



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie



## Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie

Spécialité: Biotechnologies végétale

### Thème

Revue bibliographique sur la filière Agrumes en  
Algérie

Présenté par : - M<sup>elle</sup> Dahmane affaf.

- M<sup>elle</sup> Fertala khoulood.

#### Devant le jury :

Président : Mr BOUGOUTAIA Y.

M.C.A

UZA Djelfa

Promoteur : Mme OUALHA D.

M.A.A

UZA Djelfa

Examineur: Mme SAIDANI Z.

M.A.A

UZA Djelfa

Année Universitaire 2021/2022

# *Sommaire*

## Sommaire

|                        |    |
|------------------------|----|
| Dédicaces              |    |
| Remerciements          |    |
| Liste des tableaux     |    |
| Liste des figures      |    |
| Liste des abréviations |    |
| Introduction.....      | 01 |

### Chapitre 1 : Généralités sur les Agrumes

|   |    |
|---|----|
| 1.1Généralités.....                                       | 02 |
| 1.1.1 Origine des agrumes .....                           | 02 |
| 1.1.2 Classification botaniques .....                     | 02 |
| 1.1.3 Les principales variétés d'agrumes en Algérie ..... | 03 |
| 1.1.4 Descriptif de la plante.....                        | 04 |
| 1.1.4.1 Système racinaire .....                           | 04 |
| 1.1.4.2 Système aérien .....                              | 04 |
| 1.1.5 Cycle de développement des agrumes .....            | 06 |
| 1.1.5.1 La croissance végétative .....                    | 06 |
| 1.1.5.2 Le développement floral et du fruit.....          | 07 |
| 1.2 Importance économique et production des agrumes ..... | 09 |
| 1.2.1 Importance économique des agrumes .....             | 09 |
| 1.2.2 La production des agrumes .....                     | 09 |
| 1.2.2.1 Dans le monde.....                                | 09 |
| 1.2.2.2 En Algérie .....                                  | 10 |
| 1.2.3 Exigence agro-écologiques des agrumes .....         | 13 |
| 1.2.3.1 La température .....                              | 13 |
| 1.2.3.2 L'humidité de l'air.....                          | 13 |
| 1.2.3.3 Les gelées .....                                  | 13 |
| 1.2.3.4 Le vent.....                                      | 13 |
| 1.2.3.5 L'eau .....                                       | 14 |
| 1.2.3.6 Le sol.....                                       | 14 |

---

## Chapitre 02 : Techniques d'amélioration des agrumes

|  |    |
|--|----|
| 2. Techniques d'améliorations des agrumes.....                       | 15 |
| 2.1 Les techniques classiques (la multiplication végétative) .....   | 15 |
| 2.1.1. Le bouturage.....   | 15 |
| 2.1.1.1 Technique .....  | 15 |
| 2.1.1.2 Avantage.....  | 15 |
| 2.1.2 Le marcottage.....   | 16 |
| 2.1.2.1 Technique.....   | 16 |
| 2.1.2.2 Les types de marcottage .....                                | 17 |
| 2.1.2.3 Avantages .....  | 17 |
| 2.1.3 Le greffage .....  | 17 |
| 2.1.3.1 Les avantages .....  | 18 |
| 2.1.3.2 Matériel de greffage.....                                    | 19 |
| 2.1.3.3. Les techniques de greffage utilisées chez les agrumes ..... | 19 |
| 2.1.3.4 Les conditions de réussite de greffage .....                 | 25 |
| 2.1.3.5 Préparation de porte-greffe et de greffon .....              | 26 |
| 2.1.3.6 L'habilité (savoir-faire) du greffeur.....                   | 27 |
| 2.1.3.7 Soins après greffage.....                                    | 27 |
| 2.2 Les techniques biotechnologiques d'amélioration des agrumes..... | 28 |
| 2.2.1 La culture in vitro.....                                       | 28 |
| 2.2.2 Les techniques de culture in vitro.....                        | 28 |
| 2.2.2.1 Embryogenèse somatique .....                                 | 28 |
| 2.2.2.2 Micropropagation.....  | 30 |
| 2.2.2.3 Microgreffage d'apex .....                                   | 31 |
| 2.2.2.4 Hybridation somatique .....                                  | 33 |
| 2.2.2.5 Culture de méristème .....                                   | 35 |
| 2.2.3 Avantages et inconvénients de la technique in vitro.....       | 34 |
| 2.2.4 Techniques de réalisation des cultures in vitro .....          | 34 |
| 2.2.4.1 Composition du milieu de culture .....                       | 34 |
| 2.2.4.2 Conditions de la culture.....                                | 36 |

**Chapitre 03 : Résultats de quelques travaux réalisés sur les Agrumes**

|   |    |
|---|----|
| Résultats de quelques travaux réalisés sur les Agrumes..... | 37 |
| Conclusion.....   | 42 |
| Perspectives .....  | 43 |
| Références bibliographiques                                 | .  |
| Annexes   |    |

## **Dédicace**

Louange à **Dieu** tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

À toi ma regrettée **mère**, que **Dieu** ait son âme et lui fasse habiter son vaste Paradis, mon grand regret est que vous soyez parti très tôt avant d'avoir bénéficié des fruits de vos efforts investis en me

À mon cher **père**, je voudrais te remercier du fond du cœur pour tous vos sacrifices et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À Mes bien chères sœurs : **Sondous, Fatiha, Aicha, Maria**

À mes frères : **Mohammed Dia El Din, Ahmed al Amin, Ibrahim Khalil**

À me adorables neveux : **Yazan et Ghaith**

À mes amies : **Nariman, Nawal, Iman**

À mon cher binôme : **Affaf D**

**Ce travail est dédié.**

*M<sup>lle</sup> Khouloud f*

## Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

À la mémoire de celui qui me manquera toujours, mon père **Ahmed**

À Celle qui a attendu avec amour les fruits de sa patience, que dieu me la protège... à ma **mère**, qui m'a soutenue et entouré avec beaucoup d'affection. Je t'aime plus que tout au monde.

À mes chères sœurs **Ilham, Kamilia, Samar** et mon cher frère **Mohamed** : qui ont été le meilleur soutien chacun de sa manière. Et toute la famille de près ou de loin.

À tous mes amis de près ou de loin surtout : **Anis, Mariam, Donia, Soumia ... etc.**

À ma chère binôme **Khouloud**

*Melle Affaf*

## ***Remerciements***

**Tout d'abord nous remercions le Bon Dieu** pour nous avoir donné la santé, le courage, la volonté et l'énergie de réaliser ce travail

**Puis nous remercions notre promotrice Dr. Mme OUALHA** pour sa patience et ses orientations qui nous ont guidées tout au long de notre travail.

Nos sincères remerciements vont également aux membres du jury qui ont consacré une part importante de leurs temps à la lecture et à l'évaluation de ce travail.

Nous sommes honorés que **Mr BOUGOUTAIA. M.C.A** ait accepté de présider le jury.

Nous tenons aussi à remercier **Mme SAIDANI Z. M.A.A**, qui a pris le temps de lire, corriger et commenter ce travail

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail surtout l'**ITAFV** ( Mme **lazazi SAMIA**) et l'**ENSA**, pour leur soutien moral ou matériel,

**En fin**, sentiments de reconnaissance et nos remerciements vont également à tous nos collègues d'études et à tous nos amis.



## Liste de tableaux :

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tableau (01):</b> Les Principales variétés d'agrumes commercialisées en Algérien .....               | <b>03</b> |
| <b>Tableau (02):</b> Parts des variétés d'agrumes (%) dans la production mondiale .....                 | <b>09</b> |
| <b>Tableau (03) :</b> Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017..... | <b>10</b> |
| <b>Tableau (04):</b> La production et la superficie totale d'agrumes en Algérie.....                    | <b>12</b> |
| <b>Tableau (05):</b> Composition variétale des agrumes en Algérie.....                                  | <b>13</b> |
| <b>Tableau (06):</b> Avantage et inconvénients des techniques de culture <i>in vitro</i> .....          | <b>35</b> |

## Liste des figures

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figure (01):</b> Classification des agrumes et origine génétique des Citrus cultivés.....                            | <b>03</b> |
| <b>Figure (02):</b> Représentation schématique de quelques types de feuilles.....                                       | <b>05</b> |
| <b>Figure (03):</b> Bouton floral avant son ouverture en fleur .....  | <b>06</b> |
| <b>Figure (04):</b> Cycle phénologique des agrumes .....  | <b>07</b> |
| <b>Figure (05):</b> La production et la superficie en wilayas potentielles .....  | <b>11</b> |
| <b>Figure (06):</b> Technique du bouturage par rameaux.....   | <b>15</b> |
| <b>Figure (07):</b> La technique du marcottage.....   | <b>17</b> |
| <b>Figure (08):</b> Technique du greffage en écusson.....   | <b>21</b> |
| <b>Figure (09):</b> Technique du greffage en placage.....   | <b>23</b> |
| <b>Figure (10):</b> Technique du greffage en fente herbacée.....  | <b>24</b> |
| <b>Figure (11):</b> Technique du greffage en couronne .....   | <b>25</b> |
| <b>Figure (12):</b> Embryogénèse somatique chez les agrumes.....  | <b>29</b> |
| <b>Figure (13):</b> Etapes de l'embryogénèse somatique à partir de la culture de style et de stigmate en in vitro ..... | <b>30</b> |
| <b>Figure (14):</b> Forçage des baguettes des boutures des agrumes dans des conditions stériles...32                    |           |
| <b>Figure (15):</b> Le microgreffage en T inverse.....  | <b>32</b> |
| <b>Figure (16):</b> Différentes étapes de Microgreffage in vitro.....   | <b>33</b> |
| <b>Figure (17):</b> l'hybridation somatique, technique de fusion de protoplastes.....                                   | <b>33</b> |

## Liste des abréviations

**°C:** Degré Celsius

**Cm:** Centimètre

**CTV:** Citrus Tristeza Virus

**DSA :** Direction des Services Agricole

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

**g :** Gramme

**ha :** Hectare

**ITAF :** Institut Technique d'Arboriculture Fruitière

**Kg :** Kilogramme

**m:** Mètre

**Mt:** Millions de tonnes

**Qx:** Quintaux

**SDR :** Service du Developpement Rural

**T°:** Température

**UE:** Union européenne

**USDA:** United States Department of Agriculture

**% :** Pourcentage

# *Introduction*

### Introduction

Au travers des âges, l'homme a pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base : nourriture, abris, vêtements et également pour ses besoins médicaux. Plusieurs plantes possèdent des propriétés biologiques très intéressantes comme les agrumes.

Le terme général agrumes, par lequel on désigne les oranges, les citrons, les mandarines, est assez peu précis. Dérivé de l'adjectif «aigre», il signifie simplement que l'on parle de fruits acides. Ce n'est pas toujours vrai car l'on trouve des variétés d'oranges, de citrons ou de limes dénuées d'acidité, et ce n'est pas caractéristique car bien d'autres fruits sont aussi acides et même bien d'avantage que les agrumes. **(Huet, 1991)**

L'agrumiculture est l'une des principales activités de l'arboriculture algérienne ; elle représente 9,8% des surfaces arboricoles, occupant ainsi la quatrième place après l'olivier (35,9%), les espèces à noyaux et à pépins (24,9%) et le palmier dattier (21,7%). La région de la Mitidja est classée première avec 37% de la production totale des agrumes. **(Merouani, 2009)**

Le secteur des agrumes constitue une composante de l'économie mondiale le plus important tant en valeur qu'en volume. Il occupe la première place des productions fruitières à raison de tonnes. Ces dernières années et suite à la libéralisation des échanges commerciaux, la qualité des fruits frais de table des agrumes est devenue la principale préoccupation des agrumiculteurs en raison qu'elle représente le facteur déterminant de la valeur commerciale de la production au niveau des marchés d'exportations. **(Handaji, 2002)**

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail a été la présentation d'une revue bibliographique sur les agrumes, leurs importances économiques surtout en Algérie ainsi que quelques techniques d'améliorations. Des recommandations et des perspectives de développement de cette filière ont été également présentées.

Notre travail est cloisonné en trois parties :

La première présente une revue bibliographique résumant des généralités sur les agrumes, la seconde est une synthèse des techniques d'amélioration des agrumes et une troisième partie résumant les résultats de quelques travaux réalisés sur les Agrumes.

# *Chapitre 1*

## *Généralités sur les Agrumes*

## **1.1. Généralités sur les agrumes :**

### **1. 1.1. Origine des agrumes :**

Ainsi que l'avait déjà pressenti de Candolle, l'Indochine (on l'appelait alors la Cochinchine) et le S de la Chine semblent être le principal centre où ces plantes ont été sélectionnées et la culture de plusieurs espèces y a débuté, il y a sans doute deux ou trois millénaires. (Chevalier, 1943)

Ils ont été répandus selon trois voies principales, vers les côtes anglaises de l'Afrique au Xème siècle par les navigateurs arabes, En Haïti, îles des caraïbes, puis en Amérique central grâce à Christophe Colombe en 1493 et au cap par les anglo hollandais en 1654. (Louassent, 1989)

### **1.1.2. Classification botaniques :**

Les agrumes se répartissent en plusieurs genres. *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus* sont les trois genres les plus cultivés à travers le monde. Le genre *Poncirus* ne renferme qu'une seule espèce le *Poncirus trifoliata*. Cette espèce est essentiellement utilisée en agrumiculture comme porte greffe car ses fruits ne sont pas comestibles. Le genre *Fortunella* comprend six espèces dont deux seulement font l'objet d'une culture dans le Monde. Il s'agit de *Fortunella japonica* et *Fortunella margarita*. Le genre *Citrus* est le plus important. C'est au sein de ce genre que se rencontrent les principales espèces cultivées: les oranges (*Citrus sinensis*); les mandarines (*Citrus reticulata*); les clémentines (*Citrus clementina*); les citronniers (*Citrus limon*); et les pomelos (*Citrus paradisi*) (Voir Figure 01). (M'hiri, 2015)

D'après Swingle in Praloran (1971), la position taxonomique des agrumes est la suivante :

**Classe :** *Dicotyledoneae*

**Sous classe :** *Archichlonideae*.

**Ordre :** *Géraniales*.

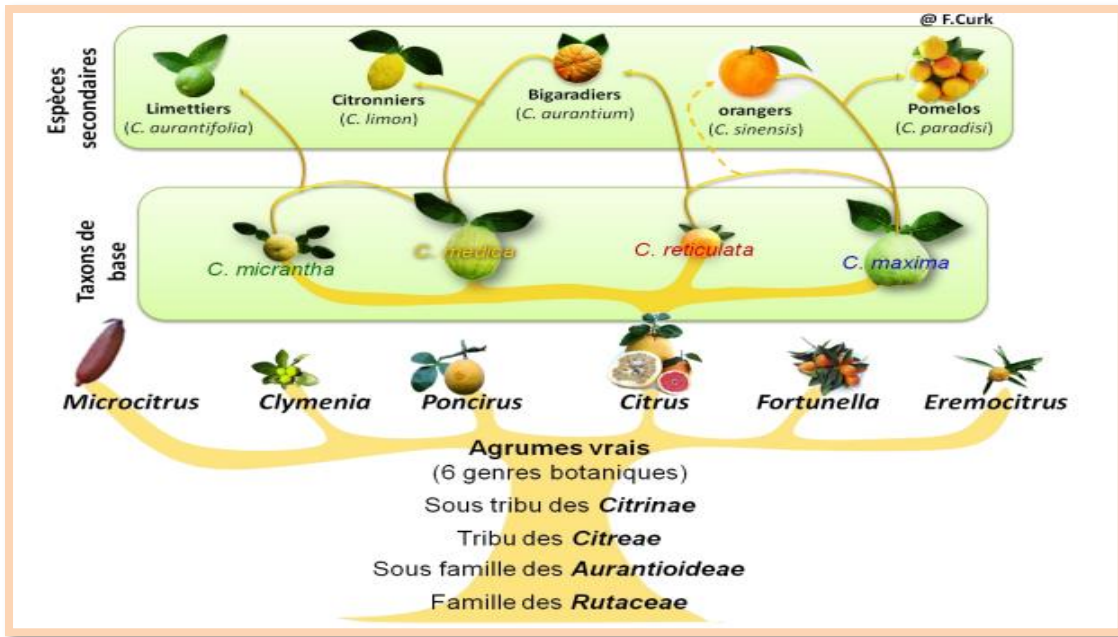
**Famille :** *Rutaceae*.

