

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'AGRONOMIE

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production Végétale

Intitulé du thème:

Contribution à la production du GF677 par Aéroponie

Présenté par : **Mlles BENARICHA HALIMA RANIA**

KADOUS IMANE

Mémoire soutenu le 24 Juin 2020, devant l'honorable jury composé de :

Président : Mr RAHMANI Abdelkader

MAA – UDL– SBA

Examineur : M. MELALIH Ahmed

MAA – UDL–SBA

Encadreuse : Mme GHOMARI Samia

MCA – UDL–SBA

Co-encadreur : M. HADDAD Mostéfa

MCA – UDL–SBA

Année universitaire 2019- 2020

Remerciements

Ce travail est l'aboutissement d'un dur labeur et de beaucoup de sacrifices ; nos remerciements vont d'abord au créateur de l'univers qui nous a maintenus en santé pour mener à bien cette année d'étude.

*Nous voudrions dans un premier temps remercier notre encadreuse Madame **GHOMARI Samia**, maitre de conférences à l'université de Sidi Bel Abbés, pour tous ses efforts, ses conseils avisés, sa disponibilité, ainsi que pour l'œil critique et bienveillant qui nous a permis de réaliser ce travail. Nous espérons être à la hauteur de la confiance que vous nous avez accordée. Soyez assuré de notre plus grand respect et de notre profonde gratitude. Veuillez trouver ici, le témoignage de notre reconnaissance.*

*Nos remerciements vont aussi à monsieur **HADDAD Mostéfa**, maitre de conférences à l'université de Sidi Bel Abbés, d'avoir eu l'amabilité d'accepter volontairement et aimablement de nous Co-encadrer. Nous sommes particulièrement reconnaissances et honorées par sa participation dans ce mémoire. Que monsieur **RAHMANI Abdelkader**, trouve ici nos vifs remerciements pour l'honneur qu'il nous a accordé en présidant le jury, et d'avoir pris le temps d'examiner ce travail.*

*Un spécial remerciement à monsieur **MELALIH Ahmed**, Vous nous avez fait le très grand honneur de bien vouloir juger ce mémoire.*

Nous adressons nos remerciements à tous ceux et celles qui nous ont aidés de près ou de loin pour achever notre travail.

Rania et Imane

Dédicace

C'est avec une immense joie et un grand honneur, joignant toute la chaleur de mon cœur que je dédie ce modeste travail :

- *A la mémoire de ma mère que j'aurais tant aimé qu'elle soit présente avec moi. Que ces pages soient pour elle un témoignage de mon grand amour et que dieu la protège dans son vaste paradis.*
- *A mon père, pour ses encouragements et son soutien tout au long de mes études.*
- *A la lumière de ma vie, ma très chère tante REKIA pour ses sacrifices et ses encouragement qu'elle a bien voulu convertir pour moi, que dieu me la garde et me la protège, sans oublier mes très chères tantes SAADIA et KHEIRA.*
- *A mes chères grand-mères.*
- *A mon petit frère HABIB, mon soleil.*
- *A NIDAL pour ses conseils et sa patience.*
- *A mes meilleures amies SOUMIA et Charaf qui ont toujours été là pour moi pour leur soutien moral.*
- *A mes camarades de classe KHADIDJA et Kheira vous avez été d'une grande aide pour moi.*

Merci d'être toujours là pour moi.

Halima Rania

Dédicace

Je dédie ce mémoire

À mes chers parents ma mère et mon père

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et
leur encouragement.*

À mes frères.

À mes amies et mes camarades.

*Sans oublier tout les professeurs que ce soit du
primaire, du moyen, du secondaire ou de
l'enseignement supérieur.*

Imane

LISTE DES ABREVIATIONS

m : mètre

MT : million de tonne

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

PNDA : Plan national de développement agricole

INRA : Institut national de la recherche agronomique

AIB : acide indole-3-butyrique

NFT : Nutriment film technique ou technique du film nutritif

Mm : Millimètre

CE : Conductivité électrique

pH : Potentiel hydrogène

DS/m : **deciSiemens par** mètre

RH : humidité relative

DPV : déficit de pression de vapeur

ppm : Partie par million

ITELV : Institut technique d'élevage

°C : Celsius

Kg ; kilogramme

L : litre

MI : millilitre

Min : minute

GA3 : acide gibbérellique

MS : micro siemens

ANVREDET : agence nationale de valorisation des résultats de la recherche et du développement technologique

Liste des figures

Figure n°1 : Les rosacées à noyau (A) amandier, (B) pêcher, (C) abricotier, (D) cerisier, (E) prunier (Marouani., 2011) -----	4
Figure n°2 : Liste des principaux porte-greffes du pêcher classés en fonction de la classification de Rehder -----	10
Figure n°3 : Schéma d'un système hydroponique NFT (Boufares., 2012) -----	17
Figure n°4 : Schéma d'un système aéroponique (Boufares., 2012) -----	18
Figure n°5 : Lieu de l'expérimentation -----	25
Figure n°6 : Les rameaux du GF 677 gardés humides dans le sac de jute imbibé d'eau -----	26
Figure n°7 : Désinfection des boutures. (A) les boutures trompés dans de l'eau et le détergent, (B) les boutures trompés dans de l'eau et du Javel -----	27
Figure n°8 : La confection des boutures -----	27
Figure n°9 : Trempage des boutures dans la solution hotmonale T0- T1- T2- T3 -----	28
Figure n°10 : La collecte de l'ortie -----	29
Figure n°11 : La mise en fermentation du purin d'ortie (A) macération (B) purin -----	29
Figure n°12 : Remuement fréquent du purin d'ortie à l'aide d'un bâton -----	30
Figure n°13 : Les différents éléments composant le système aéroponique (A) programateur (B) cripine (C) pompe à eau (D) ozone (E) régulateur de pression (F) brumisateur -----	31
Figure n°14 : Shéma représentant le dispositif du système aéroponique -----	32
Figure n°15 : dispositif de la mise en place des boutures (A) Plaque portant les alvéoles destinée à recevoir les supports bouture (B) support en éponge des boutures -----	33
Figure n°16 : Lancement de l'expérimentation -----	34

Figure n°17 : Développement des bourgeons en feuilles après 19 jours -----	34
Figure n°18 : Débourrement au niveau du talon après 20 jours -----	35
Figure n°19 : Formation de cal et apparition des radicelles naissantes après 30 jours -----	35
Figure n°20 : Initiation racinaire selon le dosage de l'hormone (AIB) -----	37
Figure n°21 : L'apparition des feuilles et le développement racinaire selon les boutures du GF677, en fonction de la dose hormonale-----	37
Figure n°22 : Moyenne des paramètres physiques enregistrés durant la période de l'essai -----	39
Figure n°23 : Evolution du pH et de la CE de l'eau du réservoir -----	40
Figure n°24 : Symptôme de chlorose sur feuille -----	40
Figure n°25 : Attaque des agents fongiques et bactériennes au niveau de la partie inférieure des boutures (Assise racinaire -----	41

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Production mondiale par espèces en tonnes de fruits, répartie par pays producteur (FAOSTAT., 2020) -----	5
Tableau n°2 : Historique de la classification du genre <i>Prunus</i> (Lee et Wen, 2001) -----	8
Tableau n°3 : Méthode d'utilisation du purin d'ortie -----	30
Tableau n°4 : Développement de la partie végétative des boutures (le feuillage) -----	36
Tableau n°5 : Développement de la partie racinaire des boutures -----	36
Tableau n°6 : Comparaison entre les résultats d'AIB et de la GA3 -----	41

Résumé : contribution a la production du GF677 par aéroponie

Notre étude vise à adapter une technique qui va faciliter la rhizogenèse *in vivo* du porte-greffe GF677 (*Prunus Amygdalus X Prunus Persica*), connu par sa difficulté d'enracinement.

Pour cela nous avons utilisé la technique de l'aéroponie. Les boutures Porte-greffe (GF677) ont été traitées par l'auxine d'acide Indole 3-Butyrique (AIB) avec des concentrations de : T1 (5 ml/l), T2 (10 ml/l), T3 (15ml/l), avec un T0 comme témoin sans traitement. Le dispositif du système de culture hors-sol est placé dans une serre.

Les résultats obtenus montrent que l'enracinement des boutures traitées est meilleur que celui des boutures du témoin. Le meilleur taux d'enracinement a été obtenu chez les boutures T2 avec 59%, alors que le taux d'enracinement le plus faible a été enregistré chez les boutures témoins T0 (19 %). Le nombre des feuilles le plus élevé a été noté chez les boutures en T1, les essais ont été arrêtés à cause des fortes infestations de pathogènes.

Les observations effectuées ont révélé que la nature et la concentration de l'auxine utilisée pour induire la rhizogenèse, ont une influence statistiquement significative sur le processus d'enracinement des boutures de GF677, *in vivo* dans cette technique employés.

Mots clés : Multiplication, porte-greffe GF677, rhizogenèse, aéroponie, AIB.

Abstract: contribution to the production of GF677 by aeroponics

The aim of our study is to adapt a technique that will facilitate the rhizogenesis *in vivo* of the rootstock GF677 (*Prunus Amygdalus* x *Prunus Persica*), which is known by its difficulty of rooting.

For this we used with the technique of aeroponics. The rootstock GF677 cuttings were treated with auxin Indole 3-Butyric Acid Auxin (IBA) with concentrations of: T1 (5ml/l), T2 (10ml/l), T3 (15ml/l), with T0 as control without treatment. The device of the above-ground cultivation system is placed in a greenhouse.

The results obtained show that the rooting of treated cuttings is better than that of the control cuttings. The best rooting rate was obtained in T2 cuttings with 59%, while the lowest rooting rate was recorded in T0 control cuttings (19%). The highest number of leaves was noted in T1 cuttings, trials were stopped due to heavy infestations of pathogens.

The observations carried out revealed that the nature and the concentration of the auxin used to induce rhizogenesis, have a statistically significant influence on rooting process of GF677 cuttings, *in vivo* in this technique employed.

Key words: Multiplication, rootstock GF677, rooting, aeropony, AIB.

ملخص: المساهمة في إنتاج GF677 بواسطة الزراعة الهوائية

تهدف دراستنا إلى تكييف تقنية من شأنها تسهيل تجذير حامل الطعم GF677 المعروف بصعوبة تجذير.

لهذا أجرينا تقنية الزراعة الهوائية. تمّ معالجة شتلات حامل الطعم GF 677 بواسطة أكسين (حمض الإندول 3 بوتريك) بتركيزات : T1 = 5 ملل/ل ، T2 = 10 ملل/ل ، T3 = 15 ملل/ل مع T0 كشاهد بدون معالجة. تمّ جهاز نظام الزراعة فوق الأرض في بيت بلاستيكي. أظهرت النتائج التي تمّ الحصول عليها أنّ تجذير شتلات المعالجة أفضل من الشتلات الشاهدة.

تمّ الحصول على أفضل معدل تجذير في شتلات T2 بنسبة 59 % ، بينما تسجيل أدنى معدل تجذير في الشتلات الشاهدة T0 (19 %). ولوحظ أكبر عدد من الأوراق في شتلات T1، وتوقفت التجارب بسبب ظهور الأمراض.

كشفت الملاحظات التي أجريت أنّ طبيعة وتركيز الأكسين المستخدم للحث على تكوين الجذور لها تأثير هام إحصائياً على عملية تأصيل الشتلات GF 677 في التقنية المستخدمة.

الكلمات المفتاحية

إكثار، حامل الطعم GF 677، تجذير، الزراعة الهوائية، AIB

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumés	
Table des matières	
Introduction générale -----	1
Partie I : synthèse bibliographique	
Chapitre 1 : les arbres fruitiers à noyaux	
1. Le genre <i>Prunus</i> -----	3
1.1 Importance économique des l'espèce fruitières du genre <i>Prunus</i> -----	5
1.1.1 La filière <i>Prunus</i> en Algérie-----	6
1.2 Description botanique-----	6
1.3 Classification botanique-----	7
1.4 Les porte-greffes du <i>Prunus</i> -----	9
1.5 Amélioration génétique des porte-greffes-----	10
2. Le porte-greffe GF677 (<i>Prunus Amygdalus X Prunus Persica</i>) -----	11
2.1 Histoire du porte-greffe GF677 -----	11
2.2 Particularité de l'hybride GF677-----	12
2.3 Les caractères morphologiques-----	12
2.4 Les bio-agresseurs -----	13
• Le pourridié -----	13
• Les nématodes -----	13
Chapitres 2 : La culture en hors-sol	
1. Généralités sur les cultures « en hors-sol »-----	14
1.1 Définition -----	14
1.2 Historique -----	14
1.3 Evolution des cultures en « hors-sol » -----	15
• Dans le monde-----	15
• En Algérie-----	15
1.4 Les différents systèmes sans substrat -----	16
1.4.1 Le système hydroponique ou N.F.T (Nutriment Film Technique)-----	16
• Les avantages -----	17

• Les inconvénients	17
1.4.2 Le système hydroponique	18
• Les avantages	19
• Les inconvénients	19
1.4.3 Le système ultraponique	19
• Les avantages	20
1.4.4 Le système aéro-hydroponique	20
• Les avantages	20
• Les inconvénients	20
2. Les conditions de la culture	21
2.1 La solution nutritive	21
2.2 pH	22
2.3 Conductivité électrique	22
2.4 Température	23
2.5 Humidité relative	23

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Objectif	25
2. Matériel végétal	25
2.1 Les caractères agronomiques	26
2.2 Préparations des boutures	26
2.2.1 La désinfection	26
2.2.2 Fragmentation des boutures	27
2.3 Traitement à l'hormone AIB	27
2.3.1 La dose d'AIB utilisé	28
3. Traitement phytosanitaire	28
3.1 Le purin d'ortie	28
3.1.1 Ramassage	29
3.1.2 Le hachage	29
3.1.3 La mise en fermentation	29
3.1.4 La fermentation	30
3.1.5 La filtration	30
3.2 Utilisation du purin	30
4. Matériel de l'expérimentation	31
4.1 Description du Système	31
4.2 Dispositif aéroponique	31
4.3 Montage du Système	32
4.4 Mise en Place des boutures	33

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1. Notation sur la végétation	34
1.1 Evolution des bourgeons	35

1.2 Evolution des feuilles -----	35
1.3 Evolution de la callogenèse -----	36
2. Les paramètres physico-chimiques -----	38
2.1.1 Température de la serre, de l'eau et l'humidité interne du système -----	38
2.2 Le pH la CE -----	39
3. Les contaminations -----	40
4. Discussion -----	41
Conclusion et perspectives -----	43
Références bibliographique -----	45
Annexes -----	50

Introduction Générale

Les cultures hors-sol présentent actuellement une mutation technique importante sur les exploitations. L'hydroponie est considérée comme une pratique moderne et d'actualité. En culture hors-sol et en biotechnologie, la technique d'aéroponie est en amélioration permanente pour s'adapter à des cultures difficiles à reproduire de manière végétative (Habbas, 2018).

