

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 20 Août 1955 Skikda
Faculté des Sciences
Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Systèmes de production agro-écologique

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Agronomie

Thème :

Essai de multiplication végétative sous serre de nébulisation avec traitement hormonal des espèces exotiques en vue de production de plants (Cas de Litchi : *Litchi chinensis* Sonn., 1782)

Présenté par :

- ALOUANE Rahma
- BAOUTI Ilhem
- BENYOUCEF Faiza

Membres de Jury :

M ^{me} : OUDJANE Faiza (MCA)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M ^r : HAFSI Zakaria (MCB)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M ^{me} : SAYED Ibtissem (MCB)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022

Dédicaces

Ce mémoire est dédié A :

Ma famille, A qui je ne montre mon affection que trop rarement.

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices leur amour, leurs tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

Mes chères sœurs : Imene et Bessema, pour leurs encouragements et leur soutien moral.

Mon cher frère Walid, pour son appui et ses encouragements.

Ma deuxième famille, en particulier mon fiancé je les remercie pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de mon parcours universitaire.

Enfin, je remercie mes collègues : Rahma et faiza, et je leur souhaite encore plus de succès.

Ilhem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mon trésor éternel et raison de ma vie, symbole du
sacrifice, mon très cher père.

A ma mère, sens d'amour et de tendresse.

A ma précieuse sœur Kholoud

A mon cher frère Zakaria

A mes deux grandes familles

A mes chères amies

A ma promotrice et mon trinôme

A tous ceux qui ont contribué à ce travail

Rahma

Dédicaces

Ce mémoire est dédié à :

Ma famille

Ma mère et mon père qui m'ont soutenu moralement et
financièrement

Mes frères : Anis et Alaa pour leur amitié

Ma sœur : Chaima pour son aide et sa disponibilité

Je ne vous remercierai jamais assez

Tous mes amies et mes camarades particulièrement :
Ilham, Rahma je leur souhaite beaucoup de courage, de
réussite et un brillant avenir

Faïza

Remerciements

Nous remercions « Allah » le tout puissant qui nous a donné la force et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Nos remerciements particuliers vont à notre promotrice M^{me} SAYED Ibtissem Maître de conférences B au département d'agronomie (Faculté des sciences - université de Skikda) pour sa confiance et sa patience et pour avoir accepté de diriger ce modeste travail, nous lui exprimons nos sentiments de reconnaissances les plus sincères pour sa précieuse aide ses encouragements et ses conseils.

Nous tenons à remercier également M^{me} OUDJANE Faïza Maître de conférences A au département d'agronomie (Faculté des sciences - Université de Skikda) pour avoir accepté de présider le jury.

Nos remerciements vont aussi à M^r HAFSI Zakaria Maître de conférences B au département d'agronomie (Faculté des sciences - Université de Skikda) pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier aussi la directrice de l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne "I.T.A.F.V." et tous ses employés pour leur aide et pour l'accueil chaleureux qu'ils nous ont réservé.

Enfin, nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements vont à toute personne qui a participé de près ou de loin dans la réalisation de notre travail.

LISTE DES TABLEAUX

N°	TITRE	PAGE
Tableau 01	Exigences du litchi selon les stades de développement	26

LISTE DES FIGURES

N°	TITRE	PAGE
Figure 01	Drageon à tige feuillée issue d'un bourgeon adventif racinaire	03
Figure 02	Bulbilles	04
Figure 03	Tubercules	04
Figure 04	Marcottage d'un arbuste	05
Figure 05	Marcottage d'un figuier	06
Figure 06	Bouturage au bois sec	06
Figure 07	Coupe en biseau du greffon	08
Figure 08	Feuilles de litchi	24
Figure 09	Fleurs de litchi	24
Figure 10	Fruits de litchi	24
Figure 11	Localisation de l'ITAFV de Skikda	28

LISTE DES PHOTOS

N°	TITRE	PAGE
Photo 01	Hormone de rhizogenèse - IZORAN	35
Photo 02	Mise en sacs plastiques des substrats culturaux	37
Photos 03, 04, 05	Préparation de la différente concentration et de la solution hormonale	39
Photos 06, 07	Trempe des boutures dans les différentes solutions hormonales	40
Photos 08, 09	Implantation des boutures dans leur unité expérimentale correspondante	41
Photo 09	Implantation des boutures dans leur unité expérimentale correspondante	41

LISTE DES ABREVIATIONS

LAA : Acide indole-acétique

ABA : Acide abscissique

AIB : Acide Indole butyrique

ITAFV : Institut technique d'Arboriculture Fruitière et la vigne

IBA : Indole-3-butyric acide

IAA : Indole acétique acide

NAA : Acide naphthalène acétique

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	
REMERCIEMENTS	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES PHOTOS	
LISTE DES ABREVIATIONS	
TABLE DES MATIERES	
RESUME	
INTRODUCTION GENERALE	01
PREMIER PARTIE - RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I – MULTIPLICATION VEGETATIVE	
I.1. Définition	03
I.2. Modalités de multiplication végétative	03
I.2.1. Multiplication végétative naturelle	04
I.2.1.1. Drageons	04
I.2.1.2. Bulbilles	04
I.2.1.3. Tubercules	05
I.2.2. Multiplication végétative artificielle	05
I.2.2.1. Eclatage ou division ou fragmentation	05
I.2.2.2. Marcottage	06
I.2.2.3. Bouturage	07
I.2.2.4. Greffage	08
I.2.2.5. Micro propagation par culture in vitro	10
A. Culture de méristème	10
B. Culture de cellules	11
C. Culture d'embryons	11
I.2.2.6. Autres techniques	11
I.3. Avantages de la multiplication végétative	12
I.3.1. Maintenir des génotypes supérieurs	12
I.3.2. Surmonter les problèmes posés par la germination et le stockage	12

1.3.3. Provoquer une floraison et une fructification plus précoces	13
1.3.4. Combiner plusieurs génotypes dans une seule plante	13
1.3.5. Contrôler certaines phases du développement	13
1.3.6. Uniformité des plantations	14
1.4. Inconvénients de la multiplication végétative	14
CHAPITRE II - PHYTOHORMONES ET REGULATION DE CROISSANCE	
II.1. Phytohormones	15
II.1.1. Définition	15
II.1.2. Historique	16
II.1.3. Quelques phytohormones	16
II.1.3.1. Cytokinines	17
II.1.3.2. Acide abscissique	18
II.1.3.3. Auxines	18
II.1.3.4. Gibbérellines	18
II.1.3.5. Ethylène	19
II.3. Formes d'hormones d'enracinement	19
II.3.1. Gels	19
II.3.2. Poudres	19
II.3.3. Liquides	19
II.4. Domaines d'utilisation des régulateurs de croissance en agriculture	20
II.4.1. Multiplication végétative	20
II.4.2. Activation de la fusion du porte-greffe avec le greffon	20
II.4.3. Augmentation de la ramification latéral	20
II.4.4. Réduction de la croissance des calendula juvéniles sur les arbres fruitiers	21
II.4.5. Accélération de la maturation des fruits	21
II.4.6. Levée de dormance des germes et des graines	21
CHAPITRE III – BOUTURAGE HERBACE	
III.1. Définition	22
III.2. Principaux facteurs de réussite	22
III.2.1. Facteurs génétiques	22
III.2.2. Facteurs endogènes	22
III.3. Avantages et inconvénients	23

III.3.1. Avantages	23
III.3.2. Inconvénients	23
III.4. Technique de multiplication des agrumes par bouturage herbacé	23
III.4.1. Propagation à partir des boutures herbacées	23
III.4.2. Infrastructures et équipements	23
III.4.2.1. Serre de nébulisation ou brumisation	23
III.4.2.2. Serre à durcissement ou endurcissement	23
III.4.3. Prélèvement des boutures	24
III.4.3.1. Epoque de prélèvement des boutures	24
III.4.4. Préparation des boutures	24
III.4.4.1. Traitement hormonal des boutures	24
III.4.4.2. Mise en place des boutures	24
III.4.4.3. Etapes de la rhizogenèse	25
III.4.5. Durcissement des boutures	25
CHAPITRE IV- GENERALITES SUR LE LITCHI (<i>Litchi chinensis</i> Sonn.)	
IV.1. Botanique	26
IV.2. Description	27
IV.3. Multiplication	28
IV.3.1. Par semis	28
IV.3.2. Par marcottage	28
IV.3.3. Par greffage	29
IV.4. Culture	29
IV.5. Récolte, rendement	30
IV.6. Maladies et ennemis	31
PARTIE ETUDE EXPERIMENTALE	
CHAPITRE I – MILIEU D’ETUDE	
I.1. Localisation géographique	32
I.2. Présentation	32
I.3. Espèce et variétés fruitières	33
I.4. Missions de la ferme de démonstration de l’ITAFV de Skikda	33
I.5. Travaux effectués dans les différents parcs de L’ITAFV de Skikda	33
I.6. Contraintes posées par l’ITAFV	34

CHAPITRE II – MATERIELS ET METHODES	
II.1. Matériel utilisée	35
II.2. Hormone de bouturage	35
II.3. Substrats de culture	36
II.4. Matériel végétal – Choix des plants mères	37
II.5. Méthodologie de travail	38
II.5.1. Prélèvement des boutures	38
II.5.2. Préparation des boutures	39
II.5.3. Préparation des solutions hormonales	39
II.5.4. Traitements hormonaux des boutures	40
II.5.5. Mise en place des boutures	40
II.5.6. Dispositif expérimental	41
II.6. Conduite de la culture, suivi de l’essai et prise de données	42
CHAPITRE III – RESULTATS ET DISCUSSION	
CONCLUSION GENERALE	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	48

INTRODUCTION GENERALE

La plupart des espèces exotiques du jardin botanique de notre département de sciences agronomique à l'université de Skikda connaissent de plus en plus de difficultés de régénération liées aux contraintes environnementales et anthropiques (**AKPAVI et al., 2012 ; OUEDRAOGO et al., 2006 ; WEZEL et LYKKE, 2006**). Des problèmes d'établissement et de développement des jeunes plants ont été observés pour pas mal d'espèces exotiques existantes lors des travaux d'essais de multiplication de ces espèces pour l'augmentation de la taille de leurs populations afin de les préserver et pourquoi pas les propager.

L'efficacité de la régénération séminale est limitée pour de nombreuses espèces, à cause des conditions climatiques de plus en plus rudes et des pressions anthropiques qui détériorent les habitats (**MASSE et al., 2015 ; OUEDRAOGO et al., 2006 ; BELLEFONTAINE et al., 2000**). La régénération naturelle de ces espèces pouvant avoir une importance sur le plan socioéconomique national, est confrontée à de multiples contraintes environnementales, notamment les sécheresses récurrentes et les pressions anthropiques.