**Sous famille :** *Aurantioideae*.

**Tribu :** *Citreae*.

**Sous tribu :** *Citrinae*.

**Genre:** *Citrus*



**Figure 01 :** Classification des agrumes et origine génétique des Citrus cultivés (Khefifi, 2015)

**1.1.3. Les principales variétés d’agrumes en Algérie :**

Les agrumes en Algérie sont constitués de centaines de variétés, on cite principales variétés dans le tableau 01.

**Tableau 01 :** Les Principales variétés d’agrumes commercialisées en Algérie (ITAFV, 2021)

| Groupes  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|---|--|
| Orangers   | Clémentiniers  | Mandariniers   | Citronniers  | Pomélos et pamplemoussier   | Limetiers et Cédratiers  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- W.Navel</li> <li>- Thomson navel</li> <li>- Hamlin</li> <li>- Portugaise</li> <li>- Maltaise</li> <li>- Double fine</li> <li>- DFA</li> <li>-Shamouti (jaffa)</li> <li>- Cadénéra</li> <li>- Sanguine</li> <li>- Sanguinilli</li> <li>- Salustiana</li> <li>-Orange commune</li> <li>- Valencia Late</li> <li>- Vernia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Clémentine (Sans pépins) clone 2749</li> <li>-Clé. Montréal</li> <li>-Clé.Orograndé</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Satsuma</li> <li>-Mandarine commune</li> <li>-Mandarine de Blida</li> <li>- Willking</li> <li>-Mandarine ortanique</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eurêka 4</li> <li>-SantaTereza</li> <li>-Villafranca</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Star Ruby</li> <li>- Foster</li> <li>-Pamplemousse commun</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cédratier Etrog</li> </ul> |



#### 1.1.4. Descriptif de la plante :

Les agrumes sont des petits arbres ou arbustes, dont la taille peut varier de 2 à 10 mètres de haut suivant les espèces. Leur frondaison est généralement dense et leurs feuilles sont persistantes, à l'exception des *Poncirus*. Leurs fruits, constitués de quartiers remplis de petites vésicules très juteuses, constituent leur principale originalité. Les botanistes lui ont donné un nom particulier: hesperidium, du nom du jardin des Hespérides de la mythologie. (Bénédicte et Bachés, 2021)

##### 1.1.4.1. Système racinaire :

Le système racinaire des agrumes est essentiellement localisé dans les première 100 cm de profondeur. (Loussert, 1985)

- **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.
- **Racines secondaire** : se divisent en fines racinaire .elle 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 premières 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.

##### 1.1.4.2. Système aérien :

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

- **Tronc**

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

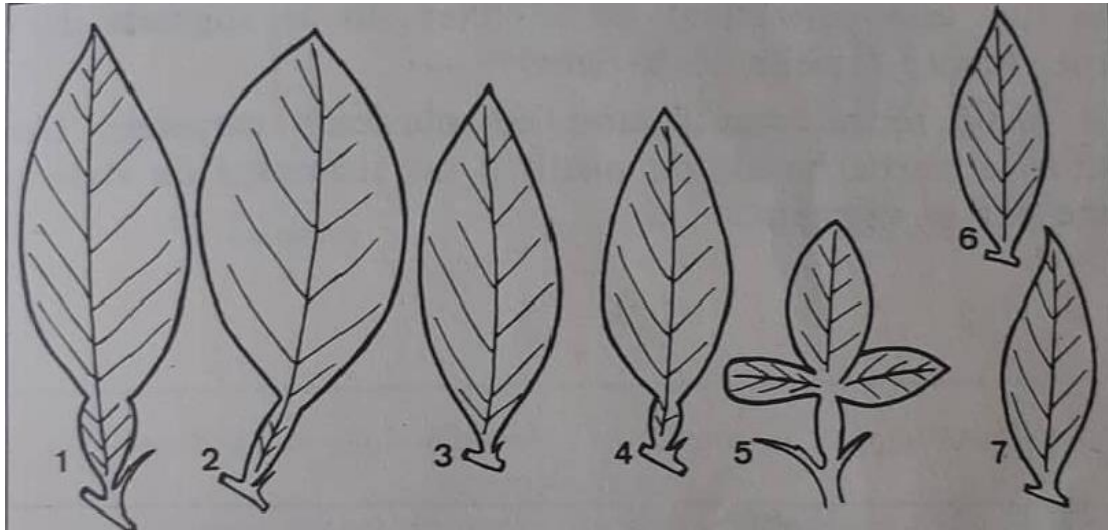
- **Ramifications**

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 .Elle 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.

• **Feuilles**

Tous les citrus sont des arbres à feuilles persistantes, ce qui est un caractère d'adaptation à des hivers peu rigoureux .seul le *Poncirus trifoliata* perd ses feuilles en hiver, ce qui lui permet de mieux résister aux basses températures hivernales ; son utilisation comme porte-greffe est donc recommandée dans les zones à climat méditerranéen continental (Voir Figure 02).



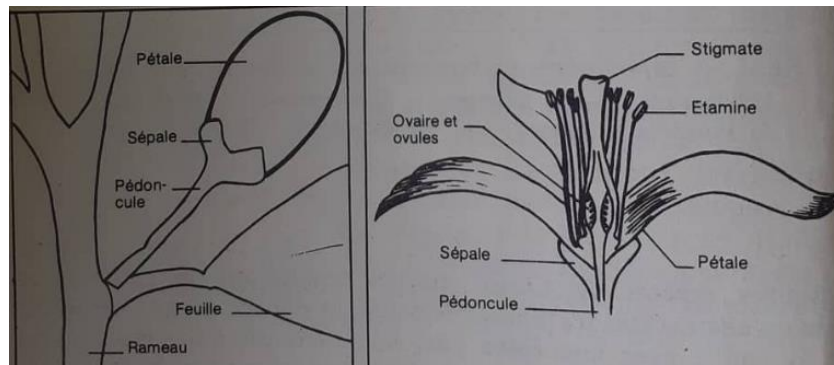
**Figure 02 :** Représentation schématique de quelques types de feuilles.

1) Bigaradier, 2) Oranger, 3) Citronnier, 4) Pomelo ,5) *Poncirus trifoliata*, 6) Mandarinier, 7) Clémentinier (**Loussert, 1985**)

• **Fleurs**

La fleur de citrus est composée de :

- 3 à 5 sépales colorés en vert, soudés en forme de coupe protectrice ; ils constituent
- De 4 à 8 pétales (généralement 5), blanc ou légèrement colorés 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 permettent de se fixer sur le stigmate du pistil (orange réceptif femelle de la fleur).
- Du pistil formé par l'union de plusieurs carpelles, l'ovaire constitue la partie basale du pistil, il est surmonté du style qui se termine par le stigmate (Voir Figure 03).



**Figure 03 : Bouton floral avant son ouverture en fleur (Loussert, 1985)**

- **Fruits**

Les fruits de principales espèces et variétés cultivées de Citrus diffèrent par 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 sept structures varient avec l'espèce et la variété, on peut distinguer les parties (**Barboni T, 2006**) :

- L'écorce, généralement peu développée, constitue la partie non comestible du fruit. Elle est formée de l'épicarpe et du mésocarpe externe et interne. À maturité du fruit, c'est l'épicarpe qui se colore en orangé.
- La pulpe formée par l'endocarpe est la partie comestible du fruit. Elle est constituée par un ensemble de poils ou vésicules renfermant le jus.
- Les pépins proviennent de la fécondation. Chez le clémentinier, l'absence de pépins est fonction des conditions de la pollinisation, l'autofécondation est impossible.

### 1.1.5. Cycle de développement des agrumes :

Bien que chez le citrus les étapes du cycle annuel ne soient pas aussi marquées qu'chez les espèces fruitières à feuilles caduques, il est possible d'en différencier les étapes suivantes (Voir figure 4):

**1.1.5.1. La Croissance végétative :** Elle se manifeste sur les jeunes ramifications au cours des trois périodes suivantes

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

De la fin Février au début Mai : Les ramifications s'allongent et développent de jeunes feuilles de coloration vert clair, très distinctes des autres feuilles plus âgées colorées en vert sombre. Sur ces nouvelles ramifications apparaissent en avril-mai les pousses fructifères (boutons floraux, puis fleurs).

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

De juillet à Aout: Plus ou moins vigoureuse suivant les températures, les irrigations et la vigueur des arbres. Cette poussée de sève est en général moins importante que les pousses de printemps et d'automne.

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

D'Octobre à la fin Novembre : Ces trois pousses sont le résultat de trois flux de sève qui commandent le développement végétatif de l'arbre. Les arbres ne subissent pas le phénomène de dormance mais seulement un ralentissement de l'activité végétative.

(Loussert, 1985)

### 1.1.5.2. Le développement floral et du fruit:

Les agrumes sont des arbres fruitiers à feuilles persistantes, le cycle de vie de ces arbres débute par une phase de dormance suivi par une phase de débourrement ou il y a le gonflement des bourgeons et le développement des feuilles suivis par une phase de floraison (début, pleine et fin). La figure n°4 récapitule les différents stades phénologiques selon l'échelle BBCH (Yssaad H et Medaoua Z, 2018)

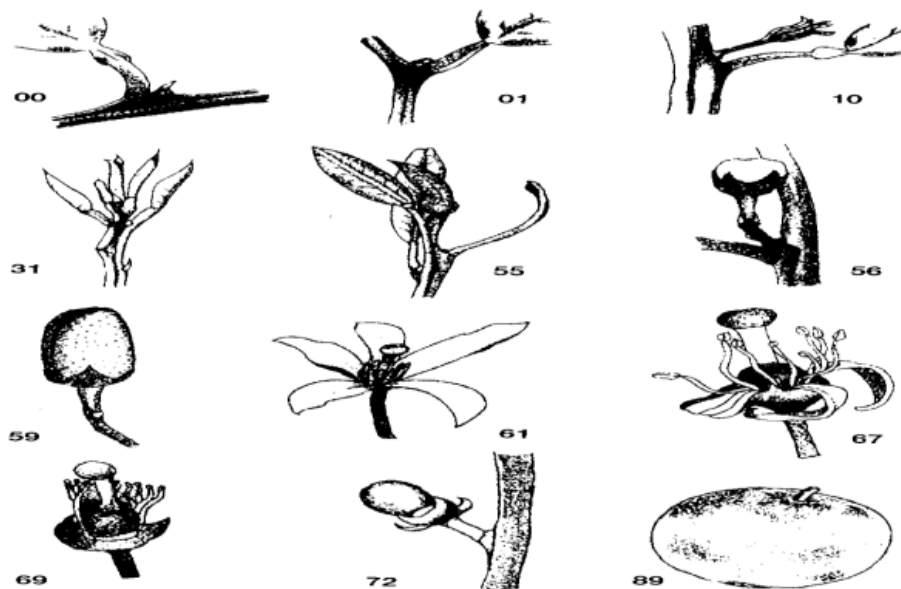


Figure 04 : Cycle phénologique des agrumes (Agusti *et al.*1995)

**Légende :**

00 : Début de dormance : stade de dormance.

01 : début du gonflement des bourgeons : stade développement des bourgeons.

10 : Séparation des premières feuilles : stade de développement des feuilles.

31 : début de la croissance des pousses: stade développement des pousses.

55 : les fleurs sont visibles mais encore fermées : stade d'apparition de l'inflorescence.

56 : les pétales s'allongent les sépales entourent la moitié de la corolle (stade bouton blanc) : stade de développement de l'inflorescence. Chapitre I Les agrumes

59 : La plupart des fleurs avec des pétales formant une boule creuse : stade d'apparition de l'inflorescence.

61 : début floraison (environ 10% des fleurs sont ouvertes) : stade de floraison.

67 : les fleurs sont flétries (la majorité des pétales sont tombés) : stade de floraison.

69 : Fin floraison (tous les pétales sont tombés) : stade de floraison.

72 : le fruit vert est entouré par les sépales en forme d'une couronne : stade de développement du fruit.

89 : Le fruit a atteint la maturité demandé pour la consommation avec son gout et sa consistance caractéristique : maturation du fruit et d la graine.

## 1.2. Importance économique et production des agrumes

### 1.2.1. Importance économique des agrumes :

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

- Consommation comme des produit frais ou après leur transformation (jus ; sirop,...etc.)
- Grande qualité nutritive riche, en vitamine C, B6, et constituent une source de fibres d'acide ascorbique et folique, du potassium et du calcium
- Effet bénéfique sur la santé en contribuant dans la diminution des risques de maladies cardio-vasculaires et d'autres maladies. **(Guedada et Gougam , 2015)**

### 1.2.2. La production des agrumes :

#### 1.2.1.1. Dans le monde :

Selon les données du Département Américain de l'Agriculture USDA, la production Mondiale d'agrumes tous produits confondus s'élève à plus 90 Mt pour la campagne 2016/17 avec un TCAM (Taux de Croissance Annuel Moyen) de 1,2% durant la période 2007-2017

En général, la production mondiale des agrumes se divise en quatre catégories ainsi réparties (Voir tableau 02):

**Tableau 02** : parts de variétés d'agrumes (%) dans la production mondiale **(USDA ,2017)**.

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

La production mondiale d'agrumes 2020/21 des pays et des produits de base inclus dans Citrus : World Markets and Trade est estimée en hausse de 4 % à 98 millions de tonnes métriques (tonnes).