La science de l'hors-sol prouve que le sol n'est pas nécessaire pour la croissance des plantes, cette technique permet surtout de pallier aux problèmes et maladies et ravageurs vivant dans sol. Cependant les éléments minéraux et les éléments nutritifs que contient le sol restent nécessaires. Le sol est simplement un réservoir des nutriments, un endroit où les racines des plantes vivent traditionnellement ; et une base de soutien pour la structure de la plante, mais grâce à cette science, le sol peut devenir facultatif (Belbachir, 2017).

La technique du l'hors-sol, spécialement en hydroponie et aéroponie, permet à l'agriculteur de cultiver des plantes de manière plus saines et plus productives, en ayant une réduction de la surface utilisée et de temps requis.

L'aéroponie permet la multiplication végétative de quelques plantes fruitière difficiles à enraciner telle que le porte-greffe GF677 (Zerkout, 2015).

Le GF677 est un arbre hybride interspécifique très exploité en Algérie pour ses capacités de résistance aux aléas climatiques (températures caniculaires). C'est également une espèce qui est très adapté aux sols pauvres et calciques. Le témoignage des agriculteurs utilisateurs de cette espèce est en faveur de l'intégration de ce porte-greffe en Algérie (Haloui, 2018).

L'objectif global de notre travail est de mettre au point un système de multiplication des boutures de ce porte-greffe GF677 dans les conditions *in vivo*, en aéroponie par l'utilisation d'une eau stérilisée, et d'évaluer son taux d'enracinement.

Afin de répondre à cette problématique nous avons structuré ce travail comme suit :

- Installation du système aéroponique, avec système de stérilisation de l'eau par l'ozone ;
- Conserver la viabilité des boutures transportées de leur site de collecte, jusqu'au la zone de production : conservation jusqu'à leur utilisation;
- Application des différentes concentrations de l'AIB et le suivi du processus par des contrôles permanents ;
- Lancement de la production de boutures racinées en aéroponie de ce porte-greffe (GF677).

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Les arbres fruitiers à noyaux

Chapitre 1 : les arbres fruitiers à noyaux du genre *Prunus*

1. le genre *Prunus*

Le genre *Prunus*, appartenant à la famille des *Rosacées*. il comprend environ 200 espèces avec des fruits à noyau de grande valeur nutritives (amandier, abricotier, cerisier, pêcher et prunier). D'autres espèces sont des plantes ornementales ou cultivées pour le bois, les arômes, le miel et huiles parfumées (Lee et Wen., 2001).

Sous l'appellation collective du prunus d'ornement, on regroupe les nombreuses espèces de cerisiers, de pruniers, de pêchers, d'abricotiers et d'amandiers, plantés, non pour les fruits le plus souvent petits et médiocres, mais pour leur magnifique floraison printanière.

La plupart d'entre elles nous sont venues au XIXème siècle d'Asie orientale, et particulièrement du Japon où elles jouissent d'un véritable culte public et ont, de ce fait, été sélectionnées et améliorées depuis de nombreux siècles (Brosse., 2010).

Le prunus, sont des arbres et arbrisseaux caducs ou persistants, originaires principalement des régions tempérées de l'hémisphère Nord, quelques-unes croissent en altitude en Amérique du sud.

Dans le prunus nous citons :

. Amandier (*Prunus amygdalus*) : c'est un arbre relativement rustique qui peut se développer sous des climats assez variés (Si Bennasseur, 2005).

Ses fruits verts à coques sont consommés frais ou secs après élimination d'une coque duveteuse. Les variétés d'amandier sont autostériles et ne peuvent se féconder par leur propre pollen mais existe des variétés auto-fertiles (Marouani., 2011).

. Pêcher (*Prunus persica*) : c'est un fruit de climat tempéré sec (Liana et Melania., 2010). Le fruit du pêcher est une drupe, comprenant de l'extérieur à l'intérieur : peau, chair, noyau et l'amande (Aubert et Milhet., 2007).

. Abricotier (*Prunus armeniaca*) : c'est un arbre caduc au port arrondi à étalé. Il est très cultivé, notamment dans les régions à étés chauds, pour ses fruits, consommés frais, séchés ou en conserves (Allen J.Coombes., 2011).

. Cerisier (*Prunus cerasus*) : c'est un arbre drageonnant plus petit, ou un arbuste, aux feuilles plus menues, plus lustrées, souvent dépourvues de glandes sur le pétiole ; ses fruits sont acidulés, non sucrés (Allen J. Coombes., 2011).

. Prunier (*Prunus domestica*): c'est un arbre variable de 10-15 m à port arrondi et aux nombreuses sous-espèces cultivées. Prunes comestibles jaunes, rouge-orange ou violettes recouvertes d'une pruine (More et White., 2013).

La figure n°1 ci-après montre les principales espèces de Rosacées à noyaux :

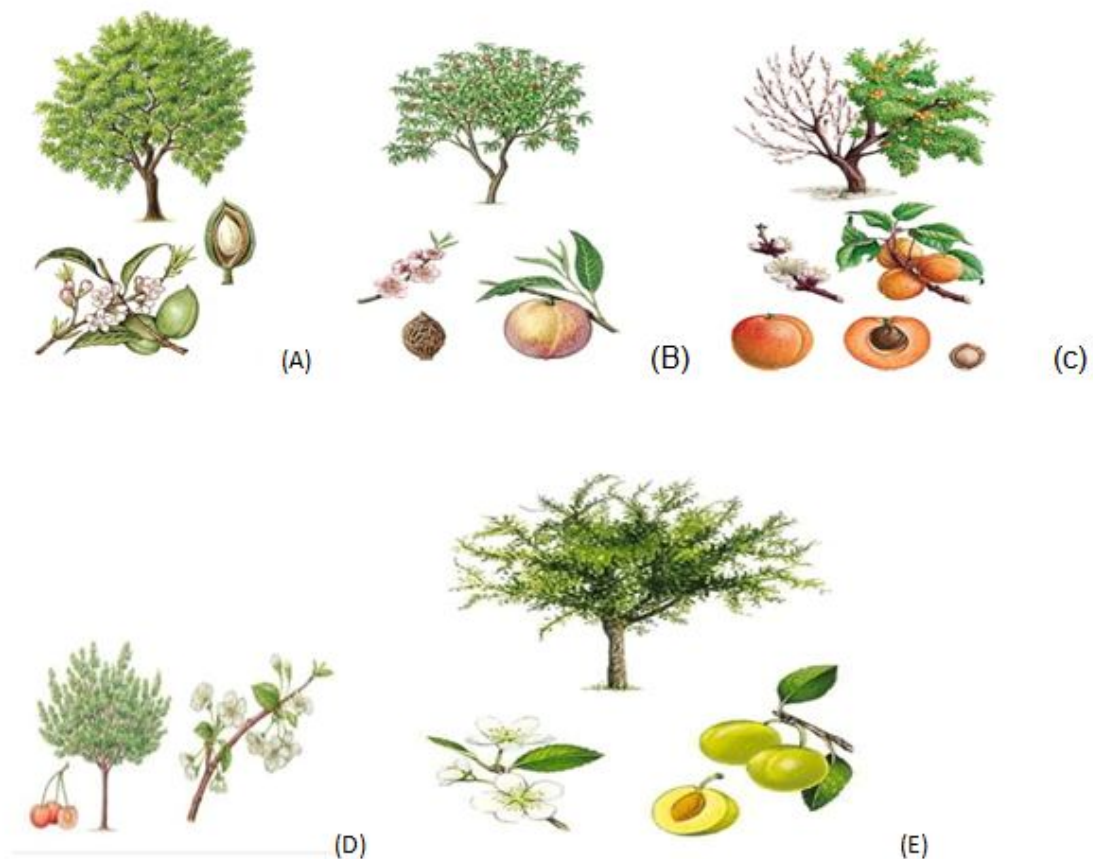


Figure n°1 : Les rosacées à noyau (A) amandier, (B) pêcher, (C) abricotier, (D) cerisier, (E) prunier (Marouani., 2011)

1.1 Importance économique des espèces fruitières du genre *Prunus*

La production mondiale de quelques espèces du genre *Prunus* a été évaluée à 34 millions de tonnes (Mt) en 2018, dont 19,5 Mt de pêches et de nectarines, 8.5 Mt de prunes, 1,45 Mt d'abricots, 2,5 Mt d'amandier et 1,4 Mt de cerise (tableau 1).

La chine produit à elle seule plus de 70% de la production mondiale de pêche, alors que le continent européen produit autour de 25% et les autres pays du monde produisent les 25% qui restent.

La production principale de cerise est concentrée dans l'Europe et l'Asie avec 75% de la production mondiale. La Turquie produit plus de la moitié de la production européenne des cerise, suivie par les Etats Unies. La Turquie, les Etats Unies sont les principaux producteurs d'abricotier (tableau n°1). (Site web n°01)

Tableau n°1 : Production mondiale par espèces en tonnes de fruits, répartie par pays producteur (Site web n°01).

Pays	Pêche et nectarine	amande	Prune et prunelle	abricot	cerise
Etat unis	700 350	1 872 500	368 206	35 880	312 430
Argentine	226 000	802	176 000	26 935	7 285
Chili	319 047	36 033	229 951	6 757	155 935
France	184 064	1 133	181 947	114 785	31 380
Italie	1 090 678	79801	197 733	229 020	114 798
Espagne	903 809	339 033	152 984	176 289	106 584
Turquie	789 457	100 000	296 878	750 000	639 564
Afrique du sud	152 444	/	74 254	26 512	410
Chine	15 217 797	49 879	6 801 187	76 193	37 577
Australie	82 407	69 880	17 837	8 801	15 967
Production totale	19 528 853	2 549 061	8 496 977	1 451 172	1 421 930

1.1.1 La filière *Prunus* en Algérie :

En Algérie, la production des cinq espèces de prunus en 2018 est de 0,19 Mt de pêcher, 0,242 Mt d'abricotier, 0,057 Mt d'amandier, 0,111 Mt de prunier et de 0,008 Mt de cerises (FAOSTAT., 2020).

La production de ces cultures reste faible et instable, cette faiblesse peut être attribuée à plusieurs causes, entre autres : le manque de diversité du matériel végétal, la diminution des ressources d'eaux, manque d'entretien des plantations, en particulier la taille et la fertilisation et surtout les traitement phytosanitaires (Baraka., 2016).

La relance de développement de la culture des espèces fruitières à noyaux a commencé réellement en 2000. Dans le cadre du Programme National de Développement Agricole (PNDA) (Chaouia., 2003).

1.2 Description botanique

Les plantes du genre *Prunus* sont des arbustes ou des arbres à feuilles caduques ou persistantes. Les feuilles sont simples, avec des marges dentées ou entières, leur morphologie varie d'une espèce à l'autre de même que leur inflorescence qui varie d'une fleur solitaire à un cluster ombelliforme ou une grappe et d'une couleur blanche en passant par toutes les nuances jusqu'au rose.

La fleur chez les membres du genre est généralement caractérisée par les traits suivants : fleur de 5 pétales et 5 sépales, carpelle solitaire avec un style terminal (Yu *et al.*, 2007).

C'est une fleur hermaphrodite et le fruit est une drupe (spencer *et al.*, 1995). Ces drupes sont le plus souvent comestibles et délicieuses mais parfois amères ou âpres (merises, prunelles), plus rarement toxiques (fruits du laurier cerise).

1.3 Classification botanique

Règne : *Planta*

Sous règne : *Tracheobionta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous classe : *Rosidae*

Ordre : *Rosales*

Famille : *Rosaceae*

Sous famille : *Amygdaloideae*

Genre : *Prunus*

(APGIII., 2009)

Le genre *Prunus* compte plus de 200 espèces végétales dicotylédones appartenant à la famille des rosacées, originaire de l'hémisphère nord (APGIII., 2003).

Il est probablement originaire d'Asie centrale. Dans la sous-famille des *Amygdaloideae*, les fruits se forment à partir de l'ovaire unique d'une fleur qui donne un fruit charnu dont le noyau est l'endocarpe.