Il s'avère donc nécessaire d'explorer d'autres techniques, notamment celles de la multiplication végétative à faible coût (**BELLEFONTAINE et al., 2016 ; BELLEFONTAINE et al., 2015 a ; BELLEFONTAINE et al., 2015 b ; MEUNIER et al., 2006 ; BELLEFONTAINE, 2005**) afin de contribuer au maintien et à la pré-domestication de ces espèces à usages multiples.

On sait depuis quelques années que la multiplication végétative joue un rôle important dans le maintien de la composante arbustive et arborée (**MEUNIER et al., 2006 ; BATIONO et al., 2005-a ; BATIONO et al., 2005-b ; BELLEFONTAINE, 2005 ; BATIONO et al., 2001 ; BELLEFONTAINE, 1997**). Cependant, le potentiel de régénération végétative de nombreuses de ces espèces exotiques est insuffisamment connu (**BELLEFONTAINE et al., 2015-a ; MEUNIER et al., 2008 ; BELLEFONTAINE, 1997**).

Des formes de multiplication végétative comme le marcottage, l'induction du drageonnage ou le bouturage de segments de racines sont faiblement valorisées et connaissent dans la majorité des cas des essais réalisés des échecs dont les causes sont souvent présentées sous forme d'hypothèses ou mal connus. (**BELLEFONTAINE et al., 2016 ; CHAVAN et al., 2015 ; BELLEFONTAINE et al., 2013 ; MISHRA et DEVENDRA, 2013 ; MOUPELA et al., 2013 ; MEUNIER et al., 2006 ; ANEGBEH et al., 2005 ; BATIONO et al., 2005-a ; TCHIO et KENGUE, 1998 ; BELEM, 1993, BELEM et al., 2008**).

Pourtant, ces techniques sont très peu coûteuses et facilement assimilables. La régénération végétative est plus accessible aux petits producteurs, s'ils ont la connaissance, que la régénération séminale confrontée à la faible disponibilité des semences forestières de qualité et aux coûts élevés de celles-ci (**TRAORE, 2015**).

L'objet de la présente étude est de tester la multiplication végétative par bouturage herbacé d'une des espèces exotiques caractérisant le patrimoine génétiques de notre jardin botanique qui est bien le litchi localement menacée par disparition suite au nombre très faible des représentants de cette espèce qui est de l'ordre d'un seul individu souffrant d'un nombre de problèmes d'ordre physiologique et phytosanitaire.

Cette étude vise un objectif à long terme pouvant avoir un poids sur le plan socioéconomique qui est bien afin de favoriser dans un futur proche la domestication à moindre coût de cette espèce par les communautés locales. De cet objectif, nous avons formulé nos hypothèses et notre procédure expérimentale basées sur la réaction de l'espèce retenue vis-à-vis des hormones de régulation de croissance et vis-à-vis de la nature des substrats culturels utilisés ainsi que l'état et les caractéristiques des boutures utilisées pour la propagation.

Pour cela quatre types de boutures prélevées, trois types de substrats et différentes concentrations de l'hormone de rhizogenèse ont fait objets de notre expérimentation réalisée pendant la période printanière de l'année 2022 au sein des serres de nébulisation de l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne.

Première partie

Recherche bibliographique

Chapitre I
Multiplication végétative

CHAPITRE I – MULTIPLICATION VEGETATIVE

Tous les êtres vivants ont un caractère commun celui de pouvoir se reproduire. Divers processus ont été développés mais, malgré leur diversité, ils peuvent être regroupés en deux grands types : *le premier* est la reproduction sexuée, faisant intervenir des structures reproductrices particulières ; et *le second* est la reproduction asexuée, ou multiplication végétative par laquelle un organisme est capable d'en générer un autre en intervenant de structures reproductrices spécifiques.

I.1. Définition

La multiplication végétative, appelée aussi reproduction végétative, est un mode de multiplication permettant aux organismes végétaux de se multiplier sans reproduction sexuée (Biogénèse végétale). D'un point de vue génétique, il s'agit d'un mode de multiplication asexuée qui engendre de nouveaux individus possédant le même génome et qui sont donc des clones, si bien qu'on parle aussi de production clonale. La reproduction sexuée donne quant à elle de nouveaux individus possédant un nouveau génome, mélange de celui des deux parents (JAENICKE, 2003).

La multiplication végétative consiste à faire une copie exacte du génome de la plante mère pour la perpétuer dans de nouveaux individus. Si c'est faisable, c'est parce que les végétaux, contrairement aux animaux et aux êtres humains, possèdent au départ des cellules méristématiques indifférenciées qui peuvent se différencier par la suite pour constituer les divers organes nécessaires pour former une nouvelle plante. Ainsi donc, un morceau de pousse, de racine ou de feuille peut se développer pour former une nouvelle plante contenant exactement les mêmes informations génétiques que la plante initiale (JAENICKE, 2003).

Tandis que la reproduction sexuée par voie semencière laisse le champ libre aux variations et au progrès de l'évolution, la multiplication végétative a pour but la reproduction identique de plantes possédant des caractères désirables (productivité élevée, qualité supérieure, bonne tolérance au stress biotique ou abiotique) et, de ce fait, elle est inestimable si l'on veut perpétuer un caractère privilégié d'une génération à l'autre. Cette méthode, pratiquée sur les arbres fruitiers sur le pourtour de la Méditerranée depuis les temps bibliques, conserve aujourd'hui toute sa valeur pour la domestication des ligneux (JAENICKE, 2003).

Les principales méthodes de multiplication végétative des ligneux sont la multiplication par bouturage de tiges ou de racines, le greffage et l'écussonnage, ainsi que diverses méthodes et techniques de marcottage et de micropropagation (JAENICKE, 2003).

I.2. Modalités de multiplication végétative

I.2.1. Multiplication végétative naturelle

Certains végétaux se multiplient naturellement sans passer par la reproduction sexuée. Un nouvel individu se forme à partir d'un organe de la plante "mère".

I.2.1.1. Drageons

C'est une tige feuillée issue d'un bourgeon adventif racinaire et assurant la multiplication végétative de l'individu qui le met en place (Figure 01).

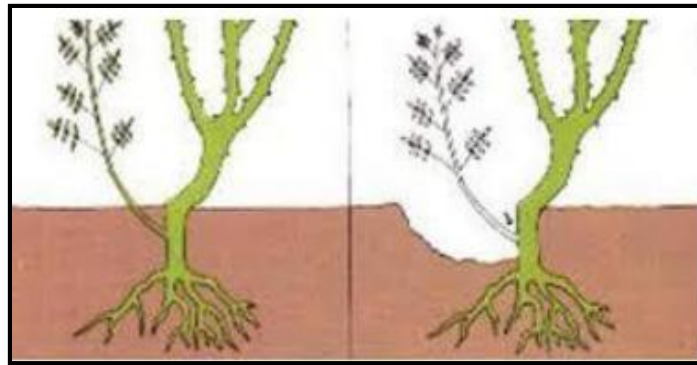


Figure 01 - Drageon ou tige feuillée issue d'un bourgeon adventif racinaire

I.2.1.2. Bulbilles

Ce sont des bourgeons dormants, charnus, transformés en véritables petits bulbes riches en réserves (Figure 02). Ils restent à l'état de vie ralentie tant qu'ils sont portés par la plante qui les a formés. Une fois tombés sur le sol, chacun d'eux se développe en un nouvel individu. Ces bulbilles assurent un bouturage naturel.



Figure 02 - Bulbilles à l'état de vie ralentie sur leur plante

I.2.1.3. Tubercules

C'est un renflement des axes végétaux (Figure 3), surtout souterrains (racines, rhizomes), riche en substances de réserve. Grâce à leur passage à l'état de vie ralentie pendant la mauvaise saison et à leur réserve, les tubercules assurent à la fois la pérennité et la multiplication de nombreuses espèces. Ce sont des tubercules de racines, de stolons, de rhizomes ou des tubercules mixtes.



Figure 03 - Tubercules

I.2.2. Multiplication végétative artificielle

La multiplication végétative artificielle est assurée par l'homme.

I.2.2.1. Eclatage ou division ou fragmentation

En se fragmentant, certains végétaux peuvent se multiplier végétativement. Ceci est la forme la plus simple de multiplication végétative que l'on retrouve chez les thallophytes et les cormophytes. Eclater une plante consiste à la fragmenter en plusieurs parties, chacune possédant racines et tiges ou au moins racines et bourgeons (exemple : séparer les tubercules d'un plant de pomme de terre).

Pour le maraîchage (artichaut par exemple), on attend la fin de la production, puis on prélève les plants poussés aux aisselles des feuilles du bas et on les mets à raciner en conteneur ou en pépinière après avoir coupé les 2/3 des grandes feuilles pour empêcher la déshydratation du plant. Le prélèvement se fait avec une serpette en enlevant une mince couche de la tige sur laquelle pousse le plant. Comme on le ferait pour une bouture à talon (JAENICKE, 2003).

I.2.2.2. Marcottage

Cette technique de multiplication, analogue au bouturage, présente sur cette dernière l'avantage que les rameaux ne sont détachés de la plante-mère qu'après l'apparition de racines. Le marcottage permet donc de faciliter l'enracinement des espèces qui s'enracinent difficilement. Son taux de multiplication est inférieur à celui du bouturage, mais en revanche il peut produire des plants de plus grande taille.

Pour marcotter un arbuste, il suffit de mettre une ou plusieurs de ses tiges en contact avec de la terre, sans même les détacher de la plante mère, et d'attendre que des racines naissent de ces tiges (Figure 4). On peut ainsi obtenir de nouveaux plants, et se procurer des végétaux difficiles à trouver en pépinière (JAENICKE, 2003).



Figure 04 - Marcottage d'un arbuste

Il faut en moyenne une dizaine de semaines avant que les racines atteignent la longueur voulue pour qu'on puisse procéder à la transplantation. Pour le vérifier, il suffit de déterrer très délicatement la partie enfouie de la tige. Il est important de ne jamais tirer sur les plants nouvellement marcottés, car les jeunes racines sont fragiles.



Figure 05 - Marcottage du figuier

I.2.2.3. Bouturage

Les boutures sont des morceaux de plantes coupés possédant au moins un nœud. Diverses parties de la plante peuvent servir de bouture : tiges, racines, feuilles. Les boutures sont placées dans un milieu d'enracinement approprié, à forte humidité, jusqu'à l'apparition de racines et de pousses. La multiplication végétative par bouturage peut donner un taux de multiplication élevé et produit des plantes dotées de leur propre système racinaire (JAENICKE, 2003).

Le bouturage permet de créer, à partir d'un fragment de tige ou de racine, d'une feuille ou d'un bourgeon, une plante semblable à celle dont provient cet organe. Une réaction d'auto-défense permet à toute partie détachée d'un végétal de cicatriser la lésion existant au point de séparation. Une intense activité cellulaire, provoquée par des hormones spécifiques, obture rapidement la blessure d'une sorte de bourrelet appelé "cal" (masse de cellules indifférenciées) sur lequel, en conditions propices, des racines adventives ne tardent pas à apparaître.