Les oranges représentent la moitié de la production, suivies des mandarines/mandarines, des citrons/citrons verts et des pomelos. La Chine est le plus grand producteur, suivie du Brésil et de l'UE. %. **(USDA, 2021)**

La Chine est le premier producteur d'agrumes dans le monde avec une part de 34% et un volume de 29,5 millions de tonnes, elle est suivie par le Brésil avec une part de 22%. L'UE arrive au 3ème rang suivi par le Mexique (6,7 millions de tonnes) et les Etats unis (4,6 millions de tonnes). Le Maroc occupe le septième rang, suivi par la Turquie avec une part de 1,6%. **(USDA, 2016)**(Voie tableau 03).

**Tableau 03:** Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017 **(USDA, 2016)**.

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

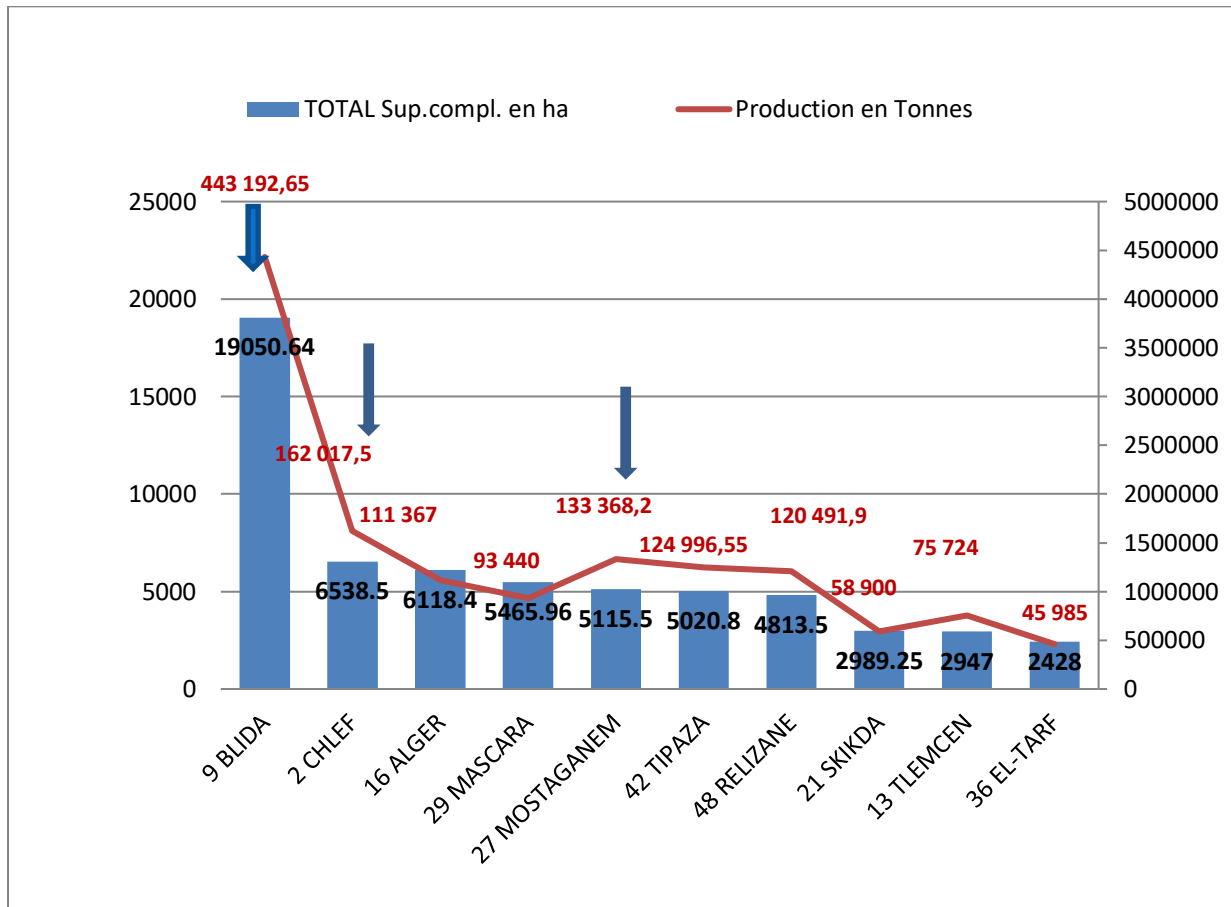
#### 1.2.2.2. En Algérie :

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

L'agrumiculture représente l'une des principales filières arboricoles nationales. Soit environ 9 % de la superficie totale occupée par l'arboriculture fruitière

Avec une superficie de plus de 73 470 ha, dont 63 734 ha en rapport, l'Algérie a produit, en 2019, plus de 1 583 493,1 tonnes d'agrumes.

La production nationale est, pour autant, orientée vers le marché du frais. Aussi, la production se concentre principalement dans les wilayas du centre et de l'ouest. (Voir figure 05 et le Tableau 04, ainsi les Annexes 1 et 2). (ITAFV, 2021)



**Figure 05:** La production et la superficie en wilayas potentielles (ITAFV, 2021)

Le verger agrumicole est constitué par divers groupes d'agrumes (Tableau 05), avec spécialement celles appartenant aux oranges et clémentines. La gamme variétale du groupe des oranges est la plus importante (Tableau 05). (Kerboua M, 2002)



**Tableau 04:** La superficie totale d'agrumes en Algérie (ITAFV, 2021).

| WILAYA          | 2015             | 2016             | 2017             | 2018             | 2019             | 2020             |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                 | TOTAL            | TOTAL            | TOTAL            | TOTAL            | TOTAL            | TOTAL            |
|                 | Sup.compl.<br>ha | Sup.compl.<br>ha | Sup.compl.<br>ha | Sup.compl.<br>ha | Sup.compl.<br>ha | Sup.compl.<br>ha |
| 1 ADRAR         | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 2 CHLEF         | 5735             | 5956.5           | 6124.15          | 6480.5           | 6538.5           | 6636.81          |
| 3 LAGHOUAT      | 0                | 11               | 8                | 8                | 8                | 8                |
| 4 O.E.BOUAGHI   | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 5 BATNA         | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 6 BEJAIA        | 2006.98          | 2001.78          | 2005.18          | 2019.04          | 2067.82          | 2065.41          |
| 7 BISKRA        | 77               | 81.5             | 76               | 76               | 66               | 76               |
| 8 BECHAR        | 46               | 44               | 44               | 44               | 51.5             | 51.5             |
| 9 BLIDA         | 18286            | 16315.06         | 17839.15         | 18475.21         | 19050.64         | 19304.38         |
| 10 BOUIRA       | 443              | 475.75           | 493.25           | 490              | 495.25           | 512.32           |
| 11 TAMANRASSET  | 182              | 165.3            | 35               | 153              | 157.5            | 133              |
| 12 TEBESSA      | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 13 TLEMCEN      | 2568             | 2568             | 2676             | 2884             | 2947             | 2948             |
| 14 TIARET       | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 15 TIZI-OUZOU   | 1432.65          | 1443.35          | 1523             | 1565.25          | 1590             | 1623.25          |
| 16 ALGER        | 5717.87          | 5722.03          | 5728.58          | 5876.775         | 6118.4           | 6168.5           |
| 17 DJELFA       | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 18 JIJEL        | 385.45           | 437.57           | 442.07           | 478.09           | 464.8            | 521.95           |
| 19 SETIF        | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 20 SAIDA        | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 21 SKIKDA       | 2808.95          | 2803.42          | 2852.73          | 2898.98          | 2989.25          | 3067.25          |
| 22 S.B.ABBES    | 2                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 23 ANNABA       | 575.25           | 598.25           | 565.5            | 546.75           | 600.25           | 709              |
| 24 GUELMA       | 814              | 832.89           | 860.49           | 814.74           | 826.24           | 860.24           |
| 25 CONSTANTINE  | 0                | 0                | 0                | 14.63            | 14.8             | 15.05            |
| 26 MEDEA        | 39               | 37               | 27.75            | 27.75            | 27.75            | 18.75            |
| 27 MOSTAGANEM   | 4809.5           | 4845.5           | 4957.5           | 5000.5           | 5115.5           | 5210             |
| 28 M'SILA       | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 29 MASCARA      | 4538.95          | 4819.35          | 5035.4           | 5161             | 5465.96          | 5766.4           |
| 30 OUARGLA      | 27.61            | 30.61            | 38.56            | 45.57            | 48.62            | 40.81            |
| 31 ORAN         | 240.08           | 252.51           | 261.61           | 284.03           | 330.26           | 390.7            |
| 32 EL-BAYADH    | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 33 ILLIZI       | 128.81           | 128.81           | 134.24           | 134.24           | 134.24           | 160.19           |
| 34 B.B.ARRERIDJ | 0                | 0                | 0                | 6                | 9                | 9                |
| 35 BOUMERDES    | 2190             | 2177.72          | 2237.02          | 2260.97          | 2423.37          | 2634.82          |
| 36 EL-TARF      | 2157.25          | 2151             | 2162.5           | 2316.25          | 2428             | 2545.25          |
| 37 TINDOUF      | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 38 TISSEMSILT   | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 39 EL-OUED      | 26               | 25               | 25               | 25               | 25               | 25               |
| 40 KHENCHELA    | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 41 SOUK-AHRAS   | 8                | 8                | 8                | 8                | 8                | 17.5             |
| 42 TIPAZA       | 4223.67          | 4207             | 4400.25          | 4532.25          | 5020.8           | 5236.1           |
| 43 MILA         | 2.5              | 2.5              | 6.5              | 8                | 12.5             | 24               |
| 44 AIN-DEFLA    | 1614             | 1614.75          | 1735             | 1846.04          | 1861.01          | 2068.31          |
| 45 NAAMA        | 2                | 2                | 2                | 2                | 2.6              | 2.6              |
| 46 A.TEMOUCHENT | 393              | 393              | 393              | 424.5            | 468.5            | 503.5            |
| 47 GHARDAIA     | 1063             | 1137             | 1167             | 1224             | 1289             | 1356             |
| 48 RELIZANE     | 4646.5           | 4686             | 4814             | 4870             | 4813.5           | 4882.5           |
| TOTAL ALGERIE   | 67190.02         | 65974.15         | 68678.43         | 71001.065        | 73469.56         | 75592.09         |

**Tableau 05:** Composition variétale des agrumes en Algérie (ITAFV, 2021)

| TYPE D'AGRUMES | SUPERFICIERS COMPLANTEES (ha) | PRODUCTIONS (qx) |
|----------------|-------------------------------|------------------|
| Oranges        | 51 714                        | 11 995 351       |
| Clémentinier   | 14 331                        | 2 487 839        |
| Mandarinier    | 2 519                         | 464 659          |
| Citrons        | 4 814                         | 870 166          |
| Pomélos        | 92                            | 16 915           |
| TOTAL          | 73 470                        | 15 834 930       |

### 1.2.3. Exigence agro-écologiques des agrumes :

Les agrumes sont considérés comme des espèces à climat chaud, sont situés dans des zones basses à moins de 400 m d'altitude, ce sont donc les plaines littorales et sub-littorales qui constituent la zone favorable des vergers d'agrumes. (ITAFV, 2021)

#### 1.2.3.1. La température :

Les agrumes sont considérés comme des arbres à climat chaud, néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. Le zéro végétatif des agrumes est de 13°C. La température optimale de croissance serait de 25 à 26°C ; au-delà, l'activité décroît pour s'arrêter aux environs de 38 à 40°C. (Loussert, 1985)

#### 1.2.3.2. L'humidité de l'air :

Selon le même Auteur la transpiration du végétal est élevée et ses besoins en eau augmentent. Cette faible humidité de l'air peut être amplifiée par des vents chauds desséchants pouvant provoquer des brûlures sur le feuillage et les fruits. (Loussert, 1985)

#### 1.2.3.3. Les gelées :

Les agrumes craignent les gelées printanières et les gelées tardives d'hiver coïncidant avec les stades critiques (floraison, maturité des fruits de certaines variétés de clémentiniers et mandariniers), A des températures inférieures à -1 et -2°C, des dégâts se manifestent sur les fruits tandis qu'à des températures inférieures à -3 et -4°C des dégâts sur les parties aériennes apparaissent et en dessous de -8°C l'arbre dépérit. (Loussert, 1985)

#### 1.2.3.4. Le vent :

Le vent est un aléa climatique redoutable pour les agrumes. Par son action mécanique, il peut provoquer des dégâts importants tels que la chute des fruits et l'altération de leurs

écorces ; les pertes de production sont par conséquent élevées, d'où la nécessité de renforcer le dispositif de protection par l'installation de « brise-vents ». (**Loussert, 1985**)

**1.2.3.5. L'eau :**

Les agrumes sont des arbres à feuilles persistantes à fort besoins en eau qui sont estimés à 1200mm par an. Ces besoins sont plus marqués particulièrement durant le stade de grossissement coïncidant avec la période estival. (**ITAFV, 2021**)

**1.2.3.6. Le Sol :**

Les agrumes s'adaptent à tous les types de sols, à éviter les sols trop lourds ou très limoneux. Redoutent des sols salins et alcalins. (**ITAFV, 2021**)

# *Chapitre 02*

## *Techniques d'amélioration des agrumes*

## 2.1. Les techniques classiques (la multiplication végétative) :

C'est la multiplication asexuée. Dans ce cas, les caractéristiques variétales sont conservées à 100 %. La fructification ou la mise à fruit est très rapide (2 à 3 ans). La multiplication végétative des agrumes peut être par bouturage, marcottage ou par greffage. (SDR, 2017). (Voir figure 06).

### 2.1.1. Le bouturage :

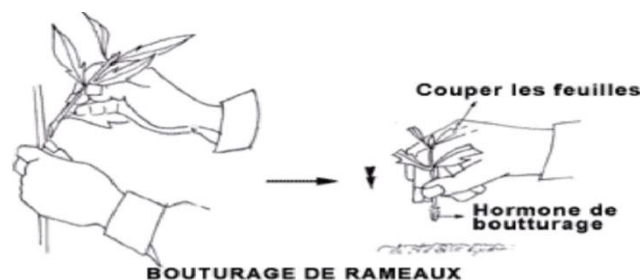
Le bouturage consiste à créer une plante entière, à partir d'un fragment de Plante prélevé sur la plante mère en provoquant son enracinement. Le fragment Peut-être un morceau de tige, de feuille ou de racine.