Selon (APGIII., 2003) la classification intra génétique est construite à la base de deux gènes chloroplastiques et un gène nucléaire de ribosome, mais ces données sont complétées dans quelques cas par d'autres données.

Le genre *Prunus* avait été affecté initialement aux pruniers par le botaniste Linné puis a été étendu progressivement aux espèces fruitières à noyau. Lee et Wen en 2001 ont cité que Tournefort en 1700 avait créé le premier classement du genre *Prunus* en proposant six genres dépendant de la morphologie des fruits : *Amygdalus*, *Armeniaca*, *Cerasus*, *Laurocerasus*, *Persica* et *Prunus*.

Linné en 1753 a identifié trois genres : *Amygdalus*, *Padus* et *Prunus* et un an plus tard, Linné (1754) a accepté quatre genres : *Armeniaca*, *Cerasus*, *Padus* (y compris *Laurocerasus*), et *Prunus* (Lee et Wen., 2001).

Depuis lors, beaucoup d'autres classifications ont été proposées pour le genre *Prunus*, et de nombreuses classifications ont traité le genre *Prunus* comme un seul genre qui se compose de plusieurs sous-genres (Janick., 2011).

Les recherches se poursuivent sur la classification du genre *Prunus* avec l'apport de la biologie moléculaires. Le tableau n°2 présente l'historique de la classification des *prunus*.

Tableau n°2 : Historique de la classification du genre *Prunus* (Lee et Wen, 2001)

Auteur	Classement	Taxons
Tournefort (1700)	Genre	<i>Amygdalus, Armeniaca, Cerasus, Laurocersus, Persica, Prunus,</i>
Linnaeus (1754)	Genre	<i>Armeniaca, Cerasus, Padus, Prunus</i>
Benthan et hooke (1865)	Sous genre	<i>Amygdalus, Amygdalipsis, Armeniaca, Ceraseides, Cerasus, Laurocerasus, Prunus</i>
Focke (1894)	Sous genre	<i>Amygdalus, Cerasus, Chamaeamygdalus, Emplectocladus, Microcersus, Padus, Prunophora</i>
Koehne (1911)	Sous genre	<i>Amygdalus, Cerasus, Padus, Prunus</i>
Rehder (1940)	Sous genre	<i>Amygdalus, Cerasus, Laurocerasus, Padus, Prunophora</i>
Hutchinson (1964)	Genre	<i>Laurocersus, Padus, Prunus</i>
Komarov(1971)	Genre	<i>Amygdalus, Armeniaca, Cerasus, Laurocersaus, Padus, Persica, Prunus</i>
Yu et al(1986)	Genre	<i>Amygdalus, Armeniaca, Cerasus, Laurocerasus, Padus, Prunus</i>
Ghora et Panigrah (1995)	Sous genre	<i>Amygdalus, Cerasus, Laurocersus, Padus, Prunus</i>

La classification la plus utilisée du genre *Prunus* est celle de Rehder (1940). Cette classification est adoptée par plusieurs chercheurs (Bortiri *et al.*, 2006; Yu *et al.*, 2007).

Elle consiste à diviser le genre *Prunus* en cinq sous genres : *Amygdalus*, *Cerasus*, *Laurocersus*, *Padus* et *Prunophora*.

Le sous genre *Prunophora* comprend le prunier et l'abricotier, le sous genre *Amygdalus* comprend le pêcher et l'amandier, le sous genre *Cerasus*, comprenant le cerisier doux et cerisier acide. Le sous genre *Cerasus* forme un groupe distinct loin des deux autres sous genres, *Amygdalus* et *Prunophora* (Reynders et Salesses., 1990)

Les sous genres *Padus* et *Laurocersus* sont plus isolés au sein du genre *Prunus* et comprennent des espèces ornementales (Lee et Wen., 2001).

1.4 Les porte-greffes du *Prunus*

Dans les vergers actuels, les arbres fruitiers à noyaux sont des arbres greffés. Cela permet un développement du système racinaire adapté aux conditions pédoclimatiques du verger et résistant aux pathogènes. Le choix du porte-greffe se fait en fonction du type de sol, mais également en fonction de deux autre éléments ; le système de culture (système d'irrigation, mode de conduite), et les autres induits sur la variété cultivée (comptabilité de greffage, qualité et maturité de fruit, charge, calibre) (MADRPM., 2006).

Les porte-greffes doivent être homogènes pour avoir un verger homogène. Il y a deux types de porte greffes qui sont produits : les porte greffes de semis et les portes greffes de clonaux. Les porte-greffes de semis sont issus de noyaux et les porte-greffes *Prunus* clonaux sont produits par multiplication végétative par bouturage ou culture in vitro. Chez les *Prunus*, les porte-greffes de semis sont essentiellement les semis de pêcher, les semis de myrobolan et les semis d'abricoter. Les porte-greffes actuels sont obtenus à partir de programmes d'amélioration génétiques qui ont commencé après 1945 principalement en France (INRA), en Belgique et au Royaume-Uni.

Les principaux porte-greffes *Prunus* sont issus d'hybridation entre différentes espèces *Prunus*, comme le montre (la figure n°2) qui indique les espèces d'origine du croisement pour les porte-greffes du pêcher (Duval H., 2015).

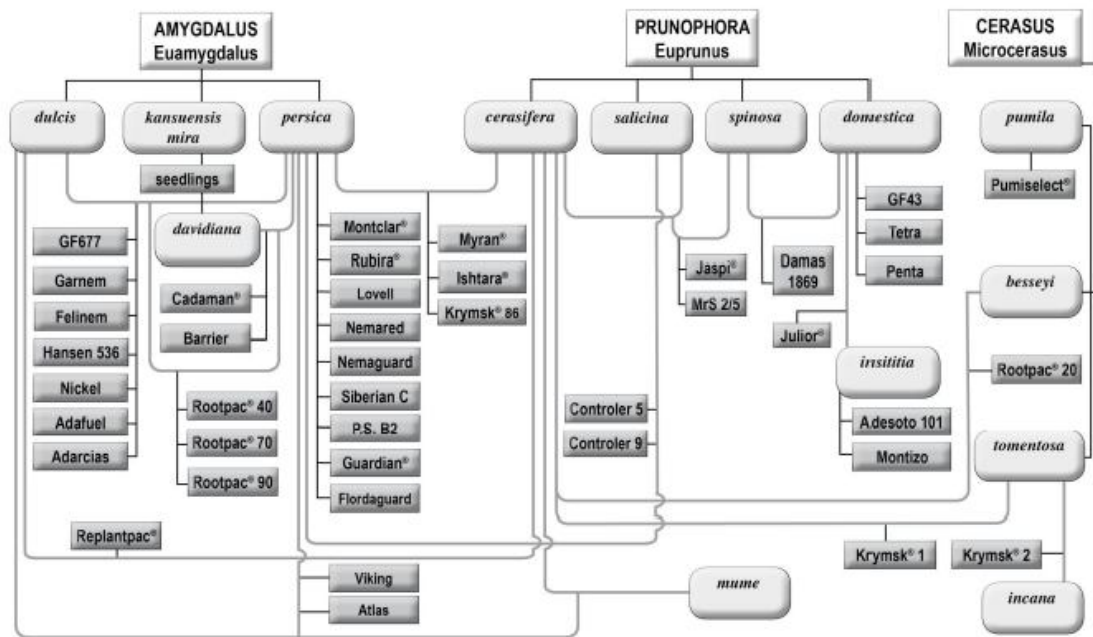


Figure n°2 : Liste des principaux porte-greffes du pêcher classés en fonction de la classification de Rehder.

- Note :** - les noms des espèces sont écrits en italique dans des rectangles arrondis ;
 - les noms des porte-greffes sont écrits en gras (Duval., 2015).

Certains porte-greffes comme l'hybride Pêcher-amandier GF677 ont été obtenus par hybridation naturelle et introduit à partir de prospection. Lorsque l'on utilise des espèces différentes de la variété à greffer, il est nécessaire de vérifier la compatibilité au greffage dans le processus de sélection (Duval., 2015).

1.5 Amélioration génétique des porte-greffes *Prunus*

La sélection des porte-greffes de *Prunus* n'a vraiment débuté qu'à la fin de la seconde guerre mondiale. Des programmes de recherche menés principalement en France (INRA), en Belgique et au Royaume-Uni, ont contribué durant ces 50 dernières années à un véritable essor de l'amélioration génétique des porte-greffes d'arbres fruitiers à noyau. Le passage de semis issus de fécondation libres, à des lignées, des hybrides et des clones a été le moteur d'une amélioration remarquable de la performance des vergers (Haloui., 2018).

Les composantes variétales ont évolué de manière à obtenir des variétés de plus en plus homogènes (Haloui., 2018).

Les perspectives d'amélioration envisagées par les chercheurs se résument à :

- L'adaptation aux sols ;
- La résistance aux stress biotique (ravageurs et maladies) ;
- La tolérance aux stress abiotiques (sécheresse, asphyxie racinaire, calcaire, salinité) ;
- Le contrôle de la vigueur et de la fructification qui reste un enjeu importants dans un contexte économique concurrentiel difficile (Haloui., 2018).

2. Le porte-greffe GF677 (*Prunus amygdalus x Prunus persica*)

Le GF 677 est le premier hybride naturel interspécifique entre l'amandier (*Prunus amygdalus*) et le pêcher (*Prunus persica*), sélectionnée par l'INRA en France, ce porte-greffe est très utilisé en France et devient très adopté en Espagne et au Maroc, dans les nouvelles plantations d'amandier. Ce porte-greffe confère aux arbres une vigueur élevée avec une grande homogénéité. Sa multiplication végétative difficile limite cependant sa diffusion à grande échelle. L'enracinement des boutures ligneuses de ce genre de matériel végétal peut être amélioré par l'utilisation d'hormone AIB (MADRPM., 2006).

Cette espèce présente une tolérance modérée à la sécheresse et à l'asphyxie racinaire et il a une résistance à certaines maladies. L'arbre greffé sur ce porte-greffe est vigoureux et productif. Cet hybride peut bien pousser sur des sols à faible fertilité. Il est difficile à multiplier en raison de la capacité d'enracinement des boutures, très faible (Ammer., 1999). En outre, il est compatible avec la plupart des cultivars d'amandes et de pêches (Grassely., 1987).

2.1 Histoire du Porte-greffe GF677

Entre 1951 et 1981, R. Bernhard et C. Grasselly, chercheurs à l'INRA de Bordeaux, ont mis au point le porte-greffe GF677, issu d'une hybridation entre un amandier et pêcher. Amélioré par un processus de sélection de plusieurs décennies, au travers duquel il a montré des capacités remarquables, il était en 1992 le plus utilisé en arboriculture dans le monde avec une production de 8 à 9 millions de plants par an (INRA., 2017).

Sur la station d'arboriculture de la Grande Ferrade, deux clones étaient en concurrence : le GF 677 et le GF557, crée par R. Bernhard, issu d'une hybridation contrôlée entre un amandier local et la variété de pêcher indienne « Shalil ». Ce dernier était l'un des tous premiers exemples d'hybride interspécifique obtenu par croisement contrôlé (INRA., 2017).

2.2 Particularité de l'hybride GF677

De nombreux travaux ont été effectués sur les hybrides, notamment en France, à la station de recherches d'arboriculture fruitière de l'INRA à Bordeaux, où le GF677 a maintenant atteint une renommée internationale.

La rapide percée de cet hybride sur le marché des plants porte-greffe fruitiers tient à plusieurs facteurs :

- Leur emploi comme porte-greffe pour diverses espèces à noyau, telles l'amandier et le pêcher ;
- La vigueur exceptionnelle des plants, due à leur nature hybride de première génération ;
- Leur relative indifférence quant à la nature chimique du sol, contrairement aux parents : le pêcher est très sensible à l'excès de calcaire, alors que l'amandier s'en accommode très bien,
- Une bonne reprise à la plantation, comparable à celle du pêcher ;

Un léger inconvénient provient cependant de ce que leur multiplication par boutures ligneuses ne donne pas entièrement satisfaction. Il faut également signaler leur sensibilité à l'asphyxie des racines, en sol mal drainés (Barbeau et El Baduami., 2010)

2.3 Les caractères morphologiques

Le GF677 (*Prunus amygdalus X Prunus persica*), appartient à la famille des rosacées, un hybride naturel entre les amandes et les pêches, la hauteur de l'arbre peut atteindre jusqu'à 4.5 mètre, le tronc est cylindrique et lisse, il est divisé en plusieurs branches principales, les feuilles sont alternativement irrégulières, pour avoir une forme allongée, les bourgeons sont en trois groupes, et chaque bourgeon est floral, celle-ci contient cinq sépales et cinq pétales (Nervine *et al.*, 2011).

2.4 bio-agresseurs

Le GF677 étant le porte-greffe le plus utilisé, il induit une vigueur et une productivité élevées et se montre parfaitement compatible au greffage avec toutes les variétés. Il est résistant aux sols calcaires, tolérant à la sécheresse et bien adapté aux terrains filtrants. Toutefois, il est sensible à l'asphyxie racinaire, au pourridié et aux nématodes (Référentiel technique., 2017).