Figure 06 – Bouturage au bois sec

L'organe amputé devient dès lors capable de se nourrir et de se développer en croissant comme une plante nouvelle. Cette dernière reproduit fidèlement toutes les caractéristiques génétiques de la plante-mère.

D'une manière générale, il existe deux types de bouturage (JAENICKE, 2003) :

Bouturage ligneux

Consiste à mettre en terre une portion de végétal que l'on veut multiplier cette bouture va émettre des racines au niveau de la partie basale et développe des yeux sur la partie aérienne, la bouture reproduit fidèlement la variété à multiplier, la bouture ligneux est employé pour la multiplication de certaines porte greffe.

Chez les espèces à feuilles caduques il se pratique à l'automne et chez les espèces à feuilles persistantes il se pratique en printemps.

Bouturage herbacé

Consiste à provoquer l'enracinement de boutures feuillées prélevés sur des rameaux de l'année en cours de lignification, ce type de multiplication nécessite des infrastructures adéquates tel que la serre à nébulisation et la serre d'enracinement. Il consiste à placer des boutures feuillées dans des conditions qui les empêche de se déshydrater et qui favorise l'apparition de racine l'émission d'un brouillard artificielle dans l'air ambiant et sur les cultures et créer un milieu saturé en eau ceci permet d'éviter une élevé de la température et permet aux cellules des tissus de garder leur turgescence.

I.2.2.4. Greffage

Le greffage permet de combiner plusieurs plantes. C'est la technique idéale lorsqu'un seul génotype ne permet pas de réunir tous les caractères recherchés, tels que la résistance aux nématodes du système racinaire ou un rendement élevé des parties aériennes (bois, feuilles, fruits).

Ce mode de multiplication végétative artificiel est également très ancien (Antiquité). Il s'appuie sur une compatibilité des métabolismes (secondaires en particulier) du greffon et du porte-greffe. Dans le cas d'une hétérogreffe (végétaux d'espèces différentes), l'individu nouvellement créé est une chimère dont le comportement et les réactions au milieu sont différents de ceux des deux partenaires de la greffe. Le greffage ne constitue pas toujours une méthode de multiplication végétative mais est souvent utilisée seulement pour améliorer un rendement de production (ou la qualité de celle-ci) (JAENICKE, 2003).

Le greffage est une opération qui consiste à souder une portion de végétal (rameau ou bourgeon) sur un autre végétal qui lui servira de support nourricier. Le but du greffage est de propager rapidement les diverses qualités de la variété d'où est tiré le greffon, le sujet ou porte-greffe conservant, vis-à-vis du sol, les avantages qui lui sont propres. On peut, de cette manière, cultiver certaines espèces en des stations où naturellement elles ne prospéreraient pas ou même seraient vouées à un dépérissement certain.

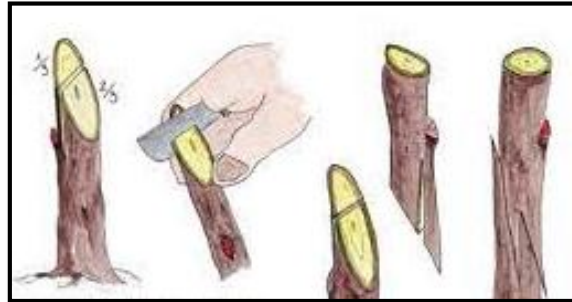


Figure 07 - Coupe en biseau du greffon

La reprise de la greffe a lieu lorsque, effectuée dans de bonnes conditions et aux époques voulues (mars-avril, août-septembre), l'opération réunit des sujets ayant entre eux une certaine affinité (JAENICKE, 2003).

Porte Greffe

C'est l'arbre qui supportera la greffe, donc la partie de tige ou l'œil d'un autre arbre (ou greffon), qui sera greffé sur lui.

Greffon

C'est la partie de tige ou l'œil de la variété d'arbre choisie.

Pendant le greffage, les zones vascularisées du greffon et porte-greffe s'accolent afin que la sève brute du porte-greffe parvienne au greffon dépourvu de racines. D'autre part, le contact entre les cambiums libéro-ligneux de l'un et de l'autre est nécessaire pour la réalisation de la soudure entre les deux éléments. C'est pour ces raisons que seuls les végétaux qui possèdent des formations secondaires importantes sont concernés par le greffage : les Dicotylédones.

On distingue : greffe en fente, greffe anglaise, greffe en biseau, greffe en couronne et greffe en écusson.

I.2.2.5. Micropropagation par culture in vitro

Ce concept recouvre toutes les formes de culture de tissus et de micropropagation. Ce qui singularise cette technique, c'est le fait que les plantes sont développées à partir de cellules uniques ou de tissus cultivés en milieu stérile. Elle donne un taux de multiplication très élevé, de sorte qu'à partir d'une seule plante on peut produire des milliers de nouvelles plantes «filles». Toutefois, elle exige au départ de lourds investissements en termes de matériel et de formation. C'est pourquoi on n'y recourt généralement que pour la multiplication d'arbres présentant un intérêt particulier en raison de leur valeur commerciale.

La multiplication végétative in vitro consiste à prélever un fragment d'organe de la plante, à le placer dans un milieu approprié de façon à ce que ce fragment puisse régénérer une plante entière. Le fragment peut être un morceau de limbe, de tige, un bourgeon ... Le processus de régénération de la plante est sous le contrôle de substances particulières, les régulateurs de croissance, anciennement appelés hormones végétales (phytohormone) (JAENICKE, 2003).

Pour être une phytohormone, une substance doit être :

- endogène (c'est-à-dire non fournie par l'environnement)
- oligodynamique (c'est-à-dire agir à faible dose, de l'ordre de la micromole)
- vectrice d'une information (apportée à une cellule cible sélectivement sensible à son action et dont elle influence le fonctionnement).

A. Culture de méristèmes

Il s'agit de la *micro-propagation*. On prélève des méristèmes dont les facultés de régénération sont meilleures que pour d'autres tissus plus différenciés. Cette méthode est par conséquent beaucoup plus efficace que la culture d'explants et donne des rendements très élevés puisque les méristèmes sont des structures indemnes de virus, dont la culture *in vitro* permet d'obtenir des plantes saines.

B. Culture de cellules

Elle est tout à fait possible, qu'elle se fasse à partir de cellules complètes ou de protoplastes.

C. Culture d'embryons

A partir d'explants appropriés et de milieux de culture adéquats, on peut maintenir dans les cellules d'un tissu cultivé *in vitro* les potentialités embryogénèse. Les formations obtenues sont appelées embryons somatiques par opposition aux embryons zygotiques qui sont issus de la reproduction sexuée. L'embryon somatique est génétiquement identique à la plante mère (JAENICKE, 2003).

1.2.2.6. Autres techniques

Les arbres et arbustes peuvent aussi être multipliés à partir de stolons courts ou par apomixie. Les stolons courts sont des pousses latérales qui se développent à la base de la tige chez certaines plantes. Ils sont importants en agroforesterie parce qu'ils assurent la multiplication des monocotylédones tels que les palmiers. Ils sont détachés de la plante-mère avec les racines et peuvent être mis en pot immédiatement ou, si les racines sont insuffisantes, ils peuvent être traités comme une bouture de tige placée dans un propagateur. On peut provoquer l'apparition de stolons courts en raccourcissant la tige principale, ce qui a pour effet de briser la dominance apicale de la plante-mère, qui est habituellement très forte (JAENICKE, 2003).

L'apomixie est un processus commun à certaines plantes, d'où le processus sexuel normal qui mène à la formation de zygotes est absent. L'embryon se développe à partir d'une cellule haploïde ou diploïde au sein des structures reproductives (nucelle, sac embryonnaire ou œuf produit sans avoir subi de division réductionnelle).

La forme la plus connue d'apomixie est l'embryonie adventive, processus par lequel des embryons se différencient à partir de cellules du nucelle ou du sac embryonnaire. Ces embryons sont diploïdes et sont une réplique exacte de la plante mère. Les graines ainsi obtenues possèdent souvent plusieurs embryons (polyembryonie), l'un d'eux s'étant développé par reproduction sexuée, les autres étant d'origine apomictique. Cette forme d'apomixie se manifeste chez certaines espèces d'arbres fruitiers (agrumes et mangues). Il est possible qu'elle survienne assez fréquemment chez les espèces non domestiquées, mais ceci reste à prouver (JAENICKE, 2003).

L'intérêt de l'apomixie est qu'elle produit des graines clonées. Les plantes qui germent à partir de graines apomictiques passent par les mêmes stades de développement que les plantules obtenues par reproduction sexuée. C'est donc l'espèce qui déterminera l'utilité de cette forme de multiplication en horticulture. Si par exemple on a besoin de jeunes plants vigoureux, pour la production de bois d'œuvre notamment, cette forme de multiplication clonale s'avérera souhaitable.

La production de propagules apomictiques est également intéressante si l'on considère les coûts de production de plantes clonales ; en effet, dans la plupart des cas la production de propagules par ce biais est meilleur marché que la production de propagules végétatives (JAENICKE, 2003).

1.3. Avantages de la multiplication végétative

1.3.1. Maintenir des génotypes supérieurs

La plupart des essences tropicales sont exogènes, ce qui signifie que lors de la recombinaison des gènes durant la reproduction sexuée de nombreux caractères importants peuvent disparaître. La multiplication végétative permet, dès qu'un arbre exceptionnel a été repéré par des exploitants agricoles ou des chercheurs, d'en fixer l'information génétique, ce qui permet de reproduire ce même spécimen au cours de la génération suivante (NOZERAN, 2022).

1.3.2. Surmonter les problèmes posés par la germination et le stockage

Certaines essences donnent des fruits sans graines, notamment certains cultivars d'agrumes, et doivent donc être multipliées végétativement, tandis que d'autres portent peu de fruits ou en portent de manière imprévisible. De nombreuses espèces tropicales produisent des graines récalcitrantes qui exigent des traitements spéciaux souvent pénibles. En pareil cas, la multiplication végétative peut remplacer avantageusement la production de plantules, tout en s'avérant moins onéreuse (NOZERAN, 2022).

1.3.3. Provoquer une floraison et une fructification plus précoces

L'un des intérêts essentiels de la multiplication végétative est le raccourcissement du cycle reproductif de l'arbre. Ceci revêt une importance particulière lorsque les fleurs, les fruits ou les graines sont les produits désirés. La multiplication végétative s'effectue généralement à partir de scions ou de boutures d'arbres parvenus à maturité, qui conserveront les caractères qui accompagnent cette maturité après greffage ou enracinement (NOZERAN, 2022).