#### 2.1.1.1 .Technique :

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

#### 2.1.1.2 Avantage:

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



**Figure 06** : Technique du bouturage de rameaux (<https://www.gammvert.fr>)

### 2.1.2. Le marcottage:

Le marcottage consiste à provoquer l'émission des racines sur un rameau sans détacher celui-ci de la plante dont il est issu. Il reste ainsi nourri par sa plante mère, tant qu'il n'est pas capable de s'alimenter seul. C'est seulement à ce moment qu'il sera sevré, c'est à dire détaché de la plante mère (SDR, 2017).

#### 2.1.2.1. Technique :

- Après avoir choisi la zone à marcotter, pratiquez 2 incisions horizontales. En moyenne la longueur de la zone incisée correspond au diamètre de la branche. La distance entre les 2 incisions doit être assez grande pour que l'arbre ne cicatrise pas. Si possible on choisit un endroit où il y a un nœud.
- Après avoir ôté l'anneau, il faut bien gratter le cambium, c'est l'étape la plus importante, car s'il reste du cambium, les cellules vont reconstituer le liber donc rétablir la circulation de la sève élaborée. C'est à ce moment-là qu'on peut également placer un fil à ligaturer très serré pour qu'il joue le rôle de garrot et contribue à l'accumulation de la sève. Ce n'est pas obligatoire ni déconseillé. On peut aussi badigeonner l'incision supérieure avec des hormones de bouturage.
- On prépare ensuite le contenu de la marcotte que l'on dispose autour de la zone écorcée en formant une papillote fermée aux extrémités. On utilise le plus souvent de la mousse à marcotter. Le but étant de conserver un maximum d'humidité. Il faut également faire quelques petits trous en dessous pour évacuer l'excédent d'eau.
- On peut également recouvrir la « papillote » d'une seconde couche de plastique foncé, cette dernière coupera les rayons directs du soleil et permettra à la marcotte d'accumuler de la chaleur supplémentaire bénéfique au développement des racines. Il faudra aussi veiller à tourner marcotte. De plus le plastique permettra de condenser l'eau qui s'évapore et de réalimenter la marcotte en eau. (SDR, 2017) (Voir figure 07).



**Figure 07:** La technique du marcottage (<https://www.gammvert.fr>)

- 1) suppression de l'anneau d'écorce, 2) entourez le machon de papier aluminium,
- 3) sevez la marcotte au sécateur.

### 2.1.2.2. Les types de marcottage :

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, 2011)

### 2.1.2.3. Avantages :

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

### 2.1.3. Le greffage :

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

- Pour la partie inférieure de l'arbre que nous appellerons porte - greffe, le choix se porte sur une variété produisant un système racinaire rustique dans les conditions locales et présentant des caractéristiques intéressantes de résistance à certaines maladies et à de mauvaises qualités de sol. (FAO, 2012)

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

#### 2.1.3.1. Les avantage :

- Le greffage est pratiqué avant tout parce qu'il permet de multiplier des arbres en conservant les caractéristiques de la variété, mais aussi de les développer de façon plus significative.
- 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. (FAO, 2012)
- Remplacer une variété par une autre sur un arbre déjà formé ou de restaurer une vieille charpente après rabattage (sur greffage).
- Diminuer l'invasion de certains parasites en greffant sur des porte-greffes résistants sélectionnés par des stations de recherche.
- 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 (grosueur, goût, couleur, etc.) (FAO, 2012)
- Accroître l'importance de la floraison d'un arbuste.
- Hâter la première mise à fruit d'un arbre, car si un arbre entre en production à 2 ans au lieu d'attendre 7 à 8 ans
- Possibilité pour l'agriculteur d'associer plusieurs variétés sur un même arbre.
- Le port réduit de l'arbre. Il est capital d'avoir des arbres courts et accessibles, car les arbres issus des semis directs vont très haut, ce qui ne facilite pas la cueillette, à un moment donné les fruits se détériorent en tombant. L'arbre greffé à un port ramassé et la récolte est plus facile.



- En outre, la greffe (comme le clonage) prive la population greffée d'une grande partie de ses atouts évolutifs (faute de reproduction sexuée). (FAO, 2012)

### 2.1.3.2. Matériel de greffage:

- Couteau de greffage ou greffoir

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

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

- Sécateur

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

-Ruban de polyvinyle transparent pour la ligature.

- Sachets transparents pour isoler le greffon.

- Mastic

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

- Eau de Javel ou alcool

Les outils de greffage doivent être désinfectés régulièrement pour lutter contre la transmission des maladies. Il faut éviter la souillure des outils par la terre et la sève séchée pour éviter de salir les plaies de greffage et pour s'assurer d'une coupe franche et nette. (FAO, 2012)

### 2.1.3.3. 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-greffé 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 *et al*, 2009)

### **A- 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 (Voir figure 08).

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. **(Jacquemon C. et al, 2009)**

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. **(Jacquemon C. et al, 2009)**

Une incision en T est pratiquée sur la tige du porte-greffe, entre deux nœuds, et l'écorce est soulevée. Si le porte-greffe est bien « en sève », son écorce se décollera facilement

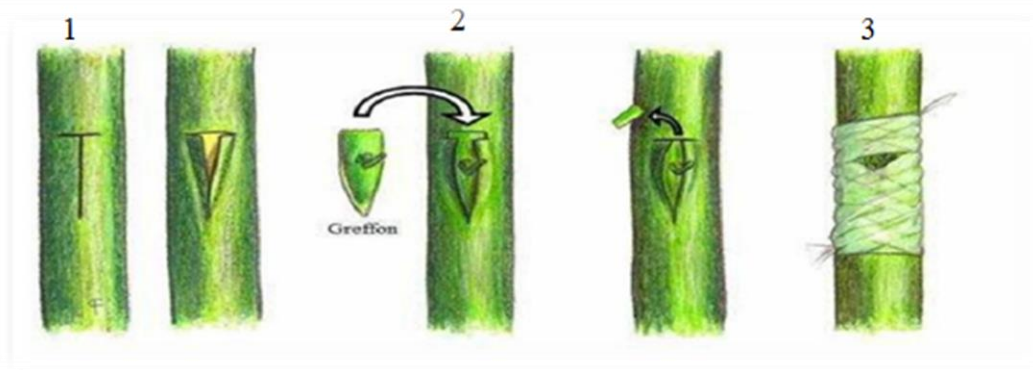
Le greffon est prélevé sur une baguette de l'année sous forme d'un blason ou écusson d'environ 2 cm de long sur 0,5 cm de large, sans prélèvement de bois. Le greffon est délimité, sur la baguette, par trois traits de greffoir dont le premier, horizontal, est fait au-dessus de l'œil; les deux autres, verticaux, partent du trait horizontal puis se rejoignent au-dessous de l'œil en formant la pointe de l'écusson. Cette pointe peut être très légèrement retaillée, afin d'optimiser le contact entre son écorce et l'aubier du porte-greffe. L'écusson est glissé entre l'aubier et l'écorce dans la fente en T. Une fois en place, son bord supérieur doit être sectionné à nouveau, pour s'ajuster parfaitement contre l'écorce du porte-greffe. **(Jacquemon C. et al, 2009)**

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. **(Jacquemon C. et al, 2009)**

Ainsi, pour les variétés très épineuses on préférera la greffe en placage décrite dans le point suivant. . (Jacquemon *C. et al*, 2009)

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. (Jacquemon *C. et al*, 2009)

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. (Jacquemon *C. et al*, 2009)



**Figure 08 :** Technique du greffage en écusson (Jacquemon *et al*, 2009)

1) Incision en T dans le porte-greffe, 2) Écusson en place, 3) Ligature de l'écusson sur le porte-greffe

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

- L'écussonnage de printemps : il est exécuté en mars-avril à l'aide d'écussons sur des rameaux récoltés en décembre-janvier puis conservés en jauge.
- L'écussonnage de printemps est appelé « Greffage à œil poussant » (sève montante) car l'œil se développe 10 à 15 jours après greffage, exemples : cerisier, agrumes.
- L'écussonnage d'été : il s'opère en juin et début juillet à l'aide d'écusson levé soit sur des rameaux qu'on aura conservés. Soit sur des rameaux de l'année, partiellement lignifiés. Cette deuxième possibilité est plus répandue que le premier surtout chez les arbres à noyaux à croissance rapide comme le pêcher, le prunier, l'abricotier et l'amandier. (Benettayeb, 2011).

- 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'oeil dormant » (sève descendant) car l'écusson se soude au sujet au bout de 2 à 3 semaines mais n'entre en végétation qu'au printemps suivant.

**(Benettayeb, 2011).**

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

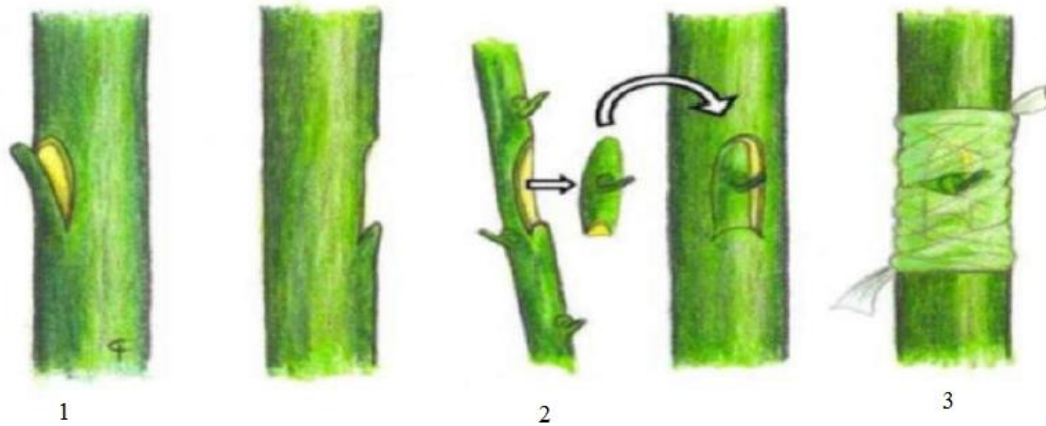
### **B- La greffe en placage d'un œil en copeau 'chip budding' :**

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. **(Jacquemon C. et al, 2009).**

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. **(Jacquemon C. et al, 2009).**

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. **(Jacquemon C. et al, 2009).**

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 (Voir figure 09). (Jacquemond C. *et al*, 2009).



**Figure 09** : Technique du greffage en placage (Jacquemond C. *et al*, 2009)

- 1) Détachez morceau d'écorce avec un peu de bois 1cm et un bourgeon au milieu.
- 2) Creusez le même morceau sur le porte greffe.
- 3) Installez votre greffon et faites une bonne ligature

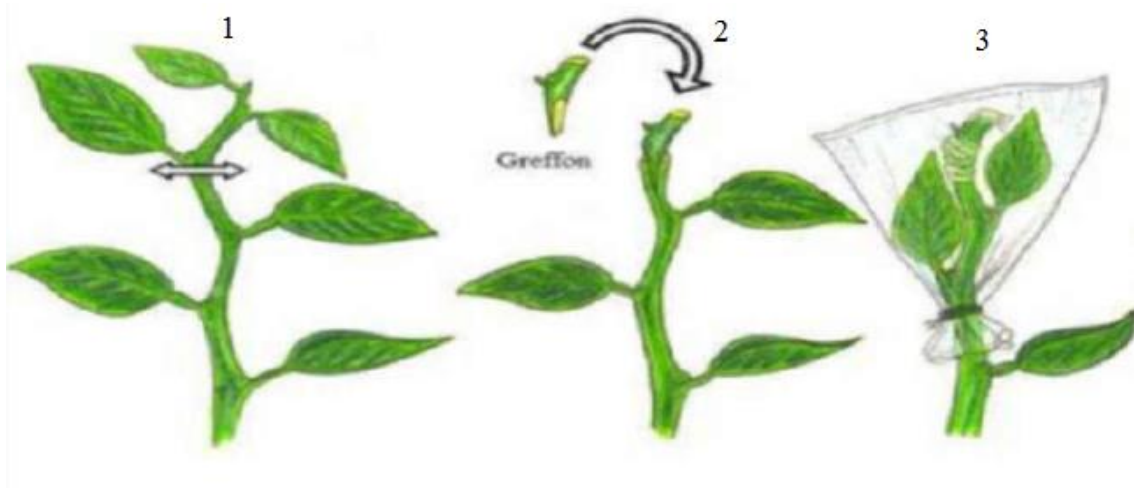
### **C-La greffe en fente simple (ou en fente herbacée) :**

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. (Voir figure 10) (Jacquemond C. *et al*, 2009).

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

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

- 1) coupez la tête du porte-greffe
- 2) Positionnez le greffon.
- 3) Ligature à l'aide de Parafilm et les ensachée du sac plastique.

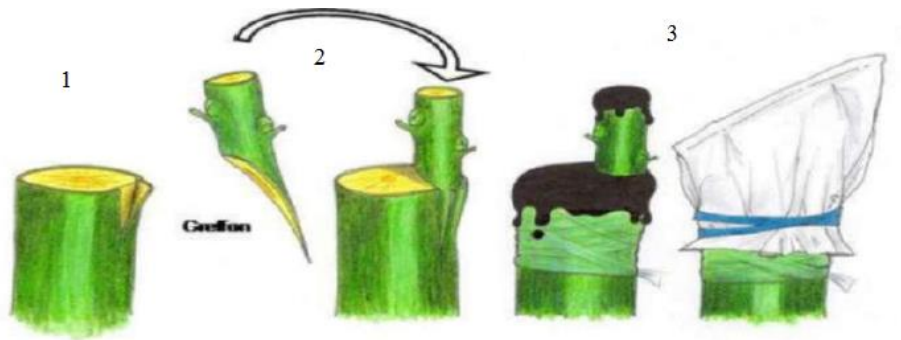
#### **D- La greffe en couronne perfectionnée dite 'Du Breuil' :**

La greffe en couronne se pratique principalement sur des porte-greffes âgés, de gros diamètre, dont l'écorce devient trop épaisse pour recourir à un greffage en écusson ou en placage. Le porte-greffe est rabattu entre 30 cm (Poncirus) et 40 cm (Citrange) au-dessus du collet. Partant de la section, une fente verticale est pratiquée sur quelques centimètres dans l'écorce, qui est décollée pour accueillir le greffon. (Voir figure 11) (Jacquemond C. *et al*, 2009).

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

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. (Jacquemon C. *et al*, 2009)



**Figure 11 :** Technique du greffage en couronne (Jacquemon C. *et al*, 2009).

1) Porte-greffe entaillé et prêt au greffage. 2) Placez le greffon bien (bois contre bois).

3) Ligaturer et mastiquer le point de greffe.