- **Le pourridié** : c'est une maladie fongique entraînant le dépérissement puis la mort de divers arbres fruitiers ou forestiers et qui se caractérise essentiellement par la pourriture progressive des racines (MA., 1930).
- **Les nématodes** : Les nématodes à galles des racines sont de redoutables bioagresseurs. Ce sont des vers microscopiques telluriques, c'est-à-dire vivant dans le sol, et les galles qu'ils provoquent aux racines sont cachées sous terre. Il est bien tard pour agir quand on voit les plantes dépérir (Djian-Caporalino *et al.*, 2009)

Chapitre 2 :

La culture « hors-sol »

Chapitre 2 : la culture hors-sol

1- Généralités sur les cultures "hors-sol"

1.1 Définition

Le vocable « culture hors-sol » regroupe l'ensemble des techniques mises en œuvre pour assurer le développement d'une plante en dehors de la pleine terre ; il englobe aussi la culture de plante en pot. Ces pratiques anciennes se sont perfectionnées grâce à des recherches scientifiques en agronomie sur la connaissance des besoins de la plante pour son alimentation, et de nouvelles méthodes de culture ont vu le jour (Yohan H., 2014)

Morard (1995) définit les cultures hors-sol comme des « culture des végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol ».

Au sens strict, la culture hors-sol est la culture dans un substrat qui n'est pas de la terre, mais qui présente les mêmes propriétés culturales. Ce milieu reconstitué repose souvent sur l'adoption d'un matériau physique stable : le substrat, parfois d'origine manufacturé et industriel, parfois d'origine naturelle (Alain Vitre., 2003).

Il existe des cas de culture hors-sol n'utilisant pas des substrats : cultures sur film d'eau ou hydroponiques : l'aéroponique, dans lequel des racines sont placées dans un brouillard nutritifs (Urban., 2010). " hydroponie " tire ses racines de deux mots grecs : **hydro** pour l'eau et **ponos** pour travail (Dudley, 1983).

1.2 Historique

Les premiers essais sont très anciens, ils ont été effectués par des chercheurs travaillant sur la fertilisation des plantes et la mise en évidence du rôle de l'eau et de l'air dans le sol. En cherchant le rôle de chacun des éléments constituant le sol, on s'est aperçu que celui-ci pouvait être entièrement reconstitué de façon artificielle. Il fallait seulement retrouver toutes les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol (Alain Vitre., 2003).

On s'est rendu compte que la répétition de mêmes cultures dans un sol, favorisent le développement de parasites du sol, dont on ne pouvait plus se débarrasser par des moyens chimiques (pesticides) ou biologiques (non existence de variétés

résistantes) : on a alors pensé au remplacement du sol par des substrats voisins. Le plus souvent organique (tourbes ou terreaux) réduits en volume et isolés du sol par une enveloppe plastique (Alain Vitre., 2003).

Enfin, de façon plus pragmatique, les cultures hors-sol se sont développées parce que les performances agronomiques obtenues étaient supérieures aux performances des cultures traditionnelles en sol : la réduction du milieu racinaire associée à l'irrigation localisée, la possibilité de mieux contrôler la température des racines, la souplesse et la mobilité des systèmes proposés permettent une meilleure maîtrise des facteurs de production (Alain Vitre., 2003).

Aujourd'hui, on peut dire que c'est ce dernier critère de performance agronomique qui conduit les producteurs à se convertir au hors sol (Alain vitre., 2003).

Le principal objectif visé par la pratique des cultures hydroponiques est de remédier aux conditions aléatoires de la nutrition dans le sol et ceci par l'utilisation d'une solution nutritive contenant tous les éléments nécessaires (macro et micro éléments) à la croissance et au développement d'une plante (Bendiaf., 2016).

1.3 Evolution des cultures hors-sol

- **Dans le monde :**

En Europe, quatre pays concentrent la quasi-totalité des cultures hors-sol sous serres. Ce sont les Pays-Bas, qui en possèdent des grandes surfaces, suivis par la France, la Belgique et la Grande-Bretagne. Il s'en trouve aussi en Suisse et dans certains pays de l'est. Dans les autres pays, les surfaces les plus importants sont recensées au Japon et Afrique du Sud (Thiault., 2004).

- **En Algérie**

En Algérie, un chercheur en agronomie a développé la production du fourrage par hydroponie. Ce nouveau procédé est appelé « fourrage vert hydroponique », qui permet de multiplier le rendement de cet aliment de bétail et d'en assurer la production toute l'année. Le prototype du fourrage hors-sol, une fois réalisé par l'Anverdet, pourrait être mis à la disposition de l'institut national de la recherche agronomique d'Algérie (INRAA) ou l'Institut Technique des Elevages (ITELV), pour une éventuelle application sur le terrain dès 2019 (ANVREDET., 2016).

1.4 Les différents systèmes sans substrat

Toutes les plantes ornementales et les fleurs exotiques, telles que les orchidées et les violettes africaines, poussent très bien dans un système hydroponique, tout comme la plupart des légumes, incluant les légumes feuillus, le concombre, poivron, tomate, petits pois et quelques plantes fruitières. Les seules plantes qui ne sont pas recommandées sont les plantes à racine comestible, sauf la production de pomme de terre de pré-basse (Zerkout, 2015).

La plante est soutenue au-dessus des racines, carton, plastique, bois ou du fil de fer, les racines sont en permanence ou par intermittence immergées dans une solution nutritive. Ce système comprend la culture dans les tubes (Belbachir., 2017).

1.4.1 Le système hydroponique ou N.F.T (Nutrient Film Technique)

Le principe du système NFT (Nutrient Film Technique ou Technique du Film Nutritif) est d'avoir un flux constant (pellicule d'eau de 2 à 4 mm) de la solution nutritive. Ce courant nutritif permet une bonne oxygénation et un apport optimum d'éléments nutritifs aux plantes, c'est l'Anglais Cooper qui en 1979, développa cette technique de culture.

La solution hydroponique est distribuée dans des petits canaux au moyen d'une pompe qui se trouve dans le réservoir. Elle se charge en oxygène continuellement en passant à la surface du film liquide. C'est le ruissellement qui permet d'arroser les racines de la plante. Le système est légèrement incliné, de ce fait le liquide rejoint le réservoir après avoir irrigué les racines. C'est un système hydroponique qui fonctionne en circuit fermé. L'évaporation est limitée, donc on économise beaucoup d'eau. La solution est absorbée par les plantes. Il faut donc réajuster en permanence le volume et la concentration en nutriment (IMIST., 2013). (Figure n°3).

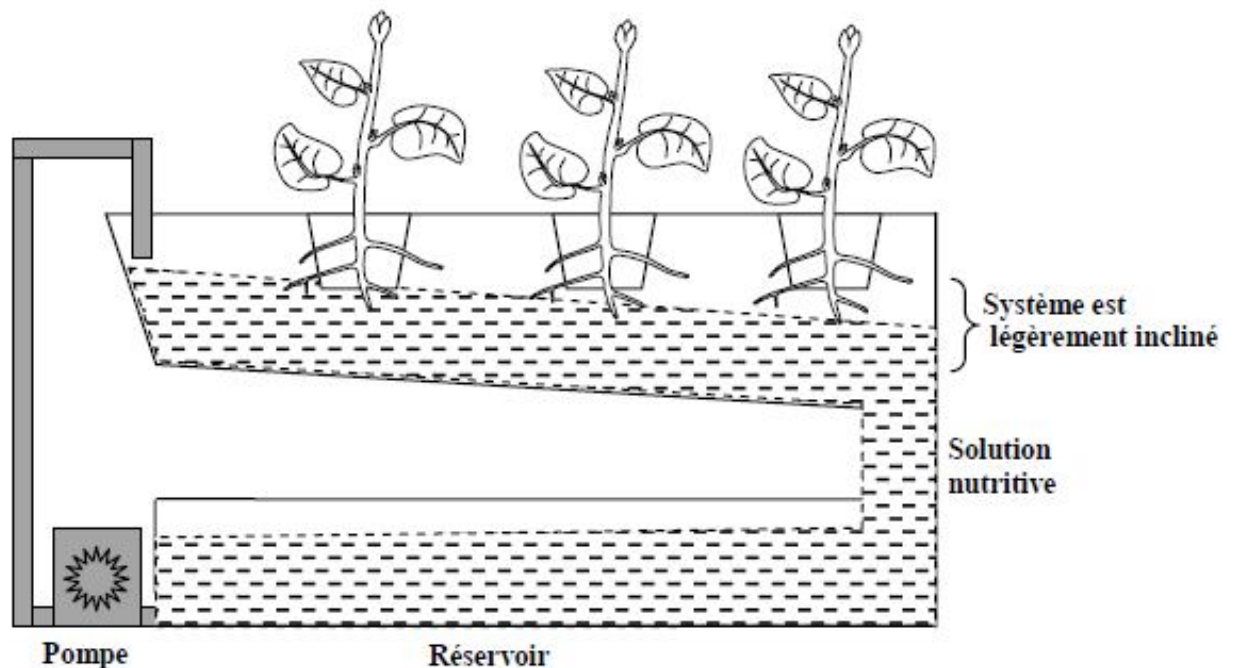


Figure n°3 : schéma d'un système hydroponique NFT (Boufares., 2012)

• **Les avantages sont :**

- ce système apporte une bonne oxygénation ;
- Il permet un arrosage homogène ;
- économique, car il n'utilise qu'un fin film d'eau ;
- il permet d'obtenir un rendement élevé ;
- il n'utilise aucun substrat, il ne pose aucun problème pour la succession (rotation) des cultures (Hatzailazarou *et al.*, 2004).

• **Les inconvénients sont :**

- la pollution, car le système engendra le versement d'engrais dans l'environnement ;
- il augmente les chances de propagation des maladies et donc l'emploi de pesticides, car il fonctionne en circuit fermé ;
- emploi massif de matières plastiques ;
- les plantes qui se situent en fin de cycle peuvent recevoir une alimentation appauvrie en oxygène et en élément nutritifs (Hatzailazarou *et al.*, 2004).

1.4.2 Le système aéroponique

L'aéroponie représente l'une des plus récentes évolutions des techniques de cultures hydroponiques. En effet, les racines des plantes ne sont en contact ni avec un milieu solide, ni immergées dans un milieu liquide. Elles sont alimentées par une brume nutritive obtenue par brumisation (via un brumisateurs) de la solution nutritive dans un milieu fermé.

En aéroponie, les fonctions de support et d'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs, habituellement remplies par le terrain, sont assurées par des « supports de plantes », généralement en matière plastique, et par des vaporisations permanentes (brouillard) de solutions nutritives à base de sels minéraux tournant en circuit fermé au moyen d'une pompe. On a donc à la fois 95% de disponibilité en eau et 98% de disponibilité en air. Le milieu de culture est saturé d'un brouillard nutritif qui ruisselle en continu sur les racines. Les minéraux sont donc très facilement absorbés. La pulvérisation, qui peut être continue, est en général discontinue, par cycles de 15 à 20 minutes, avec des arrêts de quelques minutes pendant la journée, et de quelques heures durant la nuit (IMIST., 2013). (Figure n°4).

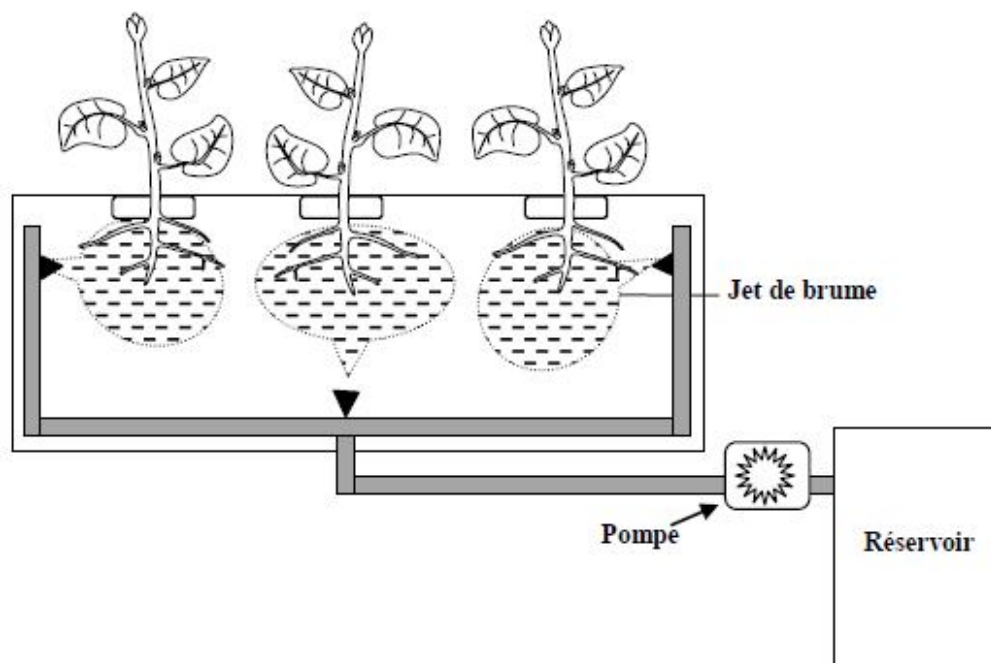


Figure n°4 : Schéma d'un système aéroponique (Boufares., 2012)

- **Les avantages sont :**

- Ne pas laisser de l'eau libre se déposer sur les feuilles, réduisant ainsi le risque d'apparition de champignons ;
- Porter l'oxygénation à un tout autre niveau ;
- Les plantes absorbent l'eau et les nutriments dont elles ont besoin directement dans l'air ;
- C'est la meilleure méthode pour distribuer la solution nutritive dans un environnement bien oxygéné (Texier., 2015).
- Minimum de problèmes de déchets ;
- Possibilité de cultiver toutes des espèces de plantes avec ce système
- Economie d'eau d'environ 90% par rapport à une culture normale (Hatzailazarou *et al.*, 2004).