1.3.4. Combiner plusieurs génotypes dans une seule plante

Le greffage est une manière inédite de combiner dans une seule plante les caractères de plusieurs. Des scions possédant des caractéristiques particulières, par exemple en ce qui concerne la fructification, peuvent être greffés sur des sujets possédant d'autres propriétés désirables, comme par exemple la résistance aux nématodes. Il est également possible de greffer plusieurs cultivars sur une même tige, notamment pour allonger ou étaler leur période de fructification en greffant sur un même arbre des variétés précoces et des variétés tardives. L'introduction d'une branche pollinisatrice sur l'arbre femelle est une possibilité pour les espèces dioïques (NOZERAN, 2022).

1.3.5. Contrôler certaines phases du développement

Une plante passe par plusieurs phases successives que l'on peut distinguer par la vigueur de la croissance et la floraison. Les jeunes plantes sont vigoureuses, ont une forte dominance apicale et se régénèrent aisément par multiplication végétative. Les plantes matures manquent de vigueur, se ramifient beaucoup et donnent des fleurs. Elles ne se régénèrent pas facilement par multiplication végétative. On peut aussi définir des degrés de maturité intermédiaires.

La multiplication végétative perpétue la phase de maturité de la plante-mère. La fixation de ce stade de développement de l'arbre peut présenter des avantages économiques, notamment dans le cas des arbres fruitiers qui fleurissent rapidement après le greffage, si le greffon a été prélevé sur un arbre mature, ou d'arbres de haute futaie qui conservent leur vigueur juvénile s'ils sont enracinés à l'état de bouture prélevée sur une jeune plante. On notera toutefois que certaines formes de multiplication végétative, notamment les boutures racinaires, donnent toujours des plantes jeunes (NOZERAN, 2022).

1.3.6. Uniformité des plantations

Pour de nombreuses espèces exploitées à des fins commerciales, l'uniformité de la croissance ou de la période de fructification est importante sur le plan économique.

1.4. Inconvénients de la multiplication végétative

- Trop forte propagation de certaines variétés au détriment d'autres peut aussi réduire la Biodiversité.
- Comme les individus obtenus sont identiques à l'individu de départ, en cas de maladie, par Exemple, tous les individus disparaissent (**NOZERAN, 2022**).

Chapitre II
Phytohormones et
régulation de croissance

CHAPITRE II - PHYTOHORMONES ET REGULATION DE CROISSANCE

Les hormones végétales ou phytohormones jouent un rôle important dans la formation des cals et la différenciation en nouvelles racines ou tissus vasculaires. Les hormones végétales sont des substances chimiques que l'on trouve chez les plantes à l'état naturel à de très faibles concentrations. Outre les hormones naturelles endogènes, il existe plusieurs substances synthétiques ou naturelles qui produisent des effets analogues.

Ces substances, ainsi que les hormones végétales, sont généralement regroupées sous le terme générique «régulateurs de croissance». Il existe cinq grands groupes d'hormones végétales et de régulateurs de croissance que l'on peut distinguer par leurs effets dominants.

II.1. Phytohormones**II.1.1. Définition**

Une phytohormone, ou hormone végétale, est une hormone produite par une plante, c'est une substance chimique organique qui régule la croissance végétale ou qui intervient dans la communication entre individus végétaux différents (un arbre stressé peut émettre une hormone informant d'autres arbres qu'une cause de stress est présente).

Ce stimulus peut augmenter la production de tanins ou de molécules défensives de la plante réceptrice). On parle parfois d'hormones de stress pour décrire les molécules émises par des plantes en état de manque d'eau ou blessée, lesquelles peuvent attirer des prédateurs, mais aussi les prédateurs de ces prédateurs (**LABERCHE, 2010**).

Pour qu'une substance soit qualifiée d'une phytohormone elle doit être :

- Endogène (c'est -à -dire non fournie par l'environnement).
- Oligodynamique (c'est-à-dire agir à faible dose, de l'ordre de la micromole).
- Vectrice d'une information (apportée à une cellule cible sélectivement sensible à son action et dont elle influence le fonctionnement).

Ce sont ces exigences qui permettent de faire la distinction entre une phytohormone et une substance trophique. Les hormones végétales sont regroupées en cinq familles principales auxquelles s'ajoutent d'autres groupes qui interviennent également dans le contrôle du développement de la plante.

Ces hormones appartiennent à des familles chimiques très variées et peuvent avoir des fonctions multiples. Les premières molécules identifiées ont été les auxines, les gibbérellines, l'acide abscissique, les cytokinines, l'éthylène et depuis peu d'autres molécules comme les brassin-stéroïdes, l'acide jasmonique, l'acide salicylique ou encore des prolamines et des oligosaccharides (LABERCHE, 2010).

II.1.2. Historique

Grâce à la découverte de la première auxine dans la plante d'avoine, le scientifique américain **FRANCIS DARWIN** est allé en **1928**, quand il a été découvert que le sommet du pédoncule sécrète l'auxine qui conduit à son allongement. On pense qu'il se déplace biochimiquement de ses centres de formation à concentration élevée vers d'autres endroits de concentration faible ou complètement libre, en commençant par le sommet terminal du groupe végétatif et en se terminant à la base inférieure du groupe racinaire chez les plantes sur pied. La face supérieure des tiges et la racine vers leur face inférieure, ce qui fait plier les plantes à mesure qu'elles s'allongent et grandissent.

En **1935**, **THIMAN-M** isola l'acide indole-acétique (IAA) du milieu de culture *Rhizopus* et en détermina la composition chimique. Plus tard, plusieurs substances à noyaux indole et non indole furent découvertes avec une activité oxène dans les tissus végétaux.

En **1941**, les scientifiques **VAN DVERBEEK** et **BLAKESLEE** ont découvert des cytokinines dans le lait de coco, et ont été trouvés pour stimuler la division cellulaire végétale lorsqu'ils sont ajoutés au milieu nutritif pour la culture tissulaire.

En **1955**, les scientifiques **MILLER** et **SKOOG** ont pu isoler la kinétine du tissu de tubes de verre in vitro propagés par le tabac. En **1965**, le terme cytokinine a été utilisé pour la première fois par les scientifiques **SKOOG** et **COLL** pour désigner des composés naturels ou synthétiques qui ont un effet stimulant sur la division cellulaire.

En **1926**, le scientifique **KUROSAWA** a découvert une coïncidence de gibbérellines dans l'extrait du champignon *Gibberella fujikuroi*, ce qui provoque un allongement anormal des distances entre les nœuds de la plante de riz infectée par ce champignon, et le chercheur **YABUTO** a pu isoler la gibbérelline sous forme cristalline du champignon mentionné. À ce jour, environ 52 espèces de gibbérelline GA1GA52 ont été isolées et identifiées.

En **1901**, il a été possible de déterminer l'effet de l'éthylène sur la réduction de l'allongement de la croissance végétative, et en **1935** par le scientifique **CROCHERET** et d'autres, l'éthylène a été classé comme un gaz hormonal unique pouvant accélérer la maturation et la chute des fruits.

En **1965**, **ADICOTTE** et d'autres ont isolé l'acide abscissique (ABA) des noix de coton et a été trouvé pour provoquer la chute des fruits de coton. Il a également été isolé de la plante de lupin en 1965 par le scientifique **WAIN**.

II.1.3. Quelques phytohormones

II.1.3.1. Cytokinines

Les cytokinines ont été originellement découvertes dans les années **1950** par **CARLOS MILLER** par leur capacité à promouvoir la division cellulaire. Depuis, de nombreuses études ont montré que les cytokinines sont impliquées dans divers processus cellulaires, la germination, la sénescence foliaire et le fonctionnement des méristèmes apical et racinaire. Mais leurs implications dans les processus de nodulations chez les légumineuses, d'interactions avec les pathogènes et dans les rythmes circadiens ont également été proposées (**TO et KIEBER 2008**).

Les cytokinines sont présentes à l'état naturel dans l'endosperme des plantes. Elles régulent la division cellulaire et induisent la néoformation des bourgeons et des pousses. Les cytokinines naturelles comprennent la kinétine et la zéatine. Il existe aussi un grand nombre de cytokinines synthétiques. L'équilibre entre les auxines et les cytokinines est crucial pour la multiplication des végétaux.

Un coefficient élevé auxines/cytokinines favorise la formation de racines adventives, tandis qu'un faible coefficient auxines/cytokinines favorise la formation de bourgeons adventifs. Les boutures d'espèces contenant de fortes concentrations de cytokinines à l'état naturel sont plus difficiles à enraciner que les espèces à faible concentration.

II.1.3.2. Acide abscissique

L'acide abscissique est un inhibiteur de croissance. Il est responsable de la formation de couches d'abscission dans les bourgeons et les feuilles. Il régule également la fermeture des stomates et contrôle l'absorption de l'eau et des ions par les racines. C'est un antagoniste naturel des cytokinines. L'acide abscissique pourrait jouer un rôle dans la multiplication des végétaux ; toutefois, ce rôle n'est pas encore clair (**HAMLAT, 1995**).

L'acide abscissique (ABA) est un régulateur important de la croissance et du développement de la plante, spécialement lorsque celle-ci est soumise à des conditions environnementales défavorables. Cette phytohormone participe à la maturation de la graine et peut prolonger la dormance de celle-ci si les conditions environnementales ne sont pas optimales pour initier la germination.

De plus, l'ABA peut suspendre la croissance d'une jeune plantule si celle-ci subit un stress, afin de reprendre la croissance lorsque les conditions de croissance redeviennent favorables. L'ABA protège aussi les plantes matures contre divers stress extérieurs, une augmentation de la salinité des sols, le froid, la sécheresse et l'attaque de pathogènes, en induisant diverses réponses physiologiques (**HAMLAT, 1995**). Ainsi, les changements dans les voies de biosynthèse ou de catabolisme de l'acide abscissique sont très importants dans la régulation de la teneur de cette phytohormone.

II.1.3.3. Auxines

Les auxines sont des substances qui stimulent la croissance des végétaux et contribuent à des concentrations élevées, elles peuvent inhiber la croissance des bourgeons latéraux. En plus d'être utilisées comme régulateurs de croissances, les auxines peuvent aussi agir comme herbicides (2, 4-D, etc.) (**HAMLAT, 1995**).

II.1.3.4. Gibbérellines

Cette classe de phytohormones a été découverte en 1938 lors de l'isolement d'un champignon pathogène, *Gibberella fujikuroi*, qui provoque sur des plants de riz une élongation de la tige conduisant à la verse des cultures. Lors de la «Révolution verte» dans les années 1960-1970, des nouvelles variétés de riz ont été adoptées, caractérisées par une tige courte.

Ces variétés résultent de mutations dans les gènes de biosynthèse des gibbérellines et permettent ainsi une mobilisation des ressources de la plante pour la production de grains. Les gibbérellines sont impliquées dans le développement de la graine, l'élongation des organes et le contrôle de la floraison (**HAUSSAT et al., 1980**).