#### 2.1.3.4. Les conditions de réussite de greffage :

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

- La polarité : il est essentiel de respecter de sens de l'orientation des parties à mettre en contact .En d'autres termes, il faut respecter le sens de la sève
- Le contact des zones génératrices ou de cambium : Pour qu'une soudure complète puisse se produire, il faut que les zones génératrices ou de cambium se touchent et restent en contact au moins en un point.
- Pour favoriser la soudure, il faut pratiquer des coupures nettes.
- Affinité entre espèces et la vigueur réciproque des parties
- Choix de technique de greffage convenable.
- La saison de greffage : La majorité des greffes doit se réaliser dans la période où la sève est en abondance activée.

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

- 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. (Jacquemon C. *et al*, 2009).

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. **(Jacquemon C. *et al*, 2009)**

- L'air ambiant : Température et humidité

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

La contrainte de température, recommandée par certaines sources, qui recommandent, en vue d'optimiser les résultats, de ne pas opérer s'il y a risque de repos végétatif, qui peut être provoqué par une moyenne de températures trop faibles au début du printemps (en dessous d'environ +12°C nocturne), ou trop chaudes en plein été (supérieures à environ 35°C diurnes). à noter que des expériences de greffage à des températures supérieures ont été fructueuses, mais dans une atmosphère très humide). **(Jacquemon C. *et al*, 2009).**

#### **2.1.3.5. 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 amas avec étiquettes portant divers notes (espèce et variété, date et lieu de prélèvement), dans un réfrigérateur ou dans l'eau sous ombre (Température 3 à 4 °C et Humidité de 95 %) pour éviter le dessèchement.



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

#### **2.1.3.6. L'habilité (savoir-faire) du greffeur**

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

#### **2.1.3.7. Soins après greffage**

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

## **2.2. Les techniques biotechnologiques d'amélioration des agrumes :**

Les récents développements des outils de biologie cellulaire et moléculaire permettent d'envisager une efficacité accrue des programmes d'amélioration conventionnelle et d'autre part d'explorer des voies de création variétale totalement nouvelles. (Ollitrault, 1995)

La plupart des espèces d'agrumes sont capables de générer des plantes *in vitro* par organogénie à partir d'extraits de cotylédons, d'épicotyles, de bourgeons, de racines et de vésicules de jus. (Nicotra, 2001)

### **2.2.1. La culture *in vitro* :**

La culture *in vitro* des tissus végétaux est l'ensemble de techniques permettant de régénérer des plantes complètes à partir des cellules, tissus ou organe sous des conditions aseptiques et dans un environnement contrôlé (température, lumière, composition du milieu de culture, phytohormones,...). (Chekroun, 2018)

Chez les agrumes, cette technique de la culture *in vitro*, développée dans les années 1960 et 1970, est restée long temps à l'état confidentiel, utilisée surtout dans les laboratoires à vocation de recherche et de développement (création variétale, hybridation somatique, assainissement par microgreffage). (Jacquemond *et al.*, 2013)

Les applications de la culture *in vitro* sont nombreuses aujourd'hui tant dans le domaine de l'horticulture que dans celui de la recherche (notamment en amélioration des plantes), ou encore pour conserver la diversité variétale (Conservatoires) pour sauvegarder des espèces menacées (conservations *ex-situ*). Ces techniques exigent la connaissance des facteurs de l'environnement (température, lumière, composition du milieu...) du fragment de plante mis en culture afin de l'orienter vers un programme d'évolution déterminé. (Dellaa, 2013)

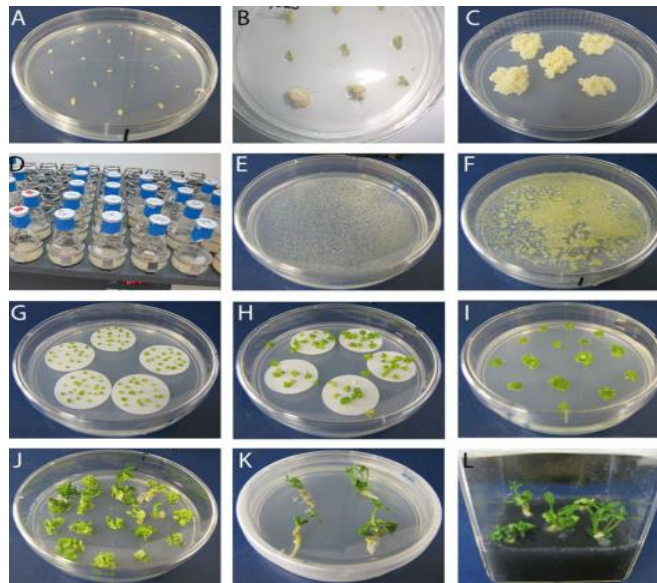
### **2.2.2. Les techniques de culture *in vitro* :**

#### **2.2.2.1. L'embryogenèse somatique :**

L'embryogenèse somatique est une technique de multiplication végétative clonale ou variétale, qui permet la production rapide et illimitée d'arbres génétiquement identiques à partir d'une seule graine, et ce, sans recourir à la fécondation ni à la transformation génétique. (Sbay et Lamhamedi 2015), L'embryogenèse somatique des génotypes polyembryonnie du genre *Citrus* est maîtrisée depuis le début des années 1970. (Ollitrault, 1995)

L'embryogenèse somatique peut être induite directement dans des nouvelles en culture et dans des ovules non développés ou indirectement via la formation de cals ( **Mohan Jain et Priyadarshan, 2009**) Chez les agrumes, la production de lignées de cals embryogènes a été décrite à partir de nucelles excisés, d'ovules abortifs, d'ovules non fécondés, d'ovules non développés, d'embryons nucellaires isolés. (**Ahmad A. Omar et al., 2016**)

Afin d'appliquer les techniques de la biotechnologie végétale moderne à la sélection des agrumes, il est nécessaire de développer des procédures de culture de tissus végétaux fiables et efficaces pour la régénération des plantes (voir Figure 12). (**Ahmad A. Omar et al., 2016**).

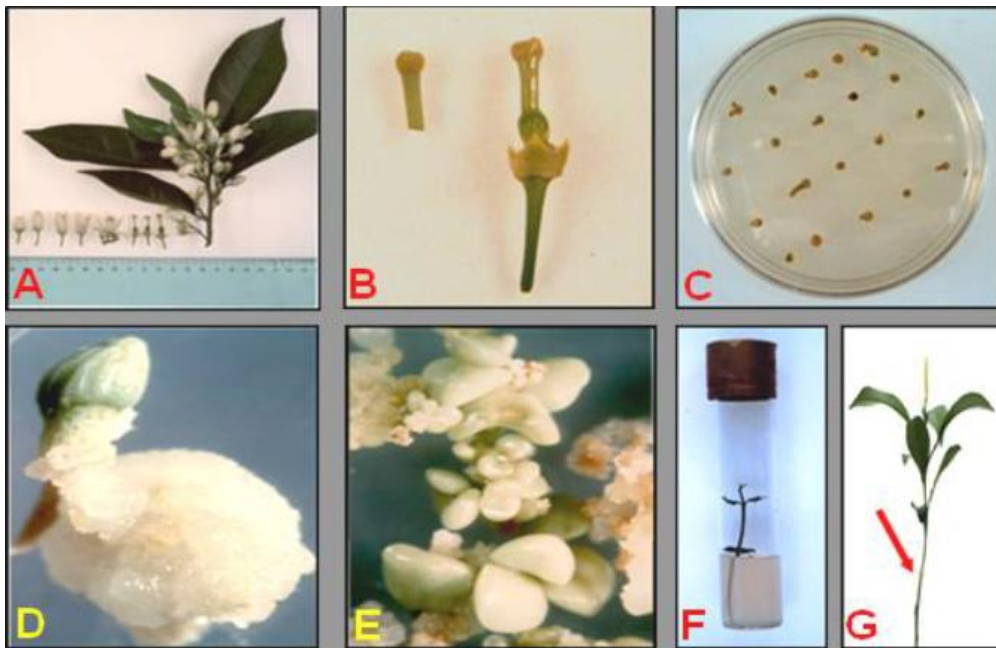


**Figure 12:** Embryogenèse somatique chez les agrumes. ( a ) Ovules d'agrumes, ( b ) cal embryogènes dérivé d'ovule, ( c ) cal embryogènes,( d ) cultures de suspension de cellules embryogènes, ( e ) micro-cals dérivés de protoplastes, ( f ) embryons somatiques dérivés de cals,( g , h ) embryons somatiques petits-moyens sur papiers filtres en acétate de cellulose,( i ) embryons agrandis sur milieu EME-maltose,( j ) embryons agrandis et pousses sur milieu 1500, ( k ) petite plantule sur milieu B+,( l ) plantules sur milieu d'enracinement. (**Ahmad A. Omar et al., 2016**)

Il y-a aussi une nouvelle technique permet la régénération de plantules génétiquement identiques au clone d'origine (L'embryogenèse somatique à partir de stigmate et style in vitro ). Elle a été améliorée en utilisant différents types d'expiant (fines couches cellulaires de stigmate et style ou organes entiers), excisés à partir de fleurs de plusieurs espèces d'agrumes. (**Carimi et al., 2001**)

L'embryogenèse somatique de la culture *in vitro* de styles et de stigmates est une excellente méthode pour éliminer les agents pathogènes les plus infectés de *Citrus* spp. Et a été pratiquée avec succès dans la régénération de différents génotypes d'agrumes. (Voir figure 16). (Meziane *et al.*, 2012)

Le protocole de l'embryogenèse somatique à partir de la culture de style et stigmate *in vitro* (voir Figure 13). a été mis au point par CARIMI *et al* (Meziane *et al.*, 2012)



**Figure 13 :** Etapes de l'embryogenèse somatique à partir de la culture de style et de stigmate en *in vitro*. A) fleurs fermées ; B) pistil séparé de l'ovaire ; C) mise en culture de style/stigmate ;D) formation de cal ; E) Formation d'embryons somatiques ; F) Germination d'embryon somatique ; G) mini-greffage *in vivo* des plantules régénérées pour acclimatation (Meziane *et al.*, 2012).

#### 2.2.2.2. Micropropagation :

La micropropagation, encore appelée « clonage végétal » est utilisée dans la sélection des plantes à multiplication végétative (manioc, igname, pomme de terre, banane), Elle consiste en la propagation *in vitro* de plantes entières indemnes de maladies à partir de parties de plantes, notamment des méristèmes (Bèye *et Sika*, 2016) La micropropagation *in-vitro* apporte un progrès considérable par rapport aux méthodes traditionnelles avec un taux de multiplication de 100 à 1000 fois plus élevé. (Dris, 2005)

Les techniques de micropropagation empruntent essentiellement deux voies :

- L'une qui utilise des tissus meristématiques (méristème ou apex de tige, bourgeons axillaires.
- L'autre voie, utilise toute sorte de tissus différenciés (fragments de tige, de racines, de pétiole, de feuilles, d'embryons matures et immatures, d'hypocotyles, cotylédons...etc.). **(Dahdouh , 2014)**

Pour le généticien, la micropropagation permet ainsi :

- L'introduction de nouvelles variétés ou de clones non modifiés génétiquement, qu'ils soient issus de croisements contrôlés ou d'une sélection de masse dans une population de plants issus de semis ou bien d'une sélection de phénotypes adultes en peuplement.
- La production des pieds-mères exempts de maladies à partir de clones ou de variétés existantes.
- La propagation des plantes sexuellement stériles et la création de nouveaux génotypes. **(Sbay et Lamhamedi, 2015)**

### **2.2.2.3 Microgreffage d'apex :**

Le microgreffage in vitro est une autre technique à la fois de multiplication et de guérison de clones viroses (greffage d'apex). Il est très utilisé pour les agrumes et se développe pour d'autres espèces. **(Gallais et Bannerot, 1992)**

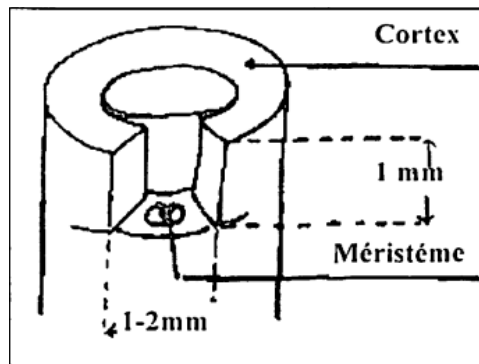
Technique du Microgreffage :

Les pépins stériles sont mis en culture dans des tubes à essais remplis de milieu de culture MS solidifié. Ces tubes sont placés à l'obscurité à une température de 27°C. Une fois germés les porte-greffes atteignent une taille de 4 à 5cm de hauteur et deviennent prêts au microgreffage in vitro (Voir figure14).



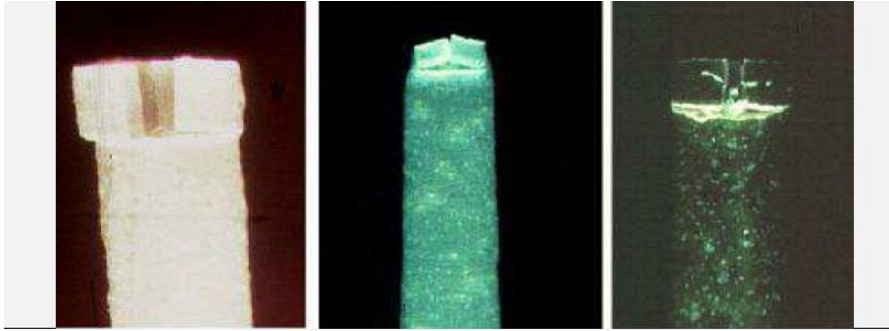
**Figure 14:** Forçage des baguettes des boutures des agrumes dans des conditions stériles  
(Metoui *et al.*, 2014)

La plantule de Citrange troyer issue de semis est sortie du tube à essai à l'aide d'une pince stérile. Les cotylédons sont excisés et la plantule est coupée à environ 1 cm au-dessus de la racine. La partie basale de l'apex racinaire est éliminée. Cette dernière opération facilite l'insertion des plantules greffées dans le trou du pont papier filtre placée dans le tube à essai de mise en culture rempli du milieu de culture liquide. Une incision en T inversé est exécutée à l'aide d'une lame de bistouri à l'extrémité supérieure de la tige du porte greffe (Voir figures 15 et 16).