- **Les inconvénients sont :**

- emploi massif de matières plastiques ;
- la saveur et la teneur saturée en eau dans les végétaux n'est pas maîtrisée ;
- comme le système fonctionne en cycle fermé, le risque de propagation de maladies est augmenté et donc l'utilisation des pesticides aussi ;
- étant dénué de substrat, ce système est très sensible aux variations de la température ;
- Le système engendre de la maintenance, les brumisateurs se bouchent facilement (Hatzailazarou *et al.*, 2004) ;
- Les racines profitent si bien de l'environnement aéroponique que leur croissance devient pour ainsi dire disproportionnée au détriment de la partie supérieure de la plante (Texier., 2015).

1.4.3 Le système ultraponique

L'ultra-ponie est une amélioration de l'aéroponie. Le brouillard nutritif est créé grâce à des brumisateurs à ultrasons puis dirigé vers les racines. Il est fait de très fines gouttelettes formant un milieu composé d'eau et d'oxygène directement assimilable par les pores des racines (Cervantes., 2012).

- **Les avantages sont :**

- la circulation de la brume accélère le processus d'absorption des racines ;
- le chevelu est plus dense, augmentant les échanges entre la plante et le milieu nutritif ;
- permet des rendements jusqu'à 8 fois supérieurs ;
- consomme très peu d'eau, d'engrais et d'électricité ;
- il peut être totalement contrôlé par informatique (Cervantes., 2012).

1.4.4 Le système aéro-hydroponique

Ne pas confondre l'aéro-hydroponie avec l'aéroponie. Le terme « aéro-hydroponie » regroupe l'ensemble des systèmes dans lesquels l'eau est oxygénée en circulant dans l'air. Ce résultat peut être obtenu de diverses façons. Cette technologie prend peu à peu l'avantage sur d'autres méthodes plus traditionnelles. Les systèmes aéro-hydroponiques, qui fonctionnent en circuit fermé, ne sont pas une menace pour l'environnement. De plus, grâce à la circulation dynamique de l'eau, ils contribuent à éliminer les gaz indésirables dans la solution nutritive. Une plante cultivée dans ce genre de système peut être préservée pendant des mois de toute accumulation d'éléments toxiques dans la zone racinaire. Ces systèmes fonctionnent à l'aide de pompes à air, de pompes à eau ou de vortex (Texier., 2015).

- **Les avantages sont :**

- ce système permet une augmentation de la production au m² ;
- il permet de faire une économie en eau et en énergie ;
- raccourcissement de la période de culture (Hatzailazarou *et al.*, 2004).

- **Les inconvénients sont :**

- après avoir arrosé les substrats, la solution nutritive n'est pas réutilisable ;
- une accumulation importante de déchets le plus souvent non recyclables est provoquée par l'utilisation de substrats ;
- une augmentation de l'humidité dans le milieu de culture (Hatzailazarou *et al.*, 2004).

2- Les conditions de la culture

La culture « hors-sol » exige souvent plus de soins et d'entretien que les cultures traditionnelles en terre. Lorsqu'on utilise ces techniques (essentiellement pratiquées sous serre ou sous abri), il faut raisonner par rapport à tout un système et ne pas porter son attention sur un élément ou un paramètre isolé. La culture hydroponique exige une parfaite maîtrise de l'ensemble de l'agro- système car en cas d'échec, beaucoup d'éléments peuvent dysfonctionner :

- connaissance en matière d'agrotechnie de la culture
- Un éclairage adéquat (éclairage artificiel, minuterie, etc.) ;
- Un système de culture et d'irrigation contrôlé et entretenu (contenants, submersibles ou des pompes à eau ordinaire, régulation, désinfection, substrats appropriés...) ;
- Un contrôle environnemental (température ambiante et des solutions, hygrométrie, enrichissement en dioxyde de carbone...) ;
- Un contrôle aux niveaux de concentration des éléments nutritifs par une CE mètre ;
- Un contrôle de pH de l'eau et la solution nutritive par un pH mètre (Raviv et Heinrick., 2008).

2.1 Solution nutritive

Les avancées scientifiques des agronomes et des biologistes ont permis de concevoir une solution nutritive et un environnement favorable à une culture :

- Nutrition minérale et organique équilibrée de la plante ;
- Apport en eau selon les besoins des végétaux ;
- Bonne oxygénation du milieu racinaire ;
- Aération permanente favorable autour du feuillage ;
- Bio stimulations naturelles (à l'aide d'algues marines par exemple) (Stocklin., 2002)

Certains composés organiques tels que les chélates et fer peuvent être présents, un élément essentiel a un rôle clairement physiologique et son absence interrompte le cycle de vie de la plante complètement (Belbachir., 2017).

Bien que la nutrition optimale soit facile à réaliser dans la culture hors-sol, la gestion incorrecte de la solution nutritive peut endommager les plantes et conduire à un échec complet. Manipuler avec précaution le niveau de pH de la solution nutritive, la

température et la conductivité électrique et le remplacement de la solution à chaque fois que s'est nécessaire conduira à la réussite de la culture hors-sol (Texier., 2015).

2.2 pH

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité sur une échelle de 1 à 14. La gamme de pH optimale pour la solution nutritive de culture hors-sol est comprise entre 5,8 et 6,5.

Plus le pH d'une solution nutritive dépasse la gamme de pH recommandée, plus on a de chances d'échouer. Les carences nutritionnelles apparaîtront ou des symptômes de toxicité se développent si le pH est supérieur à la fourchette recommandée pour les différentes cultures. La valeur de pH détermine l'assimilabilité des nutriments pour les plantes. En conséquence, son réglage doit être fait tous les jours (Kahia et Boudari., 2019).

2.3 Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique indique la concentration de la solution nutritive, telle que mesurée par un CE mètre. L'unité de mesure de la CE est le dS/m. une limitation de la CE n'indique que la concentration totale de la solution et non celle de chaque élément des composants nutritifs. La CE idéale est spécifique à chaque culture et dépend des conditions environnementales (Sonneveld et Voogt., 2009). Toutefois, les valeurs de la CE pour les systèmes hydroponiques sont de 1.5 à 2.5 ds m⁻¹. Une CE supérieure empêche l'absorption des nutriments en augmentant la pression osmotique, alors qu'une CE inférieure peut gravement affecter la santé des plantes et le rendement (Samarakoon *et al.*, 2006).

La diminution dans l'absorption d'eau est fortement corolaire à la CE. Lorsque les plantes absorbent les nutriments et l'eau de la solution, La concentration totale de sel, à savoir, là CE de la solution change. Si la CE est supérieure à la gamme recommandée, l'eau fraîche doit être ajoutée pour la diluer. Si elle est inférieure, il faut ajouter des éléments nutritifs pour augmenter sa concentration (Nelson., 2003).

2.4 Température

La température de la solution nutritive présente une relation directe avec la quantité d'oxygène consommée par les plantes, et une relation inverse de l'oxygène dissous en elle. La température affecte également la solubilité des engrais et de la capacité de l'absorption des racines. Il est évidemment important de contrôler cette variable en particulier dans un climat extrême. Chaque espèce végétale a une température minimale et maximale pour sa croissance, ce qui nécessite l'installation des systèmes de chauffage ou de refroidissement pour équilibrer la température de la solution nutritive. Les rendements diminuent lorsque la température de la solution nutritive augmente pendant les périodes chaudes (Hidaka *et al.*, 2008).

2.5 Humidité relative

L'humidité relative et le déficit de pression de vapeur sont des conditions environnementales ayant une influence sur la santé et la croissance des plantes.

L'humidité relative (RH%) est la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air ambiant à une température donnée par rapport à la quantité maximum de vapeur d'eau que l'air peut contenir avant que l'eau ne se condense en gouttelettes.

L'humidité relative agit sur les processus d'évaporation de l'eau pour les plantes et de la sueur (transpiration) pour les animaux ; donc influence directement la croissance des plantes et la régulation de la température du corps chez les animaux. Dans une résidence, l'humidité relative optimale s'établit autour de 40%. Tandis que dans une serre ou un jardin intérieur, le niveau optimal se situe plutôt entre 60% et 80%.

Le déficit de pression de vapeur (DPV) est la différence entre la quantité d'humidité dans l'air ambiant par rapport à la quantité d'humidité que l'air ambiant peut contenir lorsque celui-ci en est saturé.

Le DPV combine en une seule mesure les valeurs d'humidité relative et de température ambiante ce qui en simplifie le suivi et en permet la modulation avec des systèmes asservis tel que unité de chauffage, humidificateur et déshumidificateur.

Cette mesure combinée est à l'inverse de celle de l'humidité relative ; lorsque la HR% est élevée, la DRV est basse. Tout comme l'humidité relative, le déficit de

pression de vapeur agit directement sur la capacité de transpiration des plantes donc sur leur croissance.

Si l'humidité est trop basse (DPV élevée), le stomate des feuilles tendent à se fermer pour limiter la transpiration et prévenir le dessèchement. Cette condition ralentit le taux de croissance de la plante.

A l'inverse, lorsque le taux d'humidité est trop élevée (DPV basse), les stomates s'ouvrent complètement ce qui, paradoxalement, empêche aussi une évaporation optimale ; les conséquences sont une indisponibilité de certains minéraux nécessaires à la croissance comme le calcium (site web n° 02).

Partie II :

Partie expérimentale

Chapitre1:

Matériels et Méthodes

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Objectif

L'objectif général de ce travail est la mise en culture en hors-sol du porte-greffe GF677 (*Prunus amygdalus X Prunus persica*) pour l'initiation de sa rhizogenèse par aéroponie. Pour cela nous avons conçu un système aéroponique avec des matériaux disponibles.

L'expérimentation a été menée au niveau de la serre de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Djilali Liabes de Sidi-Bel-Abbès (Figure 5).



Figure n°5 : Lieu de l'expérimentation (Benaricha et Kadous, 2020)

2. Matériel végétal

Les boutures utilisées pour cette expérimentation, ont été obtenues à partir de l'hybride GF677, prélevés de la plante-mère localisé au niveau de la wilaya de Djelfa (Algérie).

Ces rameaux ont été fournis par M. Djellida, agriculteur à Djelfa, au courant du mois de janvier, l'arbre a été taillé en période dormance. Ce matériel a été mis en conservation, et transporté dans un sac de jute humidifié par de l'eau, jusqu'à sa réception à notre niveau (Figure n°6).



Figure n°6 : Les rameaux du GF 677 gardés humides dans le sac de jute imbibé d'eau (Benaricha et Kadous, 2020)

2.1 Les caractères agronomiques du GF677 :

- La croissance est homogène dans le champ;
- Meilleure tolérance à la sécheresse;
- Arbre solide avec une croissance vigoureuse;
- Arbre adapté pour les sols acides;
- Convient aux sols lourds, moyens et légers;
- Une époque de floraison intermédiaire entre le pêcher et l'amandier (Barbeau et El Baduami., 2010).

2.2 Préparation des boutures :

2.2.1 La désinfection

Comme le système fonctionne en cycle fermé, le risque de propagation de maladies est augmenté. Donc Nous avons procédé à la désinfection des boutures comme suit:

- Placer les boutures dans de l'eau et du détergent pendant 5 min ;
- Frotter les boutures par des pinceaux, afin de préserver les bourgeons ;
- Faire un premier rinçage avec de l'eau distillé ;
- Faire un deuxième rinçage avec de l'eau et quelques gouttes de Javel (Bref 10°). (Figure n°7)

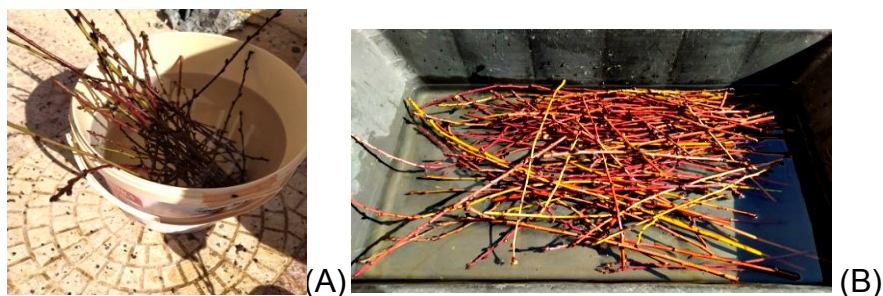


Figure n°7 : Désinfection des boutures. (A) les boutures trempés dans de l'eau avec le détergent, (B) les boutures trempés dans de l'eau et du Javel (Benaricha et Kadous, 2020)

2.2.2 Fragmentation des boutures

À cause de la petite longueur des boutures fournies par l'agriculteur, et d'après les résultats des travaux effectués, en 2019 par Benkhamallah et Toumi, Nous avons choisi les boutures qui comportent de 7 à 9 bourgeons de la partie médiane du rameaux porte-greffe. Les boutures ont une longueur comprise entre 15 et 25 cm. (Figure n°8)

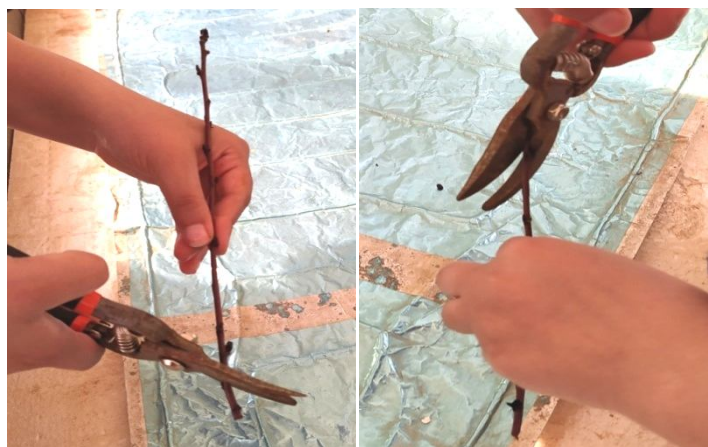


Figure n°8 : La confection des boutures (Benaricha et Kadous, 2020)

2.3 Traitement à l'hormone AIB

L'acide indole-3-butyrrique est une hormone végétale de la famille des auxines, elle permet d'accélérer la formation des racines. Cette hormone est utilisée sur diverses cultures pour stimuler le développement des fleurs et la croissance des fruits (site web n° 03)

Les boutures préparées sont trempées dans la solution hormonale durant 24 heures, dans des conditions de température entre (18°C – 21°C) et dans l'obscurité, dans le but de stimuler le développement racinaire. (Figure n°9).

