production : bonne ○ Récolte : mi-novembre à mi-janvier ○ Fruit de poids moyen : 80 - 100 g ○ Teneur en jus : élevée de calibre : moyen ○ Aptitude à la conservation : bonne ○ Risques ponctuels sur les premiers fruits colorés : mouche des fruits ○ Sensible à l'oléocellose selon les années ○ Sensible au vent : risque de marbrures sur fruits ○ Sensible au gel sur les dernières récoltes de janvier |
| <p>Clémentine Nules Sy : Clemenules, Gorda de Nules, Nulesina, Reina, Reyna, Victoria</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre de forme sphérique, une frondaison dense avec vigueur moyenne à élevée ○ Productivité : moyenne à forte ○ Entrée en production : moyenne ○ Régularité de la production : bonne ○ Récolte : fin novembre à fin janvier Fruit ○ Calibre: gros de poids moyen : 80 - 110 g ○ Aptitude à la conservation : très bonne ○ Teneur en jus : moyenne à élevée ○ Saveur (sucre acidité) : bon équilibre ○ Très sensible à la gommose à Phytophthora ○ Sensible au gel sur les dernières récoltes de janvier |

| | |
|--|--|
| <p>Clémentine Muska Sy : Tardive de mars, MA3, Muskat</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre : Vigoureux, port retombant, frondaison très dense avec des brindilles courtes et épaisses ○ Productivité moyenne à bonne (parfois alternance) ○ Maturité en mi-janvier à mi-mars (très tardive) ○ Calibre moyen ○ Fruit juteux, de saveur moyenne (sucré mais peu acide) ○ Bonne tenue au transport et à la conservation ○ Récolte tardive : risques de gel. |
| <p>Nova Sy : Clemenvilla, Suntina, di Villalonga</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Récolté en mi-décembre jusqu'au février ○ Très forte productivité, ○ Gros calibres, de forme légèrement aplatie, il renferme quelques pépins, ○ Fruit très juteux, excellente tenue en conservation, équilibre acide – sucre, chair croquante ○ Parfois la présence d'un navel, ce qui favorise la chute des fruits ou l'installation de champignons en post-récolte. ○ Tendance génétique à l'éclatement ○ Risque de subir les gelées d'hiver |
| <p>Les citrons (<i>Citrus limon (L.) Burm.</i>)</p> | |
| <p>Citron Eureka Frost</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ La variété la plus cultivée dans le monde ○ Arbre vigoureuse, à floraison remontante, avec une très bonne production. ○ Les feuilles sont plutôt fines. ○ La récolte s'étale de fin novembre à juillet. ○ Les fruits, entre 80 et 150 g, sont assez réguliers et peu allongés, avec une peau lisse. ○ Ils sont juteux avec quelques pépins |
| <p>Citron Femellino</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Variété remontante à feuilles plus larges ○ Fruits de 100 à 200 g, contenant quelques pépins. ○ Fruits juteux avec une très bonne tenue sur l'arbre ○ Variété très productive donne quatre récoltes par année appelée selon la date de récolte : de novembre : Primofiore, de mai : Limone ; de juin : <i>Bianchetti</i> et ceux de septembre sont les <i>Verdelli</i>. |
| <p>Citron Panaché</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Variété ornementale ○ Arbre peu vigoureux ○ Le fruit avant maturité est jaune rayé de vert. A maturité, il est jaune avec des rayures moins visibles. ○ La pulpe du fruit mûr est rose pâle et acide. |