**Figure 15:** le microgreffage en T inverse (F. Abed 1997)

L'apex méristématique prélevé à partir des pousses stérilisées au préalable est inséré délicatement à la base de l'incision en T. Le plant microgreffé est placé dans un tube à essai rempli d'un milieu MS liquide (Fig. 19). Les tubes sont ensuite transférés dans une chambre de culture à une température de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  et une photopériode de 16/8 heures. (Metoui *et al.*, 2014)



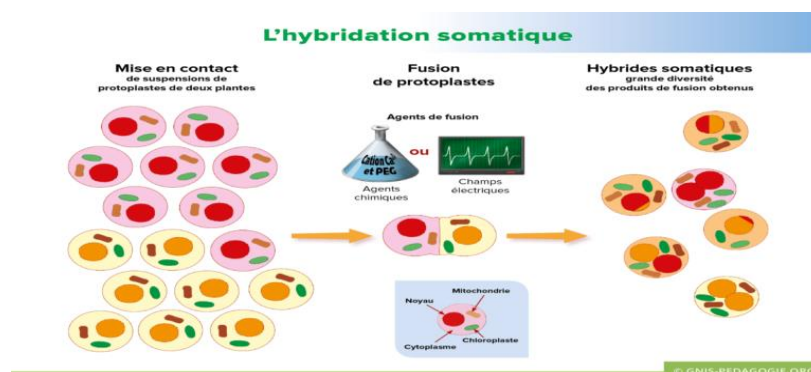
**Figure 16:** Différentes étapes de Microgreffage in vitro (Metoui *et al.*, 2014)

#### 2.2.2.4. Hybridation somatique

L'hybridation somatique chez les agrumes repose sur le processus de genèse de l'embryon somatique pour la régénération des plantes. (Ahmad *et al.*, 2016)

Chez les agrumes, cette technologie a été largement utilisée et a d'importantes applications dans l'amélioration des greffons et des porte-greffes (Ahmad *et al.*, 2016). Cette méthode représente un moyen d'augmenter la diversité génétique en combinant différents génomes nucléaires, chloroplastiques et mitochondriaux. (Singh & Rajam, 2009), Les premiers isollements réussis de protoplastes ont été rapportés dès 1982, et le premier hybride somatique d'agrumes a été obtenu entre *C. sinensis* et *P. trifoliata*. (Ahmad *et al.*, 2016).

Cette hybridation peut être réalisée sur des protoplastes par électrofusion ou par fusion chimique en présence de polyéthylène glycol (PEG). La caractérisation des plantules régénérées peut être réalisée par des approches de cytométrie en flux ou par l'utilisation de marqueurs moléculaires (Voir figure 17). (Méndez.L, 2019)



**Figure 17 :** l'hybridation somatique, technique de fusion de protoplastes  
(<https://www.semae-pedagogie.org>)

### **2.2.2.5 Culture de méristème :**

Le méristème est un petit organe composé de cellules méristématiques à division rapide ; il constitue le matériel idéal de départ étant donné que le méristème se développe d'une manière génétiquement stable et réduit le niveau d'infection virale (**Espinosa et al., 1992**). Dès 1952, George Morel a réussi à obtenir une plante entière à partir d'un méristème. (**Sarker et al., 2015**)

La taille de l'extrémité du méristème est le facteur le plus critique pour une élimination efficace du virus et détermine également la survie des explants sur un milieu spécifique et le temps requis pour la régénération de nouvelles plantes. (**Panattoni, 2013**)

La combinaison de la thermothérapie suivie d'une culture de méristème minimise les difficultés associées à l'excision de la petite taille du méristème puisque la thermothérapie permet l'utilisation de large méristème. En outre, la chimio thérapie suivie de la culture de méristème augmente l'efficacité de l'élimination du virus, mais la régénération des plantes est faible. Une concentration élevée de composés antiviraux peut entraîner une phytotoxicité et des mutations génétiques chez les plantes. (**Okori et Nakabonge, 2016**)

### **2.2.3 Avantages et inconvénients de la technique in vitro**

Par rapport aux méthodes conventionnelles de multiplication, la technique de la culture *in vitro* présente des avantages et des inconvénients lesquels sont donnés dans le Tableau 06.

### **2.2.4. Techniques de réalisation des cultures in vitro :**

#### **2.2.4.1. Composition du milieu de culture :**

La composition du milieu artificiel est l'un des principaux facteurs de réussite. Le milieu de culture renferme des sels minéraux (macro et micro- éléments, fer), des régulateurs de croissance, des vitamines, des acides aminés, des adjuvants organiques complexes, des glucides, de l'eau distillée ainsi que la matrice du milieu. Plusieurs milieux déjà préparés sont utilisés tels quels ou après modification par les laboratoires de culture *in vitro* (**Anonyme, 1990**).



**Tableau 06 :** Avantage et inconvénients des techniques de culture *in vitro*

| Techniques             | Avantages   | Inconvénients  |
|------------------------|---|--|
| Embryogenèse somatique | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Les embryons somatiques peuvent être encapsulés et traités comme des graines artificielles.</li> <li>-Obtention de plants possédant de nouveaux caractères.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Régénération difficile chez certaines espèces</li> <li>-Apparition de mutants.</li> </ul>            |
| Micropropagation       | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Production et multiplication rapide des plants.</li> <li>-Sauvetage des espèces en voie de disparition.</li> <li>-Production continue indépendante des saisons.</li> <li>-Homogénéité génétique des plants régénérés.</li> <li>-Simplification de certains schémas de certification.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cout élevé du vitro plant par rapport à celui multiplié par les méthodes traditionnelles.</li> </ul> |
| Microgreffage d'apex   | <ul style="list-style-type: none"> <li>le rajeunissement physiologique de diverses espèces</li> <li>-permettant la régénération de souches malades.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>la difficulté dans l'élimination des infections mixtes</li> </ul>                                     |
| Hybridation somatique  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Introduction et création de nouvelles variétés.</li> <li>-Limite l'incompabilité inter ou intra spécifique entre les espèces.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Technique difficile à réaliser</li> </ul>  |
| Culture de méristème   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Obtention de plants sains.</li> <li>Rajeunissement de plants.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Taux de réussite faible</li> </ul>   |

(Mahammedi et Ziraoui . 2013 ;Murashige, 1978 ;Boutherin et Bron, 2013)

#### **2.2.4.2. Conditions de la culture :**

Tan et Qian (1988) ont rapporté que les conditions environnementales des cultures (température, lumière, atmosphère, etc.) peuvent influencer fortement la prolifération cellulaire au cours de la callogenèse ainsi que l'embryogenèse somatique chez diverses plantes. L'induction de la callogenèse et de l'embryogenèse somatique chez les agrumes est obtenue par le maintien des cultures à une température de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  sous une photopériode de 16 heures avec un éclairage de 30 à 60  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{S}^{-1}$  fourni par des tubes fluorescents .(Meziane, 2013)

## *Chapitre 03*

*Résultats de quelques travaux  
réalisés sur les Agrumes*

### 3. Résultats de quelques travaux réalisés sur les Agrumes :

- MEZIANE M (2013) a réalisée un travail intitulé Assainissement et Régénération des Plants d'Agrumes par l'Embryogenèse Somatique à partir de la culture de Stigmate et Style. Elle a obtenu les résultats suivants : Les génotypes sources de fleurs, ont été testés pour la présence des principaux virus et virus similaires par l'utilisation de techniques biologiques, sérologique et moléculaires. La plupart des génotypes ont été infectés principalement par des virus et viroïdes. Des pistils ont été mis en culture *in vitro* pour l'obtention d'embryons somatiques. Les cals sont formées à la base du style. L'embryogénèse survint 38 à 150 jours après la culture initiale. L'Acclimatation *in vivo* des plantules régénérées a été réalisée par un greffage sur porte greffe. Après l'évaluation de l'état sanitaire, aucun virus, viroïde et virus similaire présents dans les plants mère n'a été détecté dans les plants régénérés par l'embryogénèse somatique. Afin de vérifier la stabilité génétique des plantes régénérées, une quinzaine de régénérant ont été choisis au hasard parmi différents génotypes pour l'évaluation de la variation somaclonale par l'analyse d'empreintes génétiques ISSR (inter-simple sequence repeat ).
- Selon CHETTO O (2015) qui a réalisée une autre expérience où l'objectifs a été la comparaison de comportement de génotypes d'agrumes, en termes de résistance à la salinité *in vitro* au niveau des cals et des cellules cultivées parallèlement sur milieu liquide et solide.  
Les résultats ont montré que les différents niveaux de stress de salinité ont eu un effet significatif sur la croissance des cellules. En outre, la salinité a augmenté de façon significative le niveau de chlorures des génotypes testés.
- MEDDAS S A (2015) a réalisé un essai de régénération de quelques variétés d'agrumes de différents groupes par l'embryogenèse somatique dont l'objectif de ce travail a été de préserver le patrimoine agrumicole algérien en utilisant la technique d'embryogénèse somatique Pour cela, il a essayé ce type de multiplication sur trois groupes différents avec six variétés, à savoir ; les citronnier : Beni Abbes, Afrique du Nord, Dellys, le Mandarinier : Mandarine de Blida, et les orangers : Shamouti de Station, Meski, Bey et Miliah. Où il a varié la composition de milieu de culture avec adjonction d'hormone de croissance ; BAP seule, 2.4 D seul et une combinaison BAP + 2.4D.

Les résultats obtenus, montrent que l'hormone de croissance qui a permis l'obtention des cals est le BAP. Au niveau des groupes et des variétés, le groupe des citronniers présente la meilleure aptitude à la calogénèse et l'embryogénèse, puis vient le groupe des orangers avec une seule variété (Shamouti de Station), et en fin le mandarinier de Blida qui n'a donné que des cals.

- OLLITRAULT P (1992) a réalisé un travail intitulé "L'amélioration des agrumes: Création variétales et biotechnologies".

Après un rappel des objectifs des programmes de création variétale, ce travail fait le point sur près d'un siècle d'amélioration génétique des agrumes. Les critères et méthodes de sélection sont présentés sur la base d'une synthèse bibliographique avec une mention particulière aux biotechnologies (marquage moléculaire, embryogénèse somatique, protoplaste ...) qui pourraient, dans un proche avenir, déboucher sur des progrès génétiques notables.

- BAHSAN A M (2009) a réalisé un travail intitulé " Contribution à la multiplication *in vitro* des agrumes -cas de Bigaradier (*Citrus aurantium*). Cette étude a été portée sur l'influence des phytohormones sur l'organogénèse et le développement d'explants (jeunes embryons et bourgeons axillaires d'arbres adultes) du Bigaradier *Citrus aurantium* en culture *in vitro*. Pour tous les explants (embryons et bourgeons) l'utilisation de la BAP à 1mg /l seule a été plus adéquate en permettant une meilleure prolifération notamment quand les explants sont transplantés ultérieurement sur un milieu d'expression sans phytohormones. L'adjonction de l'ANA dans le milieu de multiplication a parfois amélioré la rhizogénèse. Cependant, l'incorporation du 2,4-D dans le milieu de culture a plutôt favorisé la calogénèse des explants.
- Selon FEKHAR M (2017) qui a réalisé une étude comparative de greffage de trois variétés de porte-greffes d'agrumes (cas de *Citrus Volkameriana*, Citrange Carrizo et *Poncirus Trifoliata* ) avec trois variétés de greffons dans différents milieux". Cet essai a été réalisé dans la pépinière de Garden à Alger, afin d'étudier la compatibilité et l'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* a été 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 a été : Citrus Volkameriana X Orange Navelina. Ces résultats pouvant déterminer un bon choix pour les pépiniéristes agrumicoles.

- CABASSON C(1993) a réalisé un travail intitulé " Utilisation des protoplastes pour l'amélioration des agrumes: hybridation somatique et transformation génétique" et a obtenu les résultats suivants :

La transformation génétique des agrumes permet d'introduire des caractères intéressants dans des variétés et des portes- greffes élites, sans altérer les autres caractéristiques des cultivars.

- FROELICHER Y (2010) a réalisé un essai sur l'amélioration génétique des agrumes: gestion de la diversité et de la ploïdie". Il a pu montrer l'existence de deux sous-groupes au sein des mandariniers, l'un de ces groupes a fourni son cytoplasme à de nombreux hybrides, utilisés en tant que porte-greffes, et l'autre est à l'origine des variétés cultivées. Cette meilleure connaissance des ressources génétiques nous permet de mieux raisonner nos schémas de création. Le premier critère de sélection retenu est la stérilité des variétés afin d'obtenir des fruits sans pépin. La triploïdie permet de générer de la variabilité tout en assurant une stérilité à la fois mâle et femelle. Ces dernières années, le développement des biotechnologies, a fourni de nouveaux outils à l'améliorateur. Le développement de techniques de biologie cellulaire permet aujourd'hui de manipuler efficacement la ploïdie chez les agrumes, débouchant sur l'obtention d'hybrides somatiques, des cybrides, de plantes haploïdes et polyploïdes. Les hybrides triploïdes obtenus dans le groupe des mandariniers alimentent notre programme de sélection de fruits de qualité, sans pépin et d'épluchage facile. Près de 5000 triploïdes sont actuellement en cours d'évaluation dans le cadre d'un réseau en partenariat. Ce matériel est également devenu l'objet de recherches cognitives, en particulier sur la transmission des caractères impliqués dans la qualité des fruits. Il soulève ainsi de nouvelles questions de recherche sur l'expression du génome et l'hérédité des caractères chez les hybrides polyploïdes d'agrumes.
- Un autre travail intitulé ". Apport des biotechnologies végétales" a été réalisé par SERGHINI M A (2006) où il a montré ces résultats :  
La multiplication végétative, autrefois basée sur le bouturage, le greffage et le marcottage, connaît aujourd'hui un essor considérable grâce à la maîtrise de la culture in vitro et notamment à l'identification des régulateurs de croissances et la compréhension de leurs modes d'action. La culture in vitro comme un moyen de

multiplication permet d'atteindre un bon pouvoir multiplicateur. Elle offre une garantie phytosanitaire pour les échanges internationaux de germoplasmes et présente un avantage au niveau des tailles réduites des vitro plants. L'échelle de multiplication peut atteindre quelques millions de plants par an pour les espèces végétales qui se prêtent bien au micro-bouturage et peut être pratiquement illimitée dans le cas de l'embryogenèse somatique.

- HARAOUI W (2021) a réalisé un travail intitulé " Etude de la callogénèse et de la caullogénèse de l'association porte greffe citrus volkameriana sur quatres variétés de greffons d'agrumes (Clémentine Orograndé, Clémentine Nules, Orange Washington Navel et Citron Eureka )" et a obtenu les résultats suivants :

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

-La serre multi- chapelle semi-automatique permet d'assurer un microclimat favorable aux plants (température et humidité) pour la réussite de greffage et le développement des pousses.

- La meilleure association de point de vue durée de reprise au greffage et l'état de développement est élevée avec l'association porte greffe (Citrus Volkameriana) suivi de l'orange washington navel, de clémentine Nules.

- BOUNAB DJ E (2018) a réalisé une étude de caractérisation basée sur 15 caractères qualitatifs et 5 caractères quantitatifs sur les feuilles, les fruits et les graines a été reprise selon les descripteurs d'agrumes IPGRI.