2.3.1 La dose d'AIB utilisée

Afin de déterminer la concentration favorable au développement racinaire, nous avons préparé 3 concentrations différentes :

- T0 : les témoins traités avec l'eau distillée ;
- T1 : les boutures traitées avec 5ml d'hormone ;
- T2 : les boutures traitées avec 10ml d'hormone ;
- T3 : les boutures traitées avec 15ml d'hormone.

Les témoins, sont trempés dans de l'eau distillée dans les mêmes conditions.



Figure n°9 : Trempage des boutures dans la solution hormonale T0- T1- T2 et T3 (Benaricha et Kadous, 2020)

3. Traitement phytosanitaire

Pour notre étude, le produit phytosanitaire retenu est l'ortie qui est utilisé pour fabriquer un purin (produit biologique).

3.1 Le purin d'ortie :

Les orties (*Urtica spp*) sont un genre de la famille des urticacées qui regroupe une trentaine d'espèces de plantes herbacées à feuilles velues.

Le purin d'ortie est le stimulant le plus emblématique, encore souvent présenté aujourd'hui comme la solution à tous les maux (Lyphout., 2015).

Les différentes étapes de la fabrication du purin d'ortie s'appliquent aussi aux purins d'autres plantes sont :

3.1.1 Ramassage :

Nous avons arraché les plantes d'orties en passant les mains sous les feuilles pour ne pas avoir la sensation de brûlure que procure l'ortie, à défaut des gants le stade idéal de l'arrachage avant apparition des inflorescences (figure 10).



Figure n°10 : La collecte de l'ortie (Benaricha et Kadous, 2020)

3.1.2 Le hachage

À l'aide d'un sécateur, nous avons coupé les feuilles et les tiges des orties en petits morceaux afin d'accélérer la fermentation et faciliter la filtration.

3.1.3 La mise en fermentation

Selon Lyphout., 2015, nous avons utilisé la proportion de 1 kg d'ortie fraîche pour 10L d'eau. Il faut remuer fréquemment le mélange, le couvrir et le placer en un endroit à l'abri de la pluie et de la poussière. (Figure n°11).



(A)



(B)

Figure n°11 : La mise en fermentation du purin d'ortie (A) macération (B) purin (Benaricha et Kadous, 2020)

3.1.4 La fermentation

Il faut remuer quotidiennement le purin à l'aide d'un bâton, en écrasant les fragments de la plante, afin que la fermentation soit la plus homogène possible. La durée de l'opération est d'une semaine à une dizaine de jours, plus il fait chaud et plus la fermentation sera rapide. (Figure n°12).



Figure n°12 : Remuement fréquent du purin d'ortie à l'aide d'un bâton (Benaricha et Kadous, 2020)

3.1.5 La filtration

Lorsque le macérât ne produit plus de bulles en surface cela signifie que le purin est prêt pour la filtration. La solution filtrée est conservée à l'abri de la lumière.

3.2 Utilisation du purin

Le tableau qui suit résume les principales dilutions et utilisations du purin dans notre expérience :

Tableau 3 : Méthode d'utilisation du purin d'ortie (Benaricha et Kadous, 2020)

Dilution	Réalisation	Utilisation
purin à 50%	500 ml purin + 500 ml eau	En pulvérisation comme traitement préventif
Purin à 2%	2 l purin + 98 l d'eau	En arrosage comme engrais biologique

4. Matériel de l'expérimentation

4.1 Description du système :

Notre expérimentation est assurée par un système aéroponique, qui fonctionne d'une manière alternative, un temps de brumisation réglé à 15 min et un temps de repos à 30 min, en continu.

4.2 Le dispositif aéroponique :

Dans le dispositif, toutes les pièces sont indispensables, sont représentées dans la figure n°13 suivante:

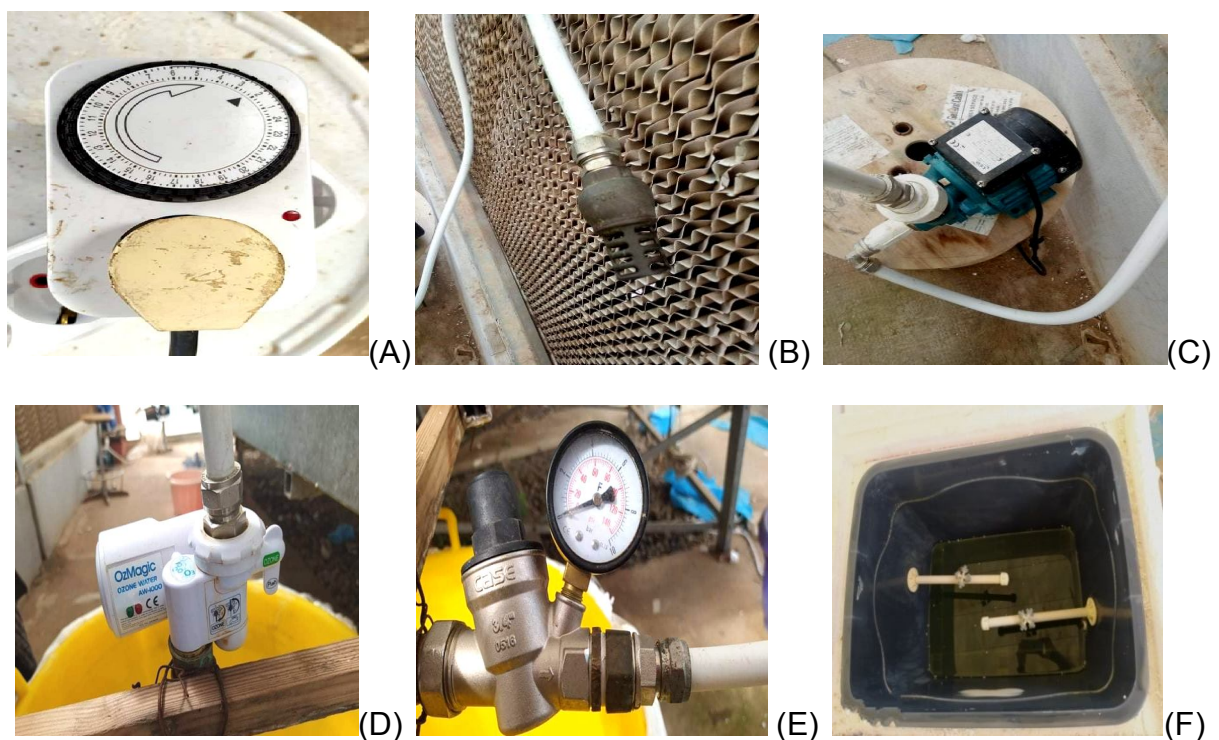


Figure n°13 : Les différents éléments composant le système aéroponique (A) programateur (B) crépine (C) pompe à eau (D) générateur d'ozone (E) régulateur de pression (F) brumisateurs (Benaricha et Kadous, 2020)

4.3 Montage du système

Le système fonctionne en circuit fermé (figure 14). Nous avons utilisé un réservoir (bassine) d'une capacité de 100 L. L'eau passe à travers le stérilisateur par l'ozone, grâce à une pompe d'eau d'un débit de 25 L/min.

Pour que le stérilisateur fonctionne, il doit y avoir une grande pression, ce qui nécessite un régulateur de pression réglé à 3bar pour éviter que la partie racinaire ne se blesse. Grâce à des tuyaux, l'eau arrive aux bacs de culture et arrose les boutures par des brumisateurs. Le retour de l'eau vers le réservoir s'effectue directement vers le bassin, par gravité.

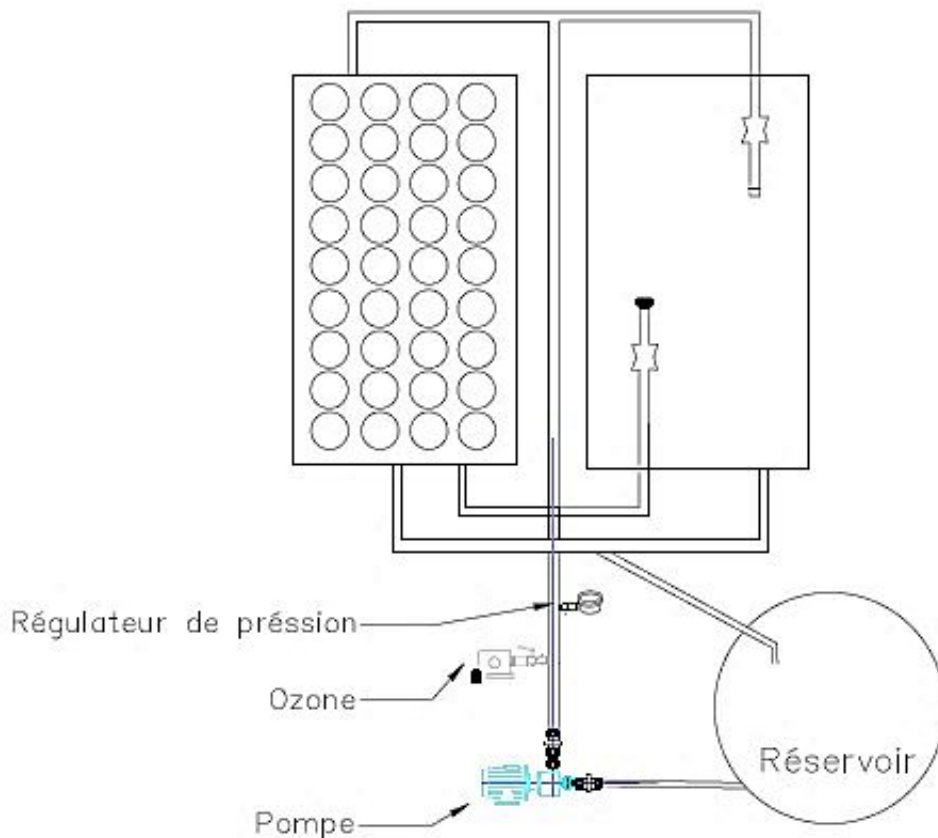


Figure n°14 : Schéma représentant le dispositif du système aéroponique (Benaricha et Kadous, 2020)

4.4. Mise en place des boutures

Les boutures désinfectées sont placées dans le système de façon à avoir 4 à 5 bourgeons à l'extérieur et de 3 à 4 bourgeons à l'intérieur du système. Il faut en permanence assurer le contrôle des pulvérisateurs et de la stérilité de la solution. (Figure n°15).

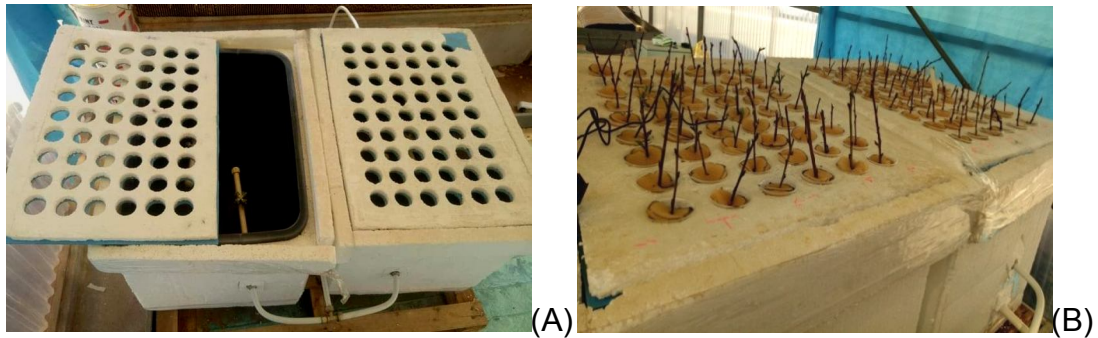


Figure n°15: dispositif de la mise en place des boutures (A) plaque portant les alvéoles servant à recevoir les supports boutures (B) support en éponge des boutures (Benaricha et Kadous, 2020).

Chapitre 2 :

Résultats Et Discussion

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1- Notation sur la végétation :

Après le montage du système, et la mise en place des boutures des quatre traitements (témoins et traité avec l'hormone), nous avons mis en marche le dispositif expérimental. Les notations ont commencé à partir du 5^{ème} jour du démarrage, par le début de modifications et d'apparition nouvelle d'organes au cours de différents stades phénologiques jusqu'aux manifestations des infestations au niveau du système.

Les figures qui suivent montrent cette évolution du début de débourrement des bourgeons (gonflement) l'apparition des fleurs, les feuilles et l'initiation des racelles chez les boutures tout type confondu.