| Les limes (<i>Citrus aurantifolia</i> L.) | | |
|--|---|---|
| Les limes acides | <p>Lime Mexicaine (<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swing.) Sy : citron vert, lime antillaise, citron Gallet, <i>Key lime</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Aariété cultivée un peu partout dans le monde ○ Elle est très facile à multiplier par semis, malgré sa forte sensibilité aux <i>Phytophthora</i>. ○ Arbre très vigoureux, avec de nombreuses petites épines. ○ Elle produit de petits citrons ronds de 40 à 60 g à pulpe verte, avec 1 à 5 pépins, dont le parfum est très différent du parfum des citrons jaunes ○ Très sensible à la Tristeza et au froid |
| | <p>Lime Tahiti sélection IAC (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) Sy : Citron vert, lime de Perse, Bearss, El Kseur</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Plante très vigoureuse, avec de nombreuses petites épines, ○ 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 ○ La peau de ces fruit est fine, jaune en zone froide, restant verte en région chaude. ○ Très sensible à la Tristeza et au froid. |
| | <p>Lime de Palestine ou lime du Brésil (<i>Citrus limetoides</i> Tan.)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Variété utilisée comme porte-greffe à sols sableux très légers ○ Les fruits sont généralement jaunes à maturité, de forme arrondie avec un mamelon sans aréole prononcée, et présentant quelques pépins ○ Fruit à peau lisse |
| Les limes douces | <p>Limonette de Marrakech ou Bergamote de Tunis (<i>Citrus limetta</i> Risso)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fruit aplati aux extrémités et présente un mamelon cerclé d'une aréole prononcée. ○ Variété aux arômes de bergamote est très utilisée confite (en saumure) pour parfumer les plats cuisinés. |
| | Les Pamplemousses (<i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr.) | |
| | <p>Pamplemousse Goliath</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbres à développement important ○ Les fruits, se développent en grappe. Ils sont souvent très gros de 500 g à plus de 3 kg. ○ Peau très épaisse et une pulpe grossière (plutôt sèche) vert-jaune à rose en fonction des variétés |

| Les Pomelos (<i>Citrus paradisi</i> Macf.) (Hybride supposé entre Pamplemousse et orange) | |
|--|---|
| Pomelo March  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fruit à chair blanche, très amère, presque sans pépin ○ -Les fruits varient de 200 à 400 g et se développent en grappes, le plus souvent à l'intérieur de la frondaison. ○ Variété moins consommée est toujours très utilisée pour la transformation en jus |
| Pomelo Star Ruby  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Arbre de vigueur moyenne, avec une mise à fruit assez rapide, très productif. ○ Les fruits se développent en grappes, le plus souvent à l'intérieur de la frondaison, une chair rose, juteuse, sucrée et très peu amère. ○ Les fruits ont une très bonne aptitude à la conservation. Ils sont presque sans pépin ○ La récolte s'étend d'octobre en Turquie à juin en Corse |
| Les Kumquats (<i>Fortunella</i> sp.) | |
| Le Nagami <i>(Fortunella margarita)</i> (Lour. Swing.)  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Ce sont les seuls agrumes qui se consomment avec la peau ○ Fruits longs, acidulés, et ayant une très bonne aptitude à la conservation |
| Le Marumi <i>(Fortunella japonica)</i> (Thumb.) (Swing.)  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Souvent recherché en Europe comme arbre d'ornement car faisant partie des agrumes qui supportent bien le froid. ○ Fruits ronds, plus doux mais beaucoup plus fragiles ○ Petits fruits de couleur orange, à peau lisse, variant de 25 à 40 g, avec 2 à 5 pépins. ○ Les fruits tiennent très bien sur l'arbre. |
| Les Cédratiers (<i>Citrus medica</i>) | |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ○ Utilisé comme essence aromatique pour les confiseries, et les parfums ○ Parfum : très bon ○ Qualité Ornementale : bon ○ Qualité Gustative : moyenne ○ Maturité des fruits : novembre à décembre. |

Annexe 3

Figure 61 : Fiche technique de l'essai


| | | |
|--|--|---|
|  | En collaboration entre : L'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem & Garden pépinière |  |
| Expérience réalisée pour le projet de fin d'études Master II | | |
| <u>FICHE TECHNIQUE</u> | | |
| Thème : Etude comparative de taux de réussite de greffage de trois variétés d'agrumes sur trois porte-greffes dans différents milieux | | |
| Réalisé par l'étudiant : FEKHAR Mustapha | | |
| Directeur de mémoire : Mr TADJA Abdelkader | | |
| Co-encadreur de stage : BENABES Abdeldjebbar | | |
| Variétés greffons choisis : | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • <i>Navelina</i> (Orange Navel) • <i>Nules</i> (Clémentine) • <i>Eureka</i> (Citron) | | |
| Porte-greffe choisis : | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • <i>Citrus Volkameriana</i> • <i>Citrangue Carrizo</i> • <i>Poncirus Trifoliata</i> | | |
| Positions expérimentales : | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Serre chauffée (Multi chapelles de semi N°01) • Serre ordinaire (N°17) • Plein air (Serre protégée par insecte-proof N°22) | | |
| Type de greffage : | | |
| En écusson (en printemps) | | |
| Cheraga Alger / Mars 2017 | | |

Figure 62 : Fiche de suivi de chaque plant

Code : A 01

Position : Serre chauffée

Variété : **Navelina**Porte-greffe : **Citrus Volkameriana**

Date de greffage :

Date de réussite :