Les résultats de l'analyse ont indiqué l'existence d'une grande variabilité morphologique entre les génotypes. Une variation marquée des caractères qualitatifs a été observée pour la forme des feuilles, Intensité de la couleur verte de la feuille, la forme des fruits et la couleur de la pulpe et son intensité, le couleur de l'épicarpe, la forme et la couleur des graines des variétés étudiées. Ainsi qu'une variation notée sur les caractères quantitatifs mesurés tel que la longueur et la largeur des feuilles, la longueur, le diamètre et le poids du fruit.

Les 20 caractères ont été soumis à une analyse multivariée. Les résultats de l'analyse en grappes nous a permis d'établir un dendrogramme séparant les 15 accessions en

deux groupes principaux, le premier cluster comprend l'accession Navel demi-sanguine. Le deuxième cluster peut être divisé en deux sous-clusters un le premier comprend les trois accessions de pamplemousse (Pomelo marsh seedless1, Pomelo marsh seedless2, Pomelo marsh seedless3). Le deuxième sous-cluster est subdivisé en deux groupes.

La matrice des distances des accessions prises deux à deux révèle qu'une distance ( $d=0$ ) est observée entre les trois accessions de pamplemousse. En parallèle, la plus grande distance ( $d=12$ ) est observée entre une accession d'orange (navel demi-sanguine) et les trois accessions de pamplemousse.

- Autre essai a été réaliser par DEHGANI S (2020) dans la pépinière El Nakhla à Ain defla, afin d'étudié la compatibilité et affinité par le suivi de taux de reprise au greffage de quatre variétés de greffon (Orange Washington Navel, Orange Navelina, Clémentine Orograndé et Clémentine Nules) greffées en écusson de printemps sur deux variétés de porte-greffes (Citrange Carrizo, Citrus Volkameraina) dans une serre multi -chapelle semi –automatique. La comparaison entre les différentes associations (porte- greffe/variété) ont données les résultats suivants :

La serre multi- chapelle semi-automatique permet d'assurer un microclimat favorable aux plants (température et humidité) pour la réussite de greffage et le développement des pousses.

La meilleure association Porte greffe X greffon c'est le porte greffe Citrange carrizo avec la Variété Navelina. Ces résultats obtenus permettent de déterminer un bon choix de matériel végétal pour les pépiniéristes agrumicoles.



## *Conclusion et perspectives*

### Conclusion

Les agrumes, appartenant au genre Rutaceae et Citrus, sont l'une des cultures fruitières les plus populaires et les plus cultivées au monde. Il est d'une grande importance dans le développement économique des pays producteurs, Ils constituent des produits d'exportation et sont transformés en divers produits dérivés tels que jus, confitures...etc.

En Algérie le nombre d'arbres d'agrumes occupent le quatrième rang après l'olivier, La plantureuse Mitidja, berceau de l'agrumiculture, puisqu'elle groupe encore près du tiers des plantations algérienne.

Les agriculteurs algériens ont plusieurs lacunes techniques dans les méthodes d'irrigation, la fertilisation, les carences en micronutriments et l'infestation de différents ravageurs, comme l'irrigation est devenue un casse-tête pour tout le monde faute de nouveaux moyens , ainsi que la réduction de la production à cause de la crise liée au Coronavirus, ont fait des agrumes des denrées rares très demandé par les Algériens pour leurs vertus immunisantes

La biotechnologie offre des solutions prometteuses à de nombreux défis et obstacles difficiles à la sélection des agrumes, peut accélérer l'amélioration de la citriculture dans le monde. L'amélioration des agrumes vise la production de fruits sans pépins et faciles à éplucher, la résistance au froid, plus productives, plus résistantes aux maladies et aux insectes à travers deux méthodes : l'amélioration conventionnelle (bouturage , marcottage) et la biotechnologie ( Embryogenèse somatique , Micropropagation , Microgreffage d'apex , Hybridation somatique ,Culture de méristème ) , intégration entre ces deux méthodes est le meilleur chemin à suivre pour le développement de l'industrie des agrumes

Le programme Algérien de développement des agrumes occupe une place prépondérante dans la nouvelle politique agricole du pays, L'Algérie possède une collection variétale composée de 178 variétés d'agrumes constituant un patrimoine génétique inestimable. L'adoption de nouvelles technologies et de nouvelles approches de production dans les activités agricoles devient cruciale pour que le pay puisse relever les défis de l'expansion rapide de la population et de la disponibilité décroissante de terres agricoles productives.

### Perspectives

La culture d'agrumes est d'un intérêt majeur pour l'agriculture du pays, Les efforts depuis son lancement en 2019 ont porté principalement sur l'élargissement du domaine des agrumes de toutes sortes en s'attaquant aux problèmes qui freinent les pratiquants dans cette activité et en trouvant des solutions efficaces pour doubler la production, notamment en ce qui concerne :

- L'insuffisance des ressources hydriques,
- Le coût élevé des engrais et des pesticides
- L'âge très avancé de plus de la moitié des plantations

Il est nécessaire de prendre un certain nombre de mesures primordiales à savoir :

- Réhabiliter les infrastructures de base au niveau des périmètres : réseau d'irrigation et de drainage.
- Mise en place d'une station de quarantaine pour toutes les introductions des plants d'agrumes de l'étranger.
- Promouvoir l'utilisation des portes greffes tolérants à la Tristeza.
- Utiliser exclusivement pour les nouvelles plantations du matériel végétal de qualité

Si la méditerranée est la deuxième au monde dans ce domaine, L'Algérie pourrait être la première, c'est à la fois le plus grand pays d'Afrique, climat ensoleillé et avec des précipitations raisonnables et surtout le développement intéressant de ces dernières années du secteur de la gestion des eaux

Utilisation des techniques agricoles modernes, Par exemple : Récemment une nouvelle technique a été mise au point pour la régénération des plants d'agrumes et l'obtention d'un matériel sain, génétiquement identique à la plante mère .dont l'utilisation contribuera à la relance de l'agrumiculture en Algérie.

La production devrait augmenter par rapport à la production de la saison dernière, Cela est dû à l'introduction de nouvelles techniques dans le processus de multiplication et à la création de nouvelles variétés, en plus de la technique d'irrigation au goutte-à-goutte, qui a contribué à augmenter le rendement des arbres et à améliorer la qualité des fruits.

# *Annexes*

**Annexe 01 :****Tableau (01):** La production totale d'agrumes en Algérie (ITAFV, 2021).

| WILAYA          | 2015       | 2016       | 2017       | 2018       | 2019       | 2020       |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                 | Production | Production | Production | Production | Production | Production |
|                 | qx         | qx         | qx         | qx         | qx         | qx         |
| 1 ADRAR         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 2 CHLEF         | 1330150    | 1098680    | 1109490    | 1620175    | 1620175    | 1604915    |
| 3 LAGHOUAT      | 0          | 468        | 428        | 458        | 440        | 450        |
| 4 O.E.BOUAGHI   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 5 BATNA         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 6 BEJAIA        | 206803     | 226982     | 278561.7   | 281381.3   | 357269.2   | 321533.6   |
| 7 BISKRA        | 3085       | 2345       | 2969       | 2969       | 3010       | 2886       |
| 8 BECHAR        | 4760       | 5605       | 6260       | 6403       | 6673       | 6717       |
| 9 BLIDA         | 4420365    | 3201824    | 3924249    | 4149887    | 4431927    | 4254604    |
| 10 BOUIRA       | 40698      | 24898      | 43365      | 43710.5    | 53660      | 55358      |
| 11 TAMANRASSET  | 4422       | 4587       | 2475       | 2794       | 4756.12    | 4860       |
| 12 TEBESSA      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 13 TLEMCCEN     | 364080     | 363930     | 657410     | 730830     | 757240     | 784560     |
| 14 TIARET       | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 15 TIZI-OUZOU   | 325900     | 318950     | 340450     | 504500     | 548100     | 483254     |
| 16 ALGER        | 987060     | 962340     | 1005045    | 1052060    | 1113670    | 1129400    |
| 17 DJELFA       | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 18 JIJEL        | 31527.2    | 33982.85   | 40433.29   | 47758.9    | 78810      | 90081.5    |
| 19 SETIF        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 20 SAIDA        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 21 SKIKDA       | 590000     | 555000     | 558000     | 580092     | 589000     | 592800     |
| 22 S.B.ABBES    | 200        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 23 ANNABA       | 65820      | 66700      | 55400      | 83872      | 84540      | 78581      |
| 24 GUELMA       | 138310     | 146400     | 144111.5   | 125262     | 129519     | 144694     |
| 25 CONSTANTINE  | 0          | 0          | 0          | 0          | 1525       | 1650       |
| 26 MEDEA        | 3066       | 3056       | 2015       | 3320       | 3470       | 2890       |
| 27 MOSTAGANEM   | 1183511    | 1130000    | 1260440    | 1294860    | 1333682    | 1426902    |
| 28 M'SILA       | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 29 MASCARA      | 453600     | 829380     | 682400     | 783000     | 934400     | 892400     |
| 30 OUARGLA      | 1317       | 1505       | 1869       | 2775       | 2991.9     | 3221.4     |
| 31 ORAN         | 21958      | 24287.5    | 26681      | 28565      | 28847      | 31780.42   |
| 32 EL-BAYADH    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 33 ILLIZI       | 4823.01    | 4887.72    | 4912.14    | 4937.44    | 4943.02    | 2621.4     |
| 34 B.B.ARRERIDJ | 0          | 0          | 0          | 500        | 630        | 440        |
| 35 BOUMERDES    | 396558     | 432985.8   | 402345     | 425350     | 449548.5   | 431110     |
| 36 EL-TARF      | 365100     | 384100     | 392500     | 395100     | 459850     | 487405     |
| 37 TINDOUF      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 38 TISSEMSILT   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 39 EL-OUED      | 350        | 310        | 650        | 650        | 650        | 650        |
| 40 KHENCHELA    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 41 SOUK-AHRAS   | 523        | 520        | 480        | 525        | 980        | 1635       |
| 42 TIPAZA       | 1031905    | 930000     | 1167736    | 1180800    | 1249966    | 1342377    |
| 43 MILA         | 0          | 40         | 63         | 68         | 110        | 100        |
| 44 AIN-DEFLA    | 259520     | 132000     | 126830     | 171889.7   | 253558.1   | 241100.6   |
| 45 NAAMA        | 135        | 110        | 115        | 100        | 117        | 99         |
| 46 A.TEMOUCHENT | 33930      | 33775      | 35023      | 40100      | 36135      | 60835      |
| 47 GHARDAIA     | 64644      | 66250      | 66418      | 68860      | 89820      | 70883      |
| 48 RELIZANE     | 1083420    | 1046075    | 1103620    | 1140710    | 1204919    | 1090668    |
| TOTAL ALGERIE   | 13417540   | 12031973   | 13442745   | 14774263   | 15834931   | 15643462   |

**Annexe 02 :****Tableau (02): Le rendement totale d'agrumes en Algérie (ITAFV, 2021).**

| WILAYA          | 2015     | 2016     | 2017     | 2018     | 2019     | 2020     |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                 | Rdt      | Rdt      | Rdt      | Rdt      | Rdt      | Rdt      |
|                 | qx/ha    | qx/ha    | qx/ha    | qx/ha    | qx/ha    | qx/ha    |
| 1 ADRAR         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 2 CHLEF         | 252.9764 | 204.2156 | 206.292  | 281.6226 | 281.6226 | 278.2929 |
| 3 LAGHOUAT      | 0        | 58.5     | 53.5     | 57.25    | 55       | 56.25    |
| 4 O.E.BOUAGHI   | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 5 BATNA         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 6 BEJAIA        | 112.3771 | 123.5001 | 152.0948 | 154.3676 | 191.2883 | 169.1614 |
| 7 BISKRA        | 41.13333 | 33.69253 | 43.02899 | 43.02899 | 47.17868 | 40.08333 |
| 8 BECHAR        | 119      | 147.5    | 145.5814 | 145.5227 | 151.6591 | 149.2667 |
| 9 BLIDA         | 256.0749 | 211.9609 | 231.2776 | 237.0687 | 251.8731 | 241.1505 |
| 10 BOUIRA       | 104.6894 | 62.75488 | 105.191  | 105.1365 | 129.0679 | 125.0322 |
| 11 TAMANRASSET  | 24.2967  | 27.91844 | 50       | 18.50331 | 33.0332  | 42.63158 |
| 12 TEBESSA      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 13 TLEMCEEN     | 171.3318 | 171.2612 | 286.0792 | 290.5885 | 291.2462 | 290.5778 |
| 14 TIARET       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 15 TIZI-OUZOU   | 258.8768 | 246.5886 | 254.6925 | 355.7828 | 384.4967 | 342.9644 |
| 16 ALGER        | 204.9918 | 196.3014 | 203.2981 | 208.4645 | 213.0883 | 213.3386 |
| 17 DJELFA       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 18 JIJEL        | 98.62112 | 103.9199 | 121.6551 | 134.836  | 238.963  | 246.8324 |
| 19 SETIF        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 20 SAIDA        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 21 SKIKDA       | 246.5524 | 232.5874 | 227.6705 | 232.0247 | 233.0596 | 223.1508 |
| 22 S.B.ABBES    | 100      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 23 ANNABA       | 150.6178 | 150.0562 | 150.0339 | 218.559  | 211.35   | 176.6858 |
| 24 GUELMA       | 220.0671 | 223.3444 | 232.8172 | 199.0687 | 202.1397 | 214.1267 |
| 25 CONSTANTINE  | 0        | 0        | 0        | 0        | 148.0583 | 146.0177 |
| 26 MEDEA        | 90.17647 | 95.5     | 72.61261 | 119.6396 | 125.045  | 154.1333 |
| 27 MOSTAGANEM   | 295.4346 | 271.602  | 292.1743 | 288.999  | 291.8341 | 307.2902 |
| 28 M'SILA       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 29 MASCARA      | 108.8814 | 196.3494 | 160.3007 | 176.8892 | 206.0746 | 185.9167 |
| 30 OUARGLA      | 76.08319 | 80.48128 | 82.88248 | 121.978  | 122.6189 | 128.753  |
| 31 ORAN         | 106.1542 | 116.0139 | 127.4469 | 135.155  | 129.7369 | 129.6737 |
| 32 EL-BAYADH    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 33 ILLIZI       | 68.34363 | 69.26059 | 69.60663 | 69.96514 | 70.04421 | 53.15085 |
| 34 B.B.ARRERIDJ | 0        | 0        | 0        | 90.90909 | 114.5455 | 80       |
| 35 BOUMERDES    | 204.0957 | 222.2754 | 205.5959 | 215.5341 | 222.1946 | 210.6397 |
| 36 EL-TARF      | 206.4753 | 224.3247 | 237.3394 | 214.9035 | 243.7583 | 254.819  |
| 37 TINDOUF      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 38 TISSEMSILT   | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 39 EL-OUED      | 13.46154 | 12.4     | 26       | 26       | 26       | 26       |
| 40 KHENCHELA    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 41 SOUK-AHRAS   | 65.375   | 65       | 60       | 65.625   | 122.5    | 93.42857 |
| 42 TIPAZA       | 280.141  | 248      | 299.2277 | 297.9937 | 305.0556 | 319.9183 |
| 43 MILA         | 0        | 20       | 25.2     | 27.2     | 44       | 40       |
| 44 AIN-DEFLA    | 192.8083 | 98.01374 | 93.94815 | 124.4964 | 182.6195 | 162.6366 |
| 45 NAAMA        | 67.5     | 55       | 57.5     | 50       | 49.78723 | 47.14286 |
| 46 A.TEMOUCHENT | 107.5947 | 106.7647 | 106.0179 | 121.3864 | 109.384  | 154.5997 |
| 47 GHARDAIA     | 84.39164 | 84.3949  | 84.3939  | 84.38725 | 107.8271 | 84.38452 |
| 48 RELIZANE     | 238.062  | 229.8561 | 242.5272 | 248.7103 | 260.2136 | 233.0238 |
| TOTAL ALGERIE   | 223.868  | 206.3954 | 221.9    | 235      | 248.4525 | 240.9103 |

# *Références bibliographiques*

Références bibliographiques

- **Abed F., 1997-** Microgreffage d'apex de trois clones d'oranger du cultivar Washington Navel. INRAA, Algérie, 1(0) :9-12 p.
- **Agusti M., Zaragoza S., Bleiholder H., Buhr L., Hack H., Klose R. et Satauss R. 1995** -Adaptation de l'échelle BBCH à la description des stades phénologiques des agrumes du genre Citrus. *Fruits*, Paris, 52: 287–295 p.
- **Ahmad A Omar., Dutt M., Gmitter F G., et Grosser J W., 2016** - Somatic Embryogenesis: Still a Relevant Technique in Citrus Improvement, In *Vitro Embryogenesis in Higher Plants*, Germana, M.A. and M. Lambardi (Eds.). Chapter 13, Springer, New York, USA.1359: 289-327 p.
- **Anonyme, 1990-** Le manioc en Afrique tropicale. Un manuel de référence. IITA, Ibadan, Nigeria: 52 p.
- **Bahsan A ,2009-**Contribution à la multiplication in vitro des agrumes -cas de Bigardier- «Citrus aurantium».Thèse de master .université d'Ibn Tofail. Alger
- **Barboni T., 2006** - Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse de Doctorat, Univ. di CorsicaPasquale Paoli, Français, 38 p.
- **Bénédicte. Michel, B., 2021-** Agrumes. Comment les choisir et les cultiver facilement .Éditions Ulmer ,09 p.
- **Benettayeb Z., 2011-** Performance du greffage des arbres fruitiers. Ed. ONPU, Algérie.
- **Bounab D E.,2018-***Etude de la variabilité morphologique au sein d'une collection d'agrumes cultivée à l'Est Algérien, W Skikda*, Univ des Frères Mentouri, Constantine , Alger
- **Bruno T ., 2012-** La pépinière d'agrumes, manguiers et avocatiers au Sénégal. Ed .FAO, Sénégal, 11 -13 pp.
- **Cabasson C, Dambier D, Ollitrault P, Teisson C. 1993-**Utilisation des protoplastes pour l'amélioration des agrumes: hybridation somatique et transformation génétique. CIRAD-FLHOR, Montpellier, France, 68-69 p
- **Carimi F., De Pasquale F., Fiore S., D'Onghia A M., 2001-** Sanitation of citrus germplasm by somatic embryogenesis and shoot-tip grafting .Improvement of the citrus sector by the setting up of the common conservation strategies for the free exchange of healthy citrus genetic resources. Bari : CIHEAM Bari, Italy, 2001,61-65 p.



- **Chekroun C., 2018** -*Recherche des conditions optimales de la régénération de Soja sous contraintes salines par la culture in vitro*. Thèse de Doctorat, Univ. Ahmed Ben Bella, Oran, Algérie. 08 p.
- **Chetto O, Dambier D, Fadli A, Benkirane R, Talha A, Benyahia H. 2015** - Mise au point d'un test in vitro de comportement au sel de quatre génotypes d'agrumes. *Journal of Applied Biosciences*, Montpellier, France. 88:8154– 8166 p.
- **Chevalier A., 1943** - L'origine géographique des Aurantiacées (Agrumes) cultivées et les étapes de leur amélioration spécialement en Indochine. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 23 : 15-25.
- **Dahdouh A., 2014** -*Optimisation des conditions de morphogenèse par culture in-vitro de Citrus Reticulata et Citrus lemon de la collection del'INRA de Oued Ghir (Bejaia)*. Thèse Magister, Univ. A Mira., Bejaia, 19 p.
- **Dellaa A., 2013** - *La culture in vitro*. <http://fr.slideshare.net/AhmedDellaa/culture-In-vitro-des-plantes>.
- **Dris R., 2005** - Crops: Growth, quality and biotechnology. Editeur : WFP pub, Helsinki, Finland.
- **Espinoza N., Lizzarraga R., Siguenas C., Buitron F., Brayn J. et Dodds J-H. 1992**-Tissue culture : Micropropagation, conservation and export of potato germplasm. Editeur: CIP Research Guide, International Potato Center, Lima, Peru: p 19.
- **Fekhar M 2017**-*comparative de greffage de trois variétés de porte-greffes d'agrumes (cas de Citrus Volkameriana, Citrange Carrizo et Poncirus Trifoliata ) avec trois variétés de greffons dans différents milieux*. Thèse de master, Univ Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Alger
- **Froelicher Y., 2010** -*Amélioration génétique des agrumes : gestion de la diversité et de la ploïdie*. Thèse de doctorat, Univ de Corse, Français,
- **Gacem H., 2007**-*Etude du greffage de quatre espèces d'agrumes (citronnier, oranger, clémentinier et pomélos) sur trois porte-greffes (Citrumelo 4475, Citrumelo 1452 et Mandarinier Cléopâtre)* Th. Ing. INRA. El Harrach. Alger
- **Gallais A. et Bannerot H., 1992**- Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 636 p.
- **Guedada G.F., 2016** -*Ecologie du Pou de Californie, Aonidiella aurantii (Hom : Diaspididae) sur citronnier dans la région de Rouiba*. Thèse de Magister, ENSA, Algérie, 07 p.
- **Haraoui W., 2021** -*Etude de la callogénèse et de la caulogénèse de l'association porte greffe citrus volkameriana sur quatre variétés de greffons d'agrumes (Clémentine Orograndé, Clémentine Nules, Orange Washington Navel et Citron Eureka )*. Thèse de master, Univ Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Alger

- **Jacquemond C., Agostini D et Curk f. .2009-** agrumes pour l'Algérie Bureau d'ingénieur en horticulture et agro –industrie, P4
- **Jacquemond C., Marion H., and Franck C., 2013** - Les clémentiniers et autres petits agrumes. Ed. Quæ, Versailles, France, 184 p
- **Kerboua M., 2002-** L'agrumiculture en Algérie. Proceedings of the Mediterranean research network on certification of citrus, Bari: CIHEAM : 21-26 p.
- **Khefifih H ., 2015-** *Etudes physiologiques et génétiques de caractères morpho-physicochimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à l'abscission.* Thèse de Doctorat, Inst. agro., montpellier, Français, 20 p
- **Krug C A., 1943** - Chromosome numbers in the subfamily Aurantioideae with special reference to the genus Citrus. Botanical Gazette. 104(4):602-611
- **Loussert R ., (1985)** , Les agrumes .Paris. France .J.B.Bailliére .136 PP
- **M Michel R., Cruz-Requena M., Avendaño-Sanchez M C., González-Vazquez V M., Flores-Gallegos A C., Aguilar C N., Espinoza-Velázquez J., and Rodríguez-Herrera R., 2017-***Polyembryony in maize: a complex, elusive, and potentially agronomical useful trait.* El-Esawi, M. (Ed.), Maize germplasm: characterization and genetic approaches for crop improvement. IntechOpen, London, UK: 5-6 p.
- **M'hiri N., 2015** -*Etude comparative de l'effet des méthodes d'extractions sur les phénols et l'activité antioxydant des extraits des écorces de l'orange « maltaise demi sanguine » et exploration de l'effet inhibiteur de la corrosion de l'acier au carbone.* Thèse de Doctorat, Univ. de Lorraine, Français, 08 p.
- **Meddas., Seyyid Ali., 2015-***Essai de régénération de quelques variétés d'agrumes de différents groupes par embryogenèse somatique.* Thèse de magister. Univ de Blida, Alger
- **Méndez C L M., 2019-***Développement d'outils moléculaires et cellulaires pour générer des variétés de Pomelo " Star Ruby " ne produisant pas de Furocoumarines.* Thèse de Doctorat, Univ. de Lorraine., Français, 16-17 p
- **Metoui N., Hamrouni L., Benhbal W., Dhaoudi F., Ben Brahem R et Betaei, T., 2014** - La régénération et l'assainissement viral des agrumes en Tunisie par la technique du microgreffage des méristèmes in vitro. *Journal of New Sciences*, Tunisie, 2(2): 11-20.
- **Meziane M., Boudjeniba M., Frasheri D., D'Onghia A M., Carra A., Carimi F., Haddad N., Boukhalfa S et Braneci S ., 2012** - African Journal of Biotechnology. 11(25) : 66666-6672 p
- **Meziane M., 2013** -*Assainissement et Régénération des Plantes d'Agrumes par l'Embryogenèse Somatique à partir de la culture de Stigmate et Style.* Thèse de doctorat, ENSA, El-Harrach, Alger
- **Mutin G., 1969** - L'Algérie et ses Agrumes. *Extrait de la revue de géographie de Lyon*, 44 (1) : 05p.

- **Nicotra A., 2001-** Hybrides de type mandarine présentant un intérêt récent pour la consommation à l'état frais. Problèmes et moyens de contrôle. *Actes du Symposium sur les Agrumes*, Beijing China, FAO, Roma, 01 p.
- **Okori J B., Nakabonge G., 2016 -** In-vitro techniques for elimination of viruses causing cassava mosaic disease and cassava brown streak disease. regional Universities Forum for Capacity Development in Agriculture ,Kampala, Uganda,14 (2): 567 - 573p .
- **Ollitrault P., De Rocca Serra D., 1992-** L'amélioration des agrumes : II- Créations variétales et biotechnologies. *Fruits*, 47, spéc ,124-134 p
- **Ollitrault P., Luro F., 1995-** Amélioration des agrumes et biotechnologie. *Fruits*, Paris, 50(4): 267-279 p.
- **Ollitrault.,Luro., 1997-** Les agrumes. In: Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D, L'amélioration des plantes tropicales. .CIRAD/ORSTOM. 15 p.
- **Panattoni A., Luvisi A., and Triolo E., 2013-** Review. Elimination of viruses in plants: twenty years of progress. *Spanish Journal of Agricultural Research* ,11 (1): 173-188p.
- **Premachandran A., Dhayasree K., Kurien S., 2019 -** Seedless fruits: fruits of future. *J PharmacognPhytochem*, 8 :1053-1059 p
- **Sarker I., Islam J., Shaekh MPE., Rahman MM., Khan H., Chowdhury ASMHK., Mukim MSI., Islam R., Haque R ,2015-**Establishment of a standard protocol for in vitro meristem culture and plant regeneration of *Citrus aurantifolia*. *IOSR J. Pharm. Biol. Sci.* 10(2): 61–69
- **Sbay H., et Lamhamedi M S., 2015(eds) -** Guide pratique de multiplication végétative des espèces forestiers et agroforestier: technique de valorisation et de conservation des espèces a usages multiples face aux changements climatiques en Afrique du Nord . Maroc, Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la lutte contre la désertification, *centre de recherche forestier*, 124 p.
- **Serghini, M.A. 2006 -** Apport des biotechnologies végétales. Congrès International de Biochimie, Agadir, Maroc, p. 42-44
- **Singh S., Rajam M., 2009-**Citrus biotechnology: Achievements, limitations and future directions, *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 15(1):3-22
- **Snoussi H., 2013 -** Diversité Génétique Intra et Interspécifique des Porte-greffes d'Agrumes utilisés en Tunisie. Thèse de Doctorat, Inst.agro.véto., Tunisie, 27 p
- **USDA, National Agricultural Statistics Service, 2016.** In: <https://www.nass.usda.gov/>.
- **USDA, National Agricultural Statistics Service, 2021**In: <https://www.nass.usda.gov/>.

Liens internet consultés :

- <https://biofetaia.pf>
- <https://www.gammvert.fr>
- <https://www.semae-pedagogie.org>

## Résumé:

L'agrumiculture représente l'une des principales filières arboricoles nationales. Soit environ 9 % de la superficie totale occupée par l'arboriculture fruitière, l'Algérie a produit, en 2019, plus de 1,583, 493,1 tonnes d'agrumes. Ces dernières années la qualité des fruits frais de table des agrumes est devenue la principale préoccupation des agrumiculteurs. Le ministère travaille à développer son secteur des agrumes par utiliser des techniques conventionnelles et biotechnologies, et à réduire les importations en provenance de l'étranger afin de soutenir l'économie nationale

**Mots clés :** Agrumes, économique, amélioration, revue bibliographique

## Summary:

Citrus growing is one of the main national arboreal sectors. That is about 9% of the total area occupied by fruit growing; Algeria produced, in 2019, more than 1,583,493.1 tons of citrus fruits. In recent years the quality of fresh table citrus fruits has become the main concern of citrus growers. The ministry is working to develop its citrus sector by using conventional techniques and biotechnologies, and to reduce imports from abroad in order to support the national economy

**Key words:** Citrus, economic, improvement, bibliographic review

**الملخص :**

تعد زراعة الحمضيات أحد القطاعات الوطنية الرئيسية. أي حوالي 9٪ من إجمالي المساحة التي تشغلها زراعة الفاكهة، أنتجت الجزائر في 2019 أكثر من 1, 583, 493.1 طنًا من الحمضيات. في السنوات الأخيرة ، أصبحت جودة ثمار الحمضيات الطازجة هي الشغل الشاغل لمزارعي الحمضيات. تعمل الوزارة على تطوير قطاع الحمضيات باستخدام التقنيات التقليدية والتقنيات الحيوية ، وتقليل الواردات من الخارج لدعم الاقتصاد الوطني

**الكلمات المفتاحية:** الحوامض , تقنيات التحسين, مراجعة بيليوغرافية , الزراعة في المختبر,