Figure n°16 : Lancement de l'expérimentation (Benaricha et Kadous, 2020)

Dès le 19^{ème} jour, il a été remarqué, un débourrement des bourgeons et l'apparition des feuilles sur l'ensemble des boutures de la partie aérienne, suivi d'une évolution de la rhizogenèse chez certaines boutures.



Figure n°17 : Développement des bourgeons en feuilles après 19 jours (Benaricha et Kadous, 2020)

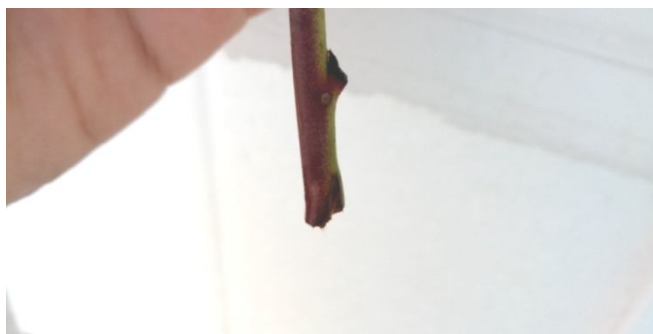


Figure n°18 : Débourrement au niveau du talon après 20 jours (Benaricha et Kadous, 2020)



Figure n°19 : Formation de cal et apparition des radicelles naissantes après 30 jours (Benaricha et Kadous, 2020)

1.1. Evolution des bourgeons

Le débourrement des bourgeons a commencé à partir du 5^{ème} jour du démarrage de l'essai. Il a été remarqué un bon lancement des bourgeons chez 11 % des boutures traitées en T1 et de 4 % chez les témoins. En parallèle, aucun débourrement des bourgeons n'a été observé en T2 et T3.

1.2. Evolution des feuilles

Généralement chez tous les traitements, il y a eu sortie et formation des feuilles. Ceci a été plus importante en T1 (Tableau 4) atteignant plus de 50 % après 15 jours du démarrage des essais. Ce taux a été enregistré après 30 jours chez le témoin (56%), pour T2 et T3, ce taux n'a été respectivement que de 44% et de 48%.

Tableau n°4 : Développement de la partie végétative des boutures (le feuillage)

Stade	Nombre de jours après le démarrage de l'essai	T0	T1	T2	T3
Apparition des feuilles	12	15 %	30%	4%	7%
	15	26 %	56 %	11%	26%
	19	30%	70%	19%	33 %
	30	56 %	85 %	44 %	48

1.3. Evolution de la callogenèse

Les talons se sont gonflés après 20 jours du démarrage de l'essai (tableau n°5) et après 30 jours nous avons remarqué la formation de cal au niveau basale des boutures. Ce résultat a été très remarquable en T2.

Tableau n°5 : Développement de la partie racinaire des boutures

Stade	Nombre de jours après le démarrage de l'essai	T0	T1	T2	T3
Gonflement des talons	20	11%	22%	37 %	26%
Initiation racinaire	30	19%	33%	59 %	26%



Figure n°20: Initiation racinaire selon le dosage de l'hormone (AIB) (Benaricha et Kadous, 2020)

D'après ces résultats résumés dans la figure n°21, nous avons constaté que T1 à été favorable pour une très bonne folliogénèse. En ce qui concerne le développement racinaire, T2 a été la plus performant par rapport aux autres tests.

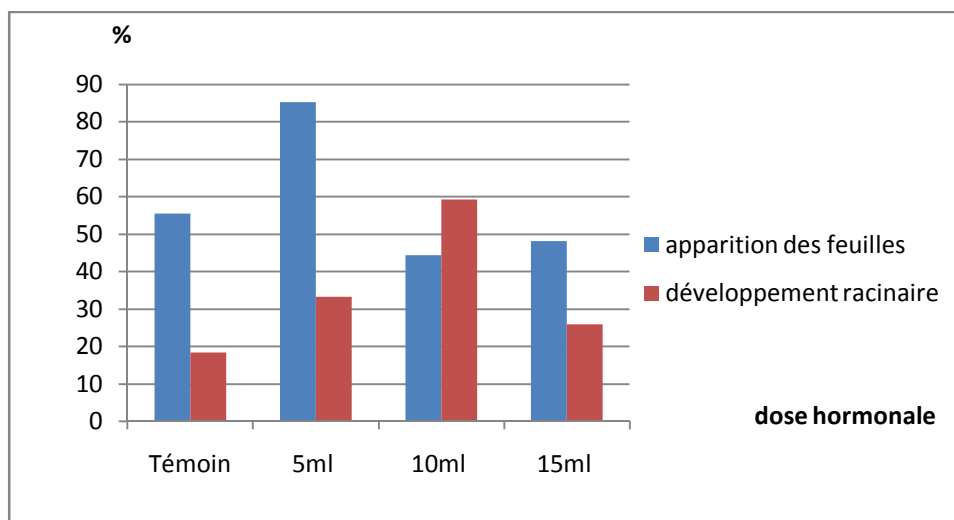


Figure n°21 : L'apparition des feuilles et le développement racinaire selon des boutures du GF677, en fonction de la dose hormonale (AIB)

2- Les paramètres physico-chimiques

Durant la période de l'expérimentation, nous avons mesuré quotidiennement la température et l'humidité.et hebdomadairement le pH et C.E à 10h.

Ces paramètres sont récapitulés dans les histogrammes qui suivent :

2.1. Température à l'intérieur de la serre, de l'eau dans le système et l'humidité dans l'ambiance des racines (voir annexe).

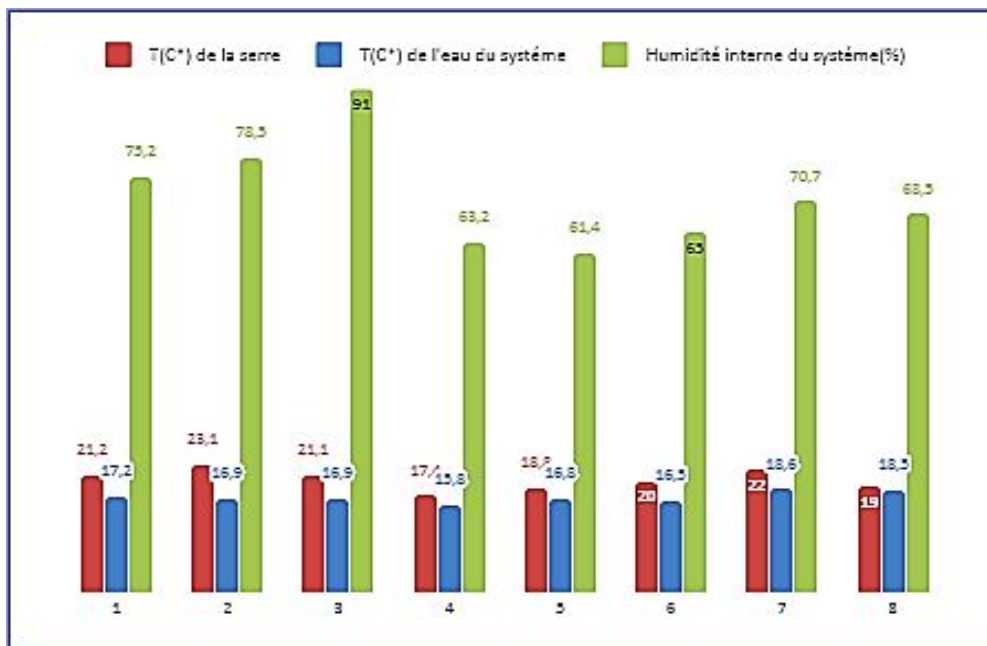


Figure n°22 : Moyenne des paramètres physiques enregistrés durant la période de l'essai.

Durant l'expérimentation, les températures moyennes varient entre 17C° et 23C° ce qui semble relativement élevé par rapport à la période Février Mars.

Les températures dans une serre augmentent de manière aléatoire, ce qui a incité l'étiollement et la croissance de la partie aérienne. Ce qui a causé un ralentissement dans la formation des racines.

Au début de l'essai, nous avons utilisé un thermoplongeur branché couplé d'un thermostat, dans le but de maintenir la température du réservoir de manière stable à entre 18 et 20C°.

Car au début de l'essai (19/02/2020), l'eau était trop froide ce qui pouvait endommager la partie racinaire, et vers la fin de la période d'expérimentation (09/04/2020), les températures se sont stabilisées autour de 18°C environ.

Les trois premières semaines, l'humidité a fluctué de 75,2% à 91%, ce qui a favorisé l'organogenèse foliaire en T0 et T1. A partir de la 4^{ème} semaine, il y a eu diminution de la température de l'eau du système ainsi que du taux d'humidité, ce qui a favorisé une très bonne rhizogenèse mais plus particulièrement en T2.

2.2. Le pH et C.E

Le pH et la C.E ont été mesurés une fois par semaine, mais compte tenu des circonstances, les mesures ont été prises que pendant les quatre premières semaines.

Le pH et la conductivité étaient presque stable (Figure n°23), s'explique par le fait qu'il n'y avait aucun apport à l'eau d'irrigation, en éléments nutritifs qui pourrait modifier la solution, c'est la raison pour laquelle nous avons observé des chloroses (jaunissement) au niveau des feuilles chez toutes les boutures. (Figure n°24)

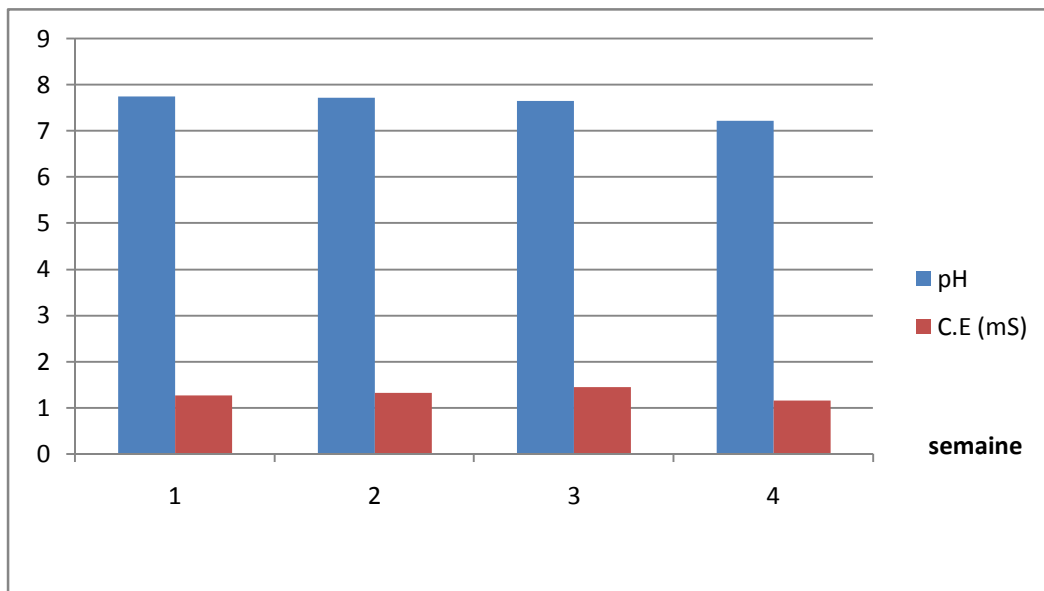


Figure n °23 : Evolution du pH et de la CE de l'eau du réservoir



Figure n° 24 : Symptôme de chlorose sur feuille (Benaricha et Kadous, 2020)

3. Les contaminations

Après 40 jours de l'étude, et suite à l'absence de mesures de sécurité au niveau de la serre (absence de restriction pour le personnel étranger : autre étudiants, ouvrier...), des contaminations de différentes natures, ont été déclenché, une grande proportion de plants ont été attaqués par des espèces fongiques et bactériennes (Figure n°25). Du mycélium et du mucus gélatineux se sont développés sur la seule partie basale de la bouture, causant l'arrêt de l'évolution des racines, et entraînant souvent leur pourrissement.



Figure n°25 : Attaque des agents fongiques et bactériennes au niveau de la partie inférieure des boutures (assise racinaire) (Benaricha et Kadous, 2020)

4. Discussion

Notre expérience est une continuation d'une expérience antérieure réalisée par Benkhamallah et Toumi (2019). Le système aéroponique a été adopté et maintenu mais, nous avons utilisé la phytohormone de l'AIB, au lieu de la GA3.

Le suivi du déroulement de l'essai nous a permis de constater une différence entre nos résultats obtenus et celles de Benkhamallah et Toumi (2019), résumées dans le tableau qui suit :

Tableau n°6 : Comparaison entre les résultats obtenus avec l'AIB et la GA3

Stade phénologique	Nombre de jours après le démarrage de l'essai	
	AIB	GA3
Débourrement des bourgeons	5	10
Apparition des feuilles	12	17
Initiation racinaire	30	15

En utilisant l'hormone AIB, les bourgeons ont présenté un débourrement dès le 5^{ème} jour de l'essai chez le T0 et le T1. Tandis qu'en utilisant la GA3, le débourrement des bourgeons n'a commencé qu'après 10 jours.

Chez les boutures traitées à l'AIB, la vitesse de développement des feuilles a été remarquable, car les premières feuilles se sont apparues dès le 12^{ème} jour. Pour cette mesure, les auteurs Benkhamallah et Toumi (2019) signalent la folliogenèse à partir du 17 jours. Ces résultats nous permettent de dire que la phytohormone AIB stimule la folliogenèse du GF 677 plus rapidement par rapport à la GA3.