II.1.3.5. Ethylène

L'éthylène est un gaz produit par les fruits qui mûrissent et les plantes sénescentes. Les recherches menées jusqu'ici ont mis en évidence les effets contradictoires de l'éthylène sur la formation de racines adventives. Il semblerait que l'éthylène endogène ne participe pas directement à l'enracinement des boutures.

II.3. Formes d'hormones d'enracinement

II.3.1. Gels

Parmi les produits disponibles au format gel, le plus célèbre est le fameux Clonex. Il s'agit d'une sorte de gel gluant à appliquer directement sur la branche aussitôt après avoir hydraté les boutures et avant de les placer dans le substrat définitif (**HAUSSAT et al., 1980**).

II.3.2. Poudres

Les hormones d'enracinement au format poudre sont peu utilisées car peu pratiques. Appliquées en excès, elles peuvent même empêcher la formation de racine. Si vous optez pour ce format, appliquez 1 cm de produit à la base de la branche et secouez-la pour en retirer le surplus (**HAUSSAT et al., 1980**).

II.3.3. Liquides

Les hormones d'enracinement au format liquide s'utilisent en plongeant la base de la bouture dans le récipient, puis en la rinçant à l'eau avant de la planter. Cette option implique deux opérations par bouture, si bien qu'elle est souvent écartée par les cultivateurs qui en prélèvent beaucoup (**HAUSSAT et al., 1980**).

II.4. Domaines d'utilisation des régulateurs de croissance en agriculture

Les domaines de leurs utilisations peuvent être résumés comme suit :

II.4.1. Multiplication végétative

Les régulateurs de croissance sont utilisés pour enraciner les boutures d'un grand nombre de types différents d'arbres fruitiers et de plantes et de leurs variétés, en les préparant sous forme de solutions aqueuses de différentes concentrations allant de 100 à 5000 parties par million, ou sous forme de poudres avec des concentrations comprises entre 100 et 200 parties par million, ou de pommades à la lanoline. Ses concentrations sont comprises entre 100 et 500 ppm.

L'acide indole butyrique est la meilleure auxine utilisée pour l'enracinement commercial des boutures, suivi de NAA, puis IAA. Il est également utilisé commercialement et expérimentalement dans la culture de nombreux tissus végétaux dans des laboratoires spécialisés (MARGARA, 1989).

II.4.2. Activation de la fusion du porte-greffe avec le greffon

En traitant les boutures ou plantules greffées sous forme de spray ou de graisse avec des auxines (IBA, IAA ou NAA) et des cytokinines ; Ceci afin d'augmenter les chances de succès du greffage en général (MARGARA, 1989).

II.4.3. Augmentation de la ramification latérale

En stimulant la croissance des pousses latérales et en réduisant la dominance apicale en utilisant des cytokinines, et en augmentant la ramification de la plantation dans les pépinières (MARGARA, 1989).

II.4.4. Réduction de la croissance des calendula juvéniles sur les arbres fruitiers

En utilisant la gibbérelline GA3, et à partir de l'apparition d'une deuxième floraison tardive qui peut exposer les fleurs au feu bactérien (MARGARA, 1989).

II.4.5. Accélération de la maturation des fruits

En augmentant leur taille et leur capacité de stockage ; en utilisant l'hormone éthylène, qui n'affecte les fruits qu'après leur croissance naturelle complète, et elle est disponible dans une certaine concentration et selon la variété de fruits. Sa forte concentration dans les tissus des fruits entraîne d'importants changements physiologiques, tels que l'augmentation de leur vitesse de respiration, la concentration de leurs composés aromatiques et l'intensification de leurs pigments croustillants, ce qui accélère leur maturation (MARGARA, 1989).

II.4.6. Levée de dormance des germes et des graines

En traitant les graines avec de la gibbérelline ou de la cytokinine, ce qui contribue à réduire la période de composition à froid, ou en les utilisant ensemble pour se passer du processus de composition au sable refroidi (MARGARA, 1989).

- En ce qui concerne l'utilisation d'inhibiteurs de croissance sur les arbres fruitiers, il existe un grand nombre de composés chimiques utilisés à grande échelle, par exemple mais sans s'y limiter, pour retarder la croissance ou pour réduire la taille des fruits ; Cela dépend du moment de la pulvérisation et de la concentration de l'inhibiteur. On a également constaté que l'utilisation de certains inhibiteurs conduit à empêcher la germination des graines pendant le stockage, et donc à augmenter la période de stockage et à réduire le pourcentage d'altération.
- De plus, l'utilisation de certaines substances de croissance augmente la capacité de la plante à résister à la sécheresse, ralentit le phénomène de vieillissement et augmente également la résistance au froid.

Chapitre III
Bouturage herbacé

CHAPITRE III – BOUTURAGE HERBACE

III.1. Définition

Le bouturage herbacé fait partie des boutures de tiges. En fonction de la maturité du végétal à bouturer, on distingue trois types de boutures de tiges : les boutures ligneuses, les boutures semi-ligneuses, et les boutures herbacées. Ces dernières, que l'on appelle également les boutures en vert, se font avec des tiges jeunes, encore tendres, n'ayant pas démarré le processus de lignification (transformation et durcissement des tissus).

Les boutures herbacées se font alors que la plante est en plein développement, généralement au printemps ou au début de l'été, contrairement aux boutures ligneuses qui se font en période de repos végétatif. Elles se pratiquent sur beaucoup de plantes vivaces et sur certains arbustes (MONTARONE *et al.*, 1997).

III.2. Principaux facteurs de réussite

III.2.1. Facteurs génétiques

Dépendent de l'aptitude de la plante, ou une partie d'elle à la rhizogenèse. Cette aptitude à la rhizogenèse varie avec les variétés et les structures anatomiques du végétal (CASINI, 1972 in WALALI *et al.*, 1990).

III.2.2. Facteurs endogènes

Assez mal définis, sont essentiellement sous la dépendance des facteurs trophiques comme le rapport C/N étudié par FADY et CHARLET (1972) in WALALI *et al.* (1990) et les facteurs hormonaux étroitement liés à l'équilibre hormonal des arbres pie-mère au moment du prélèvement des boutures (CASINI, 1972 in WALALI *et al.*, 1990).

III.3. Avantages et inconvénients

III.3.1. Avantages

- Grain de temps appréciable, économique et relativement facile.
- Production intensive de plantules identiques aux pieds-mères sur de petites surfaces.
- Les plants obtenus sont de bonne qualité et l'arbre rentre en production dès la 4^{ème} année de replantation (NAHLAWI, 1975 ; CANOZER et OZAHCI, 1994 ; SGHIR *et al.*, 2003, 2005).

III.3.2. Inconvénients

Il est incontestable que le bouturage herbacé présente des inconvénients comme toute autre méthode, ces inconvénients sont :

- Technicité et main d'œuvre qualifié.

III.4. Technique de multiplication des agrumes par bouturage herbacé

Ce mode de propagation répond à trois principaux objectifs :

- L'intensification de la production de plants.
- L'amélioration de la technique de récolte mécanique des olives.
- Les travaux d'amélioration (Sélections – variétale et Clonale).

III.4.1. Propagation à partir des boutures herbacées

- Le bouturage herbacé consiste à prélever sur des arbres étalons ou pieds-mères de jeunes rameaux feuillés d'une année en cours de lignification.
- Sous certaines conditions définies de température, d'humidité, on favorisera l'émission de racines de néoformation à la base des boutures.
- En stimulant la rhizogenèse par un trempage des boutures dans une solution hormonale rhizogène.

III.4.2. Infrastructures et équipements

III.4.2.1. Serre de nébulisation ou brumisation

Equipée de bacs ou tablettes à multiplication où seront placées les boutures. Les conditions du milieu sont contrôlées par :

- Chauffage de l'air ambiant et du substrat à partir de la circulation de l'eau chaude par thermosiphon ou des résistances électriques.
- Refroidissement de l'air effectué par un cooling et par ventilation.
- Humidification du milieu ambiant (proche de la saturation) à partir de brumisation d'eau au-dessus des boutures.

III.4.2.2. Serre à durcissement ou endurcissement

Avant de les transférer sur le milieu extérieur, les jeunes boutures racinées en provenance de la serre de brumisation, passent par une phase d'adaptation sous la serre de durcissement.

III.4.3. Prélèvement des boutures

Le prélèvement des boutures se fait sur des arbres étalons constituant un parc à bois présentant une authenticité variétale et un bon état phytosanitaire.

III.4.3.1. Epoque de prélèvement des boutures

Il existe deux périodes favorables pour le prélèvement des boutures à savoir :

- Printemps : Mars – Avril.
- Automne : Septembre – Octobre.

III.4.4. Préparation des boutures

- Les boutures doivent être préparées et mises en serre dans les heures qui suivent le prélèvement car au-delà de 36 à 48 heures le pourcentage de la rhizogenèse se dégrade.
- A partir d'un rameau de 40 à 50 cm on peut façonner 3 boutures de 10 à 12 cm de longueur avec 3 verticillés de feuille après avoir éliminé les parties basale et apicale du rameau.
- les boutures sont confectionnées en paquets de 25 pour faciliter leur manipulation.

III.4.4.1. Traitement hormonal des boutures

La base des boutures est trempée dans une solution hormonale rhizogène (AIB) acide Indole butyrique à une concentration de 3.000 à 6.000 ppm pour un temps de trempage de 6 à 10 secondes.

III.4.4.2. Mise en place des boutures

Les boutures traitées à l'hormone sont placées sur des tablettes à multiplication à raison de 500 à 600 boutures/m² la base de la bouture est enfouie dans le substrat constitué de perlite ou vermiculite.

III.4.4.3. Etapes de la rhizogenèse

Placées dans de telles conditions les racines se développent à la base des boutures en passant les par étapes suivantes :

- Entre le 8^{ème} et le 16^{ème} jour : formation d'un cal de cicatrisation.
- Entre le 16^{ème} et 20^{ème} jour : apparition des premières ébauches de racines.
- A partir du 30^{ème} jour : émission et croissance des racines.
- Au bout de 60 à 80 jours les boutures sont racinées.

III.4.5. Durcissement des boutures

Après émission des racines les boutures sont transférées sous serre de durcissement où on procède à l'habillage des racines, et le repiquage dans des sacs en plastiques d'une capacité de 1 ou 5 litres en utilisant un substrat composé de :

- Terre franche : 60 %.
- Tourbe : 20 %.
- Fumier bien décomposé : 20 %.
- Séjour sous serre de durcissement dure 2 à 3 mois.
- Soins d'entretien se limitent à des arrosages et éventuellement des traitements fongiques.
- Les plants seront sortis lorsque les conditions climatiques le permettent.

Les distances recommandées sont 0,80 m à 1 m entre les rangs et 0,40 m sur le rang. Les plants vont séjourner pendant 12 à 14 mois avant d'être transplantées en verger.

Chapitre IV
Généralités sur le Litchi
(Litchi Chínensis Sonn.)

CHAPITRE IV- GENERALITES SUR LE LITCHI (*Litchi Chinensis* Sonn.)**IV.1. Botanique**

Le litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) est un arbre fruitier subtropical indigène de régions sud de la Chine. Il est cultivé en Chine depuis au moins 4000 ans. Le litchi est un arbre persistant connu pour vivre plusieurs centaines d'années et qui atteint la hauteur de 14 mètres (ZEE et al., 1998 ; CHAPMAN, 1983 in RAMARSON, 2004). Il appartient à la famille des Sapindacées qui regroupe également des fruits exotiques.

Dans le genre litchi, deux espèces sont communément connues, *Litchi chinensis* Sonn. et *Litchi philippinensis* Radlk. *Litchi chinensis* Sonn. est la seule espèce de valeur commerciale. Il existe plusieurs dizaines de variétés de litchis dans le monde. Une confusion existe dans leur classification et leur dénomination. Toutes les variétés peuvent être divisées en trois groupes : Mauritius, Chinese et Madras.

- ✓ Le groupe *Mauritius* est le plus commun, il comprend les variétés H.L.H Mauritius, Muzafarpur, Late Large Red, Hazipur, Saharanpur et Rose Scended.
- ✓ Le groupe *Chinese*, comprend des variétés aux rendements faibles mais de grande qualité, Haak Yip, Shang Shou Huai, Kontad, Glutinour Rice et Three Months Red.
- ✓ Le groupe *Madras*, comprend des variétés de litchi très rouges mais de basse qualité, Kafri, Shorts Seedless, Johnstone's favorite, Emmerson, Durbhanga, Maries, Mooragusha, Red Me Lean, et Bedana.

En Chine, la classification regroupe les variétés de litchi en 7groupes : Kwai May, Siu chi, Joun fuon, Sam ut hung, Hak ip, No mai t'sz et Wai chee. Des tests biochimiques plus fins sont actuellement utilisés pour avoir une meilleure classification du litchi (ZEE et al., 1998 in RAMARSON, 2004). La principale variété du commerce international est Mauritius.

L'Afrique base son industrie essentiellement sur une variété, H.L.H. Mauritius. A Hawaï, c'est la variété locale Groff, dérivée de la variété Haak Yip, qui est réputée. A Taiwan, 90% de la production est représentée par la variété Haak Yip. L'Inde utilise des variétés locales. Les variétés les plus cultivées en Australie sont Tai so et Bengal (CHAPMAN, 1983 in RAMARSON, 2004)

Classification de Cronquist (1981)

Règne	Plantae
Sous-règne.	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Sapindaceae
Genre	Litchi
Espèce	<i>Litchi chinensis</i> Sonn, 1782

IV.2. Description

Arbre de taille moyenne qui peut atteindre jusqu'à 20 m de hauteur. Il se caractérise par un feuillage dense à feuilles composées de folioles elliptiques ou lancéolées de couleur verte foncée luisante dessus et grise verte dessous. Les fleurs de Litchi sont de très petite taille, de couleur : blanche jaunâtre ou verdâtre (CHAPMAN, 1983 in RAMARSON, 2004)



Figure 08 - Feuilles de litchi



Figure 09 - Fleurs de litchi

Les fruits sont rassemblés en grappes pendantes, chaque grappe compte de quelques unités à quelques dizaines de fruits. Chaque fruit a une forme ronde à ovale, voire en forme de cœur. Leur peau est à la fois fine et coriace, elle est d'abord de couleur verte, puis devient rouge, voire pourpre à maturité (CHAPMAN, 1983 in RAMARSON, 2004)



Figure 10 - Fruits de litchi

IV.3. Multiplication

IV.3.1. Par semis

Les Litchis peuvent se reproduire par graines, mais ce mode de multiplication malgré sa simplicité est peu employé. Les graines germent très rapidement et gardent peu de temps leur pouvoir germinatif. Dans le fruit la graine est protégée partiellement, mais dans une atmosphère sèche, la dessiccation rapide de l'arille, abrège la durée de protection. Par réfrigération les fruits retiennent leur fraîcheur beaucoup plus longtemps et ainsi les graines peuvent se conserver plusieurs semaines. On peut également conserver le fruit dans l'eau distillée, pendant deux à trois semaines (**CHAPMAN, 1983 in RAMARSON, 2004**)

IV.3.2. Par marcottage

Il est de coutume très ancienne en Chine, et cela s'est étendu à tous les pays où on cultive les Litchis, de pratiquer le marcottage et plus précisément le « marcottage aérien », connu à l'étranger sous le nom de « marcottage chinois ». Cette méthode consiste à découper sur une branche d'environ un an à un an et demi, un anneau d'écorce d'une largeur de 4-5 cm, sous un bourgeon. Le cambium ainsi mis à nu, après exposition à l'air pendant une journée pour permettre le séchage, est ensuite recouvert d'une boulette de compost composé de terreau, de sable et de bouse ; on maintient ce compost au moyen de ligaments et on arrose fréquemment (**CHAPMAN, 1983 in RAMARSON, 2004**)

Ordinairement le marcottage aérien est effectué au début d'une poussée de croissance active et plusieurs mois sont nécessaires pour qu'il y ait formation de racines. Après quoi on coupe la branche au-dessous de la marcotte et on transplante celle-ci dans un récipient.

La méthode de marcottage par étiolement, est applicable aussi dans le cas du Litchi. Ce n'est au demeurant qu'une sorte de marcottage plus économique : on part de marcottes qu'on place, inclinées à 30° sur l'horizontale, dans une tranchée; il apparaît des pousses qu'on recouvre de 12 à 15 cm. de terre à la base, après avoir enlevé à cet endroit un anneau d'écorce. Quand l'enracinement est assez développé, on détache les branches et on les met en place (LEROY, 2018).

IV.3.3. Par greffage

Le Litchi est aussi généralement reproduit au moyen du greffage par approche. Il était possible d'employer comme sujet le Longanier. Les plants obtenus sont plus vigoureux et de croissance plus rapide. La greffe en écusson sur le Longanier est possible, mais plus difficile. Le Litchi peut être également greffé sur *Litchi philippinensis* Radlk. dans l'espoir qu'une souche vigoureuse pourrait le faire fructifier.

IV.4. Culture

Le Litchi est un arbre à tempérament tropical : il exige une atmosphère humide, des chutes de pluies abondantes et l'absence complète de gelées. D'après Davis le jeune arbre ne supporte pas les températures basses ou tempérées et une température de 0°C lui est irrémédiablement fatale.

En Afrique l'arbre pousse jusqu'à 80 m d'altitude, il prospère particulièrement bien au-dessous de 70 m ; il est toujours souhaitable que la saison sèche coïncide avec la période de floraison. Pour ce qui est du sol, les éléments essentiels qu'exige le Litchi sont avant tout la fertilité et l'humidité. Dans les basses terres et dans les vallées, les Litchis prospèrent magnifiquement. Ils s'assurent ainsi toute l'eau dont ils ont besoin ; parfois même ils sont immergés. Sur les hautes terres la culture est plus difficile (LEROY, 2018).

Un sol humide donc, profond, alluvial comme les sols noirs de Chine près des cours d'eau ou dans les rizières, est tout à fait approprié aux besoins de cet arbre. Il semble d'ailleurs pouvoir s'adapter à certaines conditions assez différentes, les sols calcaires n'étant jamais très favorables. Les éléments fertilisants sont naturellement toujours recommandés, en particulier les engrais azotés, mais des expériences restent à faire sur cette question (LEROY, 2018).

A l'aide de procédés artificiels il est possible d'étendre l'aire de culture des Litchis en modifiant les mauvaises conditions naturelles ou en protégeant les plantes contre les éléments hostiles tels que le froid ou le vent. Les fumures, l'irrigation n'ont pas d'autre but. Mais on peut faire plus (LEROY, 2018).

Tableau 1. Exigences du litchi selon les stades de développement

Stade végétatif	Période	Situation climatique optimale
Croissance	Janvier à Février	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 28 à 30°C ➤ Forte humidité ➤ Précipitations abondantes
Repos végétatif	Avril à Juin	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Saison fraîche et sèche : ➤ Température : - 1°C à 4°C ➤ Pluviométrie : baisse d'au moins - 50%
Floraison	Juillet à Août	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 16 à 20°C ➤ Humidité moyenne ➤ Faibles précipitations
Nouaison	Septembre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 18 à 24°C ➤ Humidité moyenne ➤ Besoin en eau
Grossissement des fruits	Octobre à Décembre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Saison chaude et humide : ➤ 24 à 28°C ➤ Forte humidité ➤ Besoin en eau croissant ➤ Bon ensoleillement

IV.5. Récolte, rendement

Les fruits sont récoltés généralement vers mai - juin. Les arbres issus de graines fructifient au bout d'un laps de temps très variable ; ceux issus de marcottes, fleurissent fréquemment au bout de la première année, mais il est bon de supprimer ces fleurs pour empêcher un épuisement précoce. En général il faut attendre 3 ou 4 ans pour obtenir une récolte intéressante.

Un arbre en plein rapport donne de 100 à 150 kg de fruits par an. La longévité de ces arbres qui peut atteindre plusieurs siècles, est un facteur économique particulièrement intéressant. Un Litchi peut donner de bonnes récoltes pendant un siècle au moins (LEROY, 2018).

IV.6. Maladies et ennemis

Deudorix epijarbas Moore, insecte parasite mettant ses larves dans le jeune fruit en voie de formation ce dernier qui ne tarde pas à tomber avant maturité.

Tessarotoma papillosa Drur., un hémiptère, largement distribué en Orient dont ses nymphes attaquent les pédoncules des fruits et occasionnent de grands dégâts. Les adultes ayant hiverné s'éteignent progressivement pendant l'été, ils passent l'hiver rassemblés sur le feuillage du Litchi ou sur les arbres avoisinants.

Arbela lelraonis Moore, un insecte qui s'attaque spécialement au Litchi. La larve pénètre dans les arbres, généralement à l'articulation des branches, mange l'écorce et construit une couverture de soie et de fragments de bois à mesure qu'elle avance. La larve se nourrit de l'écorce et se nymphose dans les galeries (LEROY, 2018).

Les larves d'*Amblyrrhinus poricollis* Bah., *Plotheia celtis* Mo. et de *Thalassodes quadraria* Guen. : mangent les feuilles s'attaquent aux fruits et causent parfois de grands ravages. Ces larves se développent dans la chair du fruit et ne semblent pas affecter la graine directement, mais le fruit ne tarde pas à se fendiller, à s'ouvrir et ainsi à perdre toute valeur commerciale.

Fiorinia nephelii Mask, coccidie parasite acclimatée en Afrique du Nord qui, cause une maladie des feuilles appelée Erinose, à cause de l'analogie qu'elle présente avec l'Erinose du raisin et d'autres plantes (LEROY, 2018).

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre I
Milieu de l'étude

CHAPITRE I – MILIEU DE L'ETUDE

I.1. Localisation géographique

La ferme de démonstration de l'institut technique d'arboriculture fruitière et la vigne (ITAFV) de Skikda est située dans la commune d'Emjez Edchiche dans la daïra d'El-Harrouch, la wilaya de Skikda. Localisée à 36°42' N et 6°47' E (LEZGHED, 2018).

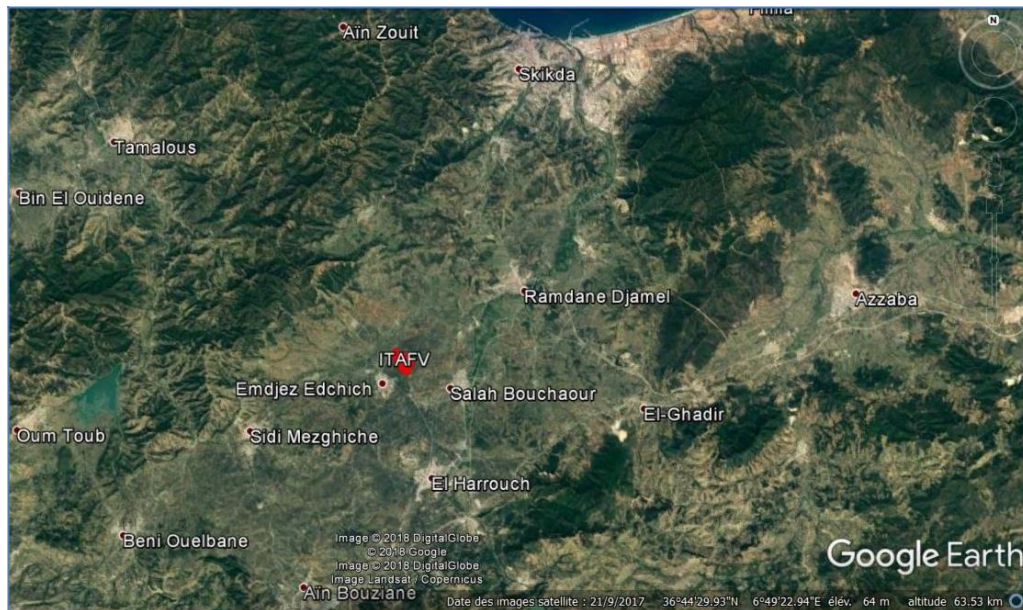


Figure 11 - Localisation de l'ITAFV de Skikda (LEZGHED, 2018).

I.2. Présentation

L'institut technique est un établissement public à caractère administratif à vocation scientifique et technique soumis au ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche. Sa fonction est la production de matériel végétal de reproduction. La ferme de démonstration a été créée par arrêté ministériel n°143 du 12/02/1989 issue de terres de la ferme pilote « BOURAOUI Mohamed ».

Elle s'étend sur une surface de 83 ha, dont 10 ha occupé par des bois, des parcours et une retenue collinaire, et 73 ha 12 ares de surface agricole utile. Les zones d'intervention de l'ITAFV de Skikda sont : Skikda, Annaba, Guelma, El Tarf et Souk Ahras (LEZGHED, 2018).

I.3. Espèce et variétés fruitières

Dans les vergers et parcs à bois, de la ferme de démonstration de l'ITAFV de Skikda, on trouve plusieurs espèces et variétés fruitières à savoir :

- ✓ Agrumes.
- ✓ Rosacées.
- ✓ Olivier.
- ✓ Vigne.
- ✓ Pistachier.
- ✓ Figuier.

I.4. Missions de la ferme de démonstration de l'ITAFV de Skikda

Les principales missions de la ferme de démonstration de l'ITAFV sont :

- Production de matériel végétal et reproduction pré-base et base.
- Installation de verger de démonstration qui sert d'appui à la production dans la circonscription.
- Suivi de l'itinéraire technique et établir une fiche technique valorisée en arboriculture et viticulture.
- Suivi et démonstration des techniques nouvelles.
- Essais de comportement des espèces et variétés en arboriculture et viticulture (verger de collection)
- Organisation des journées techniques.
- Participation aux foires et expositions d'intérêt local et régional.
- Assistance technique et suivi des programmes de développement des wilayas.

I.5. Travaux effectués dans les différents parcs de L'ITAFV de Skikda

En 2017 la station a réalisé 4000 greffes par deux ouvriers (ingénieurs + ouvriers agricoles spécialisés), ce nombre varie d'une année à une autre. Les travaux réalisés sont :

- Préparation du sol.
- Fertilisation.
- Irrigation.
- Taille.
- Traitement.

I.6. Contraintes posées par l'ITAFV

Malgré son importance et son rôle dans la recherche, la sauvegarde et le développement du patrimoine arboricole algérien, l'ITAFV de Skikda souffre de plusieurs carences :

- Faible subvention allouée à la station.
- Matériel insuffisant et souvent défectueux.
- Manque de personnel d'appui qualifié (greffeur et tailleur).

Chapitre II
Matériel et méthodes

CHAPITRE II – MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel utilisé

- Sécateur : un instrument à deux branches de fer ou d'acier, l'une terminée par une lame tranchante, l'autre par un croissant émoussé en biseau, formant point d'appui contre la branche que l'on coupe. Les manches élargis et évidés en coquille sont moins lourds, plus faciles à tenir et fatiguent moins la main (LEZGHED, 2018)
- Film plastique : pour éviter de dessécher les boutures pendant le processus de transfert
- Etiquette : pour assurer l'origine des boutures
- Sacs noirs en plastique polyéthylène pour la mise en culture des boutures après traitement hormonal
- Bicher : pour faciliter le trempage de la base de bouture
- Eprouvette
- Bec benzène pour la stérilisation du sécateur

II.2. Hormone de bouturage

C'est une préparation industrielle de matériaux d'auxine qui se trouve naturellement dans la plante, sans danger et qui sont utilisés en quantités appropriées. Elle porte le nom commercial : IZORAN.

Formule : Glucides, Acide Phényle acétique 06%, Acides Aminés, Bio 63%

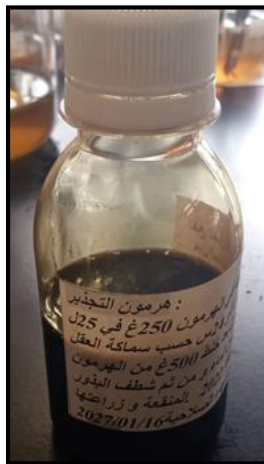


Photo 1. Hormone de rhizogénèse – IZORAN (Photo personnelle)

Actions

- Augmente considérablement les chances de réussite de la germination, car elle stimule la plante à produire des racines denses, de sorte qu'une plante forte pousse car elle a une racine forte qui peut la nourrir.
- Protège contre les champignons et les maladies qui peuvent survenir pendant la culture.
- Stimule la production des racines (favorise la rhizogenèse).

Mode d'emploi

Faire tremper les boutures avant plantation dans l'hormone 250 g dans 25 litres d'eau de 12 heures à 24 heures, selon l'épaisseur des boutures. Tremper les graines dans l'hormone après avoir mélangé 500 g d'hormone dissoute dans 10 litres d'eau puis rincer les graines.

II.3. Substrats de culture

Nous avons testé l'effet de trois types de substrats qui sont :

Premier support à base de fumier

Engrais organique naturel composé des débris d'organismes vivants. De nombreux agriculteurs comptent sur l'ajout d'engrais organique au sol, en évitant les engrais chimiques. Des microorganismes bénéfiques sont ajoutés au sol afin que l'engrais organique puisse se décomposer et libérer des nutriments sous une forme minérale facilement assimilable par les plantes. Le fumier utilisé est riche en azote, potassium, phosphore, calcium, phosphate, manganèse et soufre, qui sont tous nécessaires et utiles ; il est produit à partir de déjections animales en général, de restes d'os et de sang.

Deuxième support (Sable + Fumier)

Le sable est un matériau granulaire composé de particules (quartz, micas, feldspaths) issues de la dégradation de roche. Il possède alors des propriétés de deux états de matière différents, le solide et le liquide. Cet état alliant ces caractéristiques est nommé l'état granulaire, ici de l'eau est placée dans un récipient avec un certain angle. On remarque que la surface de l'eau reste horizontale.

Troisième support (Sable + Fumier + Terre ordinaire)

Le sol est le milieu naturel pour la croissance des plantes. Le sol a également été défini comme un corps naturel comprenant des couches (horizons) qui sont composées de matériaux altérés minéraux, de matières organiques, d'air et d'eau. Il fournit des nutriments, de l'eau et des minéraux aux plantes et aux arbres, emmagasine du carbone et abrite des milliards d'insectes, de petits animaux, de bactéries et de nombreux autres micro-organismes.



Photo 2. Mise en sacs plastiques des substrats cultureux (Photo personnelle)

II.4. Matériel végétal - Choix des plants-mères

Il s'agit d'un seul plant mère situé au jardin botanique du département d'agronomie de l'université 20 Aout 1955 – Skikda. C'est le dernier représentant de l'espèce *Litchi chinensis* Sonn. au sein de l'université et qui a servi d'origine de nos boutures utilisées pour notre travail expérimental.

C'est un plant âgé mesurait 5 m de hauteur environ pourvu de jeunes pousses pourvues de multiples ramifications et possédant suffisamment de pousses annuelles. Le plant ne reçoit pas les pratiques d'entretien nécessaires à savoir la fertilisation, la taille, les traitements phytosanitaire ce qui a fait de ce dernier un plant menacé de dégradation suite à son état physiologique et phytosanitaire médiocre. Les inflorescences montrent des taches noirâtres signe d'une attaque par une maladie cryptogamique.

Le nombre limité des représentants de l'espèce ce qui menace sa persistance au sein du jardin botanique et son état biologique et physiologique désastreux qui a affecté négativement sa productivité et sa reproduction sont les principaux facteurs pour lesquels nous avons choisi cette espèce comme sujet pour notre étude.

II.5. Méthodologie de travail

II.5.1. Prélèvement des boutures

- Les premières phases sont la sélection et le prélèvement des rameaux.
- Le choix doit être fait avec soins, c'est de sa qualité que dépendra la réussite du bouturage.
- Sur les agrumes, repérer les branches les plus droites avec des nœuds rapprochés et 8 à 9 feuilles.
- Avant de les couper, assurer bien que le rameau est sain, et qu'il n'est pas infesté.
- La meilleure période de prélèvement des rameaux qui coïncident avec l'activité physiologique végétative.
- Deux périodes sont favorables : le printemps (Mars, Avril), et l'automne (Septembre, Octobre) (**HABBAS, 2019**).

Pour notre cas, le prélèvement des boutures a été effectué durant la période de pleine activité de l'arbre de Litchi correspondant au début du mois de mars de l'année 2022. Ce dernier était en pleine période de floraison. Les boutures prélevées sont de 10 à 15 cm de longueur.

Les boutures prélevées correspondent aux : extrémités semi herbacées des nouvelles pousses de l'année ; tiges semi ligneuses ; tiges ligneuses dormantes et tiges ligneuses portant des bourgeons prêts à débourrer. Le prélèvement a été fait très tôt le matin à l'aide d'un sécateur bien désinfecté avec l'alcool.

Les boutures des différents lots ont été défoliées sur place, afin d'éviter leur déshydratation elles ont été placées dans un sac mouillé et ramenées rapidement au laboratoire du département d'agronomie.

II.5.2. Préparation des boutures

Une fois ramenées au laboratoire du département, les boutures ont subi un rafraîchissement de leurs deux extrémités à l'aide d'un sécateur désinfecté pour avoir la taille finale des boutures et pour avoir une plaie fraîche à la base des bouture afin de favoriser l'absorption de la solution hormonale et augmenter la surface de contact entre cette dernière et la bouture lors du trempage. Une fois préparées, les boutures se sont réparties par la suite en 04 lots en fonction de leur origine.

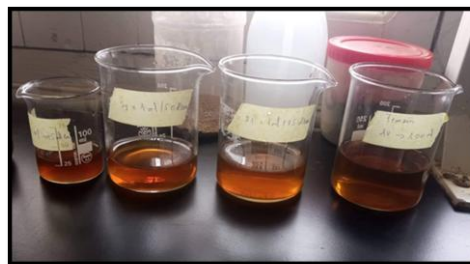
II.5.3. Préparation des solutions hormonales

Les traitements utilisés dans notre essai correspondaient aux différentes concentrations de l'hormone retenue pour notre étude. Les concentrations préparées sont :

Traitement 1 – Dose 1 : 0% : Témoin ou aucune application de l'hormone.

Traitement 2 – Dose 2 : prescrite de l'hormone utilisée par le fournisseur qui est 100 ml de l'hormone dans 10L d'eau. C'est la Solution Hormonale Mère.

La solution hormonale mère a été utilisée pour préparer des solutions hormonales plus concentrées ou moins concentrées : trois solutions une fois, deux fois et trois fois plus concentrées que la solution hormonale mère (Traitement 3 – Dose 3, Traitement 4 – Dose 4, Traitement 5 – Dose 5) et trois solutions une fois, deux fois et trois fois moins concentrées que la solution hormonale mère (Traitement 6 – Dose 6, Traitement 7 – Dose 7, Traitement 8 – Dose 8).



Photos 3, 4, 5. Préparation des différentes concentrations de la solution hormonale (Photos personnelles)

II.5.4. Traitements hormonaux des boutures

Une fois les solutions hormonales correspondant aux différentes concentrations sont préparées elles sont mises dans des béchers. Pour chaque traitement (concentration) une dizaine de boutures a été trempée à 5cm de hauteur à partir de leur base pendant 12 heures selon les instructions de la notice accompagnant l'hormone.

Après les 12 heures, les boutures des différents lots sont égouttées et mises dans des sacs plastiques mouillés pour les déplacer vers le lieu de mise en terre (serres de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne).



Photos 6, 7. Trempage des boutures dans les différentes solutions hormonales (Photos personnelles)

II.5.5. Mise en place des boutures

Après avoir le traitement hormonal les boutures sont immédiatement implantées verticalement dans leur unité expérimentale correspondante. Les 2/3 des boutures sont enfoncées dans le substrat de culture dans des sacs plastiques et le 1/3 qui reste est laissé exposé à l'air ambiant de la serre de nébulisation sous des conditions d'aération, de température, de luminosité et d'humidité bien contrôlées. Les boutures présentant en moyenne entre 3 à 4 bourgeons (Photos 8 et 9).



Photos 8, 9. Implantation des boutures dans leur unité expérimentale correspondante (Photos personnelles)

II.5.6. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est en bloc aléatoire complet à trois facteurs et trois répétitions (03 Blocs).

Le premier facteur correspond au traitement hormonal ; il contient 08 Niveaux (08 Concentrations : D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 et D8).

Le deuxième facteur correspond au type de bouture ; il contient 04 Niveaux (Pousses de l'année herbacées, pousses semi herbacées, tiges ligneuses dormantes, tiges ligneuses en dormance apparente).

Le troisième facteur correspond au type de substrat de culture ; il contient 03 Niveaux (fumier, fumier et sable ; fumier, sable et terre ordinaire).

Les traitements de notre essai correspondent à l'interaction entre les niveaux des deux facteurs de l'essai. Ce qui fait 96 Traitements en total. Pour chaque traitement nous avons trois répétitions et pour chaque répétition nous avons met 04 boutures. Soit 384 boutures.

II.6. Conduite de la culture, suivi de l'essai et prise de données

Les sachets ont été arrosés régulièrement durant toute la période de notre expérimentation afin de maintenir une certaine humidité au niveau des substrats et éviter le dessèchement des boutures ce qui peut avoir des conséquences négatives sur leur survie et leur enracinement. Les arrosages étaient à la main sous forme de petite aspersion en utilisant l'eau de robinet.

Des précautions ont été prises au cours de l'essai pour éviter les problèmes relatifs aux attaques des boutures par les insectes ou par les mauvaises herbes. Ces dernières sont éliminées régulièrement une fois émergées à la surface des substrats.

Le suivi des boutures a porté sur le développement et la croissance à savoir l'émission des racines et le débourrement des bourgeons et l'émission de nouvelles feuilles.

Les paramètres de suivi que nous avons retenus pour notre essai sont bien les suivants :

- Nombre de racines racinées et nombre de boutures desséchées par traitement ;
- Nombre de ramifications par bouture ;
- Nombre de feuilles par bouture ;
- Diamètre de la tige principale ;
- Aspect et longueur des racines.

Chapitre III
Résultats et discussion

CHAPITRE III – RESULTATS ET DISCUSSION

Les boutures utilisées pour notre essai qui a duré plus de deux mois (entre Mars et Mai) sont devenues sèches, sans aucune réaction physiologique. Cette réponse est dominante, elle concerne 100 % des réponses observées. Toutes les boutures de Litchi ont fini par mourir sans avoir aucun développement ou émission de racines.

Ces résultats nous laissent juger que la méthode de propagation du litchi par bouturage terrestre n'a pas réussi malgré l'utilisation d'un traitement hormonal accélérant l'induction des racines. La réaction était négative vis-à-vis des différentes concentrations utilisées. Cette réaction reste anormale pour la méthodologie suivie (hormone de rhizogenèse, humidité assez constante, terre fertile, arrosage régulier, ...).

Les causes n'ont pu être exactement définies, mais plusieurs hypothèses, concernant matériel végétal utilisé, les conditions de l'expérimentation, les traitements hormonaux et le substrat de culture utilisé ont été avancées pour expliquer cette forte mortalité de bouture et absence de la rhizogenèse.

Pour ce qui est conditions expérimentales physiques, plusieurs composantes du milieu externe entourant les boutures peuvent jouer le rôle de facteur limitant vis-à-vis de la croissance à savoir :

La lumière : un facteur externe très important pour les espèces exigeant des fortes intensités lumineuses (boutures de tige). Les serres sous lesquelles nos boutures étaient élevées sont construits avec du polyéthylène de couleur transparente, mais d'une épaisseur relativement importante, ce qui diminue l'intensité du rayon solaire pénétré à l'intérieur.

Le substrat de culture : dans le cas d'un substrat compact l'émission des néo-racines peut être mise en cause. L'extension racinaire dépend beaucoup des conditions environnementales, elle est favorisée dans les régions bien aérées du sol (**ROLAND, 1997 in QUENTIN, 2005**).

L'absence d'un substrat standard doté de bonnes propriétés physicochimiques pose un problème en Afrique de Nord, aussi bien pour le bouturage que pour la production de plants ligneux. Des substrats de compositions variées sont utilisés pour le bouturage des rameaux de différentes essences.

On doit porter attention à certaines propriétés physicochimiques extrêmement importantes du substrat notamment la capacité de rétention d'eau et disponibilité en oxygène de ses composants principalement lors de la phase d'enracinement et après la transplantation des boutures enracinées. Des teneurs en eau ne dépassant pas les 45% - 55% sont recommandées lors du bouturage afin d'éviter la formation d'une nappe d'eau perchée dans la partie inférieure des conteneurs. De plus, le substrat doit être bien aéré avec une porosité variant entre 20% et 40% pour éviter l'asphyxie racinaire, la pourriture et la prolifération de pathogènes (SBAY et LAMHAMEDI, 2015).

Dans notre cas, le substrat est un mélange de terre (sol forestier), de terreau et de sable. La terre a été tamisée afin de réduire au maximum l'apport de débris dans les bassines. Le substrat est de structure fine, ce qui a réduit au cours du temps la porosité et a augmenté la compacité, peu favorable au développement racinaire.

Drainage : un drainage insuffisant des centaines à travers les trous confectionnées à leur base peut rendre le substrat relativement chargé en eau, cet état peut induire un pourrissement et ainsi la mort des boutures.

D'un point de vue biologique, certains aspects peuvent également être discutés. Les boutures et segmentures sont récoltées dans une période intermédiaire : à la fin de la saison des pluies et au début de la saison sèche. Cette période de transition engendre une baisse d'activité, un ralentissement du cycle biologique de la majorité des ligneux pour les prochains mois secs.

Ainsi, la disponibilité en « énergie » est moindre, les éléments indispensables au développement du végétal (éléments nutritifs, hormones ...) peuvent être transférés et stockés dans des organes de réserves (plutôt situés au niveau inférieur du tronc, collet et premières racines qu'au niveau des branches) (QUENTIN, 2005). Donc, les boutures prélevées à ce moment ont pu être privées, ou diminuées en certaines concentrations moléculaires favorables à l'organogenèse et/ou au maintien des tissus.

En zone méditerranéenne, beaucoup d'espèces se bouturent difficilement pendant la saison hivernale et estivale. L'époque la plus favorable pour réussir le bouturage est celle juste avant ou après débourrement des bourgeons de l'arbre ce qui correspond à la période de Février à Avril. Ceci coïncide avec le printemps et avec la période de pleine activité ou période d'élongation de nouvelles pousses (SBAY et LAMHAMEDI, 2015).

C'est ce qui s'est passé pour notre cas où nous avons prélevé les boutures en mois de Mars qui est la période propice pour notre espèce.

Le succès du bouturage est conditionné par la position et la hauteur de prélèvement des boutures sur l'arbre. D'une manière générale, plus le rameau prélevé sur l'arbre est proche du système racinaire plus la rhizogenèse sera facile. Il est pratiquement très difficile d'enraciner des rameaux de cime, il est relativement aisé de bouturer des rameaux émis directement sur le tronc (Gourmands) ; et encore plus facile de bouturer des rejets de souche (SBAY et LAMHAMED, 2015