L'étude de Benkhamallah et Toumi (2019) a démontré que l'enracinement du GF677 réputé très difficile en hors-sol, pouvait être rapide en utilisant le GA3 et en maintenant les boutures dans les conditions idéales d'enracinement. Car, les premières racines sont apparues 15 jours après le lancement de l'étude, mais ne couvrant que 48% des boutures traitées. Par contre, l'utilisation de l'AIB, les boutures ont mis beaucoup de temps à s'enraciner, avec un taux d'enracinement moyen de 59 % pour le T2.

Généralement, et chez presque toutes les plantes, l'organogenèse débute par la formation de feuilles pour finir avec la stimulation de la rhizogenèse. Dans notre cas, l'espèce GF677 présente le cas contraire. Il s'est avéré que la folliogenèse en aéroponie retarde l'initiation de la rhizogenèse.

Il existe un antagonisme phénologique entre la rhizogenèse et la formation des feuilles, selon la nature de la phytohormone. Dans les conditions naturelles, les Rosacées à noyaux, les bourgeons qui débourent en premiers sont fructifères, puis viennent, presque simultanément les bourgeons foliaires et racinaires. Donc le développement des racines peut être accéléré par un traitement foliaire et racinaire avec l'hormone GA3, c'est là une hypothèse qu'il faut vérifier dans la littérature scientifique et à confirmer par des essais de dates d'application et de dose de cette phytohormone, ce serait une perspective d'étude pour la poursuite dans cette problématique.

Conclusion et perspectives

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif de cette étude qui est de concevoir un système aéroponique pour l'obtention des boutures racinées du GF677 (*Prunus Amygdalus X Prunus Persica*), et de collecter le maximum d'observation sur l'évolution et la viabilité de ces boutures.

Ce porte greffe présentant de précieux avantages, peut bien pousser sur des sols de faible fertilité. Le greffon devient vigoureux et productif. En outre il présente une tolérance modérée à la sécheresse et à l'asphyxie racinaire, ainsi qu'au calcaire actif.

Notre expérience était de multiplier le porte greffe GF677 et d'évaluer sa capacité rhizogénique (formation de boutures racinées *in vivo*), en utilisant une eau stérilisée par ozonisation, afin de limiter le développement des maladies fongiques et bactériennes.

Nous avons utilisé une auxine (Acide indole-3- butyrique) afin de stimuler l'enracinement de ces boutures, et avons testé différentes doses T0 (témoin), T1 (5 ml), T2 (10 ml), T3 (15 ml).

Nous avons obtenu les résultats satisfaisants en fonction de la concentration de la phytohormone testée :

- Réussite du système aéroponique réalisé dans une serre dont les équipements de contrôles non opérationnels, et où les conditions ne sont pas stériles ;
- C'est le T1 qui a donné les meilleurs résultats, par rapport aux autres tests, concernant la biomasse foliaire ;
- Le taux le plus élevé d'initiation racinaire est observé chez le T2 avec 59%.

Notre expérimentation a été sujet de contamination répétée, suite au dysfonctionnement du système hydraulique au niveau de la serre. La désinfection des boutures et du système n'a pu être effectuée d'une manière correcte et efficace, ce qui a provoqué l'arrêt de cet essai précocement au moment où le système racinaire a commencé à se développer.

A la lumière de ces résultats obtenus et suite aux notations que nous avons faites au cours de l'essai, nous considérons que notre étude n'est qu'une étude préliminaire qui nécessite d'être complétée par d'autres recherches.

Pour poursuivre et avancer dans cet axe, nous préconisons les perspectives suivantes :

- ✓ Utilisation d'une solution nutritive selon les besoins du stade phénologique;
- ✓ Essais hormonaux de complémentarité pour limiter les antagonismes entre les racines et les feuilles;
- ✓ Protection de l'expérience par des traitements préventifs ;
- ✓ Contrôle des paramètres climatiques du lieu expérimental (température, humidité et ombrage).
- ✓ Isolement sanitaire du site expérimental, contrôle de son accès.

Références

Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alain Vitre, 2003 -fondements et principes du hors-sol : Doc V 3.1 HRS 12 Ind. 10p.
- Allen J. Coombes, 2011- l'encyclopédie des 600 plus beau arbres du monde, Flammarion édition.
- Ammer M, 1999 - performance og Hansen, GF655, and GF677 peach roos=tstocks for rooting with use of IBA Under green house condition.
- APG III, 2003- An update of The Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. Botanical journal of the Linnean Society, 141.
- APG III, 2009- An update of The Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical journal of the Linnean Society, 161.
- Aubert et Milhet, 2007- conventional sampling methods for fruit aromas.
- Baraka, 2016 - étude phénologique, morphologique et pomologique des Sept variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) existantes dans la région de Boukhmissa (M'Sila). Thèse de master académique production végétale et environnement, faculté des sciences, filière science agronomique, université Mohamed Boudiaf- Msila.
- Barbeau G et Baduami, 2010 - les hybrides Amandier X pêcher naturels du sud Marocain, p1.
- Belbachir, M, 2017 - production de fourrage par technique hydroponique. Cas de l'orge à Sidi Mdjahed, commune de beni bousaid. Thèse master Agr, université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen. Pp 9.
- Benkhaamallah et Toumi, 2019- mise au point de la multiplication du porte-greffe GF677 (*Prunus Amygdalus X Prunus Persica*) en hors-sol- thèse de master production végétale, faculté des sciences, filière sciences agronomiques, université de Djilali Liabes Sidi Bel Abbès.
- Bortiri et al, 2006- Phylogenetic analysis of morphology in *Prunus* reveals extensive
- Boufares K, 2012- Comportement des trois variétés de pomme de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique [en ligne] Mémoire du diplôme de magister : Agronomie : Tlemcen : Université Aboubekr Belkaid, 81p.
- Brosse A, 2010 - la rousse des arbres : dictionnaire de 1600 arbres et arbuste botanique.
- Cervantes, J, 2012- Culture en intérieure. Mama édition, 7 rue Pétiou, 75011 Paris (France).

- Chaouia C, 2003 - etude du comportement de quelques variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca L.*).
- Chouard P et Renaud V, 1961- Mise au point de cultures hydroponiques au Sahara : premiers résultats obtenus CR. Acad. Agr. Fr., 47p : 922- 1013.
- Djina-Caporalino et al, 2009 - gestion des nématodes à galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives, l'atout des plantes pièges.
- Dudley H, 1983- Hydroponic : growing plants without soil.Ed.David and Charles Ltd-U.K218p.
- Duval H, 2015- Use of *Prunus* genetic diversity for peach rootstock. Acta Hort. 1084:277-282.
- Grasselly, 1987 -première observation sur le comportement de l'hybride pêcher X amandier GF677 comme porte-greffe des variétés d'amandier, 179- 193p.
- Haloui Fatima Zohra, 2018- mise au point de la culture in vitro pour la reproduction du porte-greffe GF677 destiné à l'amandier, thèse de master production végétale, faculté des sciences, filière science agronomique, université Djilali Liabes Sidi bel Abbès.
- Hatzailazarou, S et al, 2004- economou pesticide dissipation in the green house environment during hydroponic cultivation of gerbera; ISHS Acta Horticulturae 639: XXVI international horticultural congress : expanding roles for horticulture in improving human Well-Being and life Quality.
- Hidaka et al, 2008- Additive effects of Les produits de combustion (gaz brûlés) en dégagent de la chaleur homoplasy. Plant Syst Evol. 259:53-71.identification of garden and cultivated plants. University of New South Wales Press, Sydney, Australia
- IMIST, 2013- Bulletin de l'IMIST d'information technologique N°25 p9.
- Institut national de la recherche agronomique de bordeaux (INRA), 2017 : unité de génétique et d'amélioration des fruits et légumes
- Janick, 2011- the encyclopedia of fruits and nuts.
- Kahia, A et Boudari, I, 2019- Comparaison entre la culture hydroponique et la culture naturelle de l'orge (*Hordeum vulgare L.*). thèse de master agro, université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B-B-A, p8.
- Lee S, Wen J, 2001- a phylogenetic analysis of *Prunus* and the *Amygdaloideae* (*Rosaceae*) using ITS sequences of nuclear ribosomal DNA.

- Liana-Melania, 2010- New brugnone cultivars which improve the roumanian fruit assortment vol XV(XLWI).
- Lyphout J, 2015- purin d'ortie et extraits végétaux, édition Ulmer p14.
- Marouani A, 2011- Manuel de botanique appliqué.
- Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des pêches maritimes, 2006- les porte-greffes des arbres fruitiers adaptés aux conditions marocaines.
- Ministère de l'Agriculture, 1930 - commission d'études des ennemis des arbres, des bois abattus et des bois mis en œuvre, Bulletin n° 4, le pourridiés des arbres fruitiers et forestiers, p275.
- Morard P, 1995- Les cultures végétales hors sol Ed. Lavoisier, 208p.
- More et White, 2013- encyclopédie des arbres plus de 1800 espèces et variétés du monde, Flammarion édition.
- Nelson, 2003- Behavioral Evidence on the Effects of Principles-and Rules-Based Standards.Accounting Horizons: March 2003.
- Référentiel technique, 2017 - pour la culture de l'amandier en Provence- Alpes- Côte d'Azur, 50p : p17.
- Rehder A, 1940- Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America: exclusive of the subtropical and warmer temperate regions, The Macmillan Company edn. The MacMillan company, New York, United States.
- Reynders S, Salesses G, 1990- Study on the genetic relationships within the subgenus *Prunophora*. Restriction maps of the ribosomal genes in *P. cerasifera* and *P. spinosa*. Acta Hort. 283:13-26.
- Robertson, KR 1974- The genera of the *Rosaceae* in southeastern United States. J Arnold Arbor. 55:611-662.
- Samarakoon et al, 2006-Effect of Electrical Conductivity [EC] of the Nutrient Solution on Nutrient Uptake, Growth and Yield of Leaf Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Stationary Culture. Tropical Agricultural Research 18(1): 13-21p.
- Si Bennasseur, 2005 - référentiel pour la conduite technique de l'amandier (*Prunus Amygdalus batsh*)
- Snoussi, SA, 1980 - caractérisation de quelques substrats disponible dans la région d'Alger en vue de leurs utilisations en cultures hydroponiques. Thèse Ing Agro INA. Alger. Pp 6

- Sonneveld, C et Voogt, W., 2009- Plant Nutrition of Greenhouse Crops. New York, USA: Springer.
- Spencer et al, 1995-Horticultural flora of south-eastern Australia volume 3: The
- Stocklin, E, 2002- Dossier de presse Newfarm : saveurs à cueillir. 2-4p.
- Taiz, L et Zeiger, E, 1998- Plant physiology. 2nd edition. Sinauer Associates Publishers, Sunderland. Massachusetts.
- Texier, W, 2015- l'hydroponie pour tous, les dix clés de l'horticulture à la maison. Mama édition, 7 rue Pétiou, 75011 Paris (France).
- Thiault.J.F ; 2004 - la maîtrise de la culture hors sol. Bulletin Détail, n 215. ED. CTIFL.ISSN 0758-4334.
- Urban L, 2010- La production sous serre tomate 2 l'irrigation fertilisante en culture hors sol. Paris. 233p.
- Watkins R, 1976- Cherry, plum, peach, apricot and almond. In: Simmonds NW (ed) Evolution of crop plants. Longman, London and New York, pp 242-247.
- Yohan H, 2014- cultiver ses légumes hors-sol- guide pratique du potager productif en ville. Ulmer édition broché p3.
- Yu et al, 2007- Validation of *Prunus hainanensis* (*Rosaceae*). Nord J Bot. 25:31-32.
- Zerkout, M, 2015- Essai de valorisation des eaux usées traitées en cultures hydroponique. Thèse de master, production végétal et système expert en agro pédologie, Faculté des sciences : filières sciences agronomiques, université 20 Aout 1955- Skikda.

- **Webographie**

- Site web n°01 : (<http://www.fao.org/faostat/fr/#data>)
- Site web n° 02 : ([http://dans monjardin.ca/humidite-relative-déficit-pression-vapeur/](http://dansmonjardin.ca/humidite-relative-deficit-pression-vapeur/)).
- Site web n° 03 : (<https://www.clinisciences.com/achat/cat-regulateurs-de-croissance-des-plantes->)

Annexe

Annexe 1 : préparation de la solution mère

- Peser 30 mg de la phytohormone AIB ;
- diluée l'AIB dans 6 ml d'éthanol ;
- Compléter par 24 ml d'eau distillé ;
- Mettre le bécher sous agitation ;
- Transférer la solution dans un flacon puis le ranger au réfrigérateur.

Annexe 2 : préparation des solutions filles :

- Concentration 1 : 5 ml de solution mère + 500 ml d'eau distillé (T1) ;
- Concentration 2 : 10 ml de solution mère + 500 ml d'eau distillé (T2) ;
- Concentration 3 : 15 ml de solution mère + 500 ml d'eau distillé (T3).

Annexe 3 : Tableau n°7: Moyennes des paramètres physique enregistrés durant la période d'essai.

Semaine	Température de la serre (C°)	Température de l'eau du système (C°)	Humidité interne du système (%)
1	21.2	17.2	75.2
2	23.1	16.9	78.5
3	21.1	16.9	91
4	17.4	15.8	63.2
5	18.8	16.8	61.4
6	20	16.5	65
7	22	18.6	70.7
8	19	18.5	68.5

Annexe 4 : Tableau n°8 : mesures du pH et de la CE de l'eau durant la période d'essai

semaine	pH	CE (mS)
1	7.74	1.256
2	7.71	1.314
3	7.64	1.441
4	7.21	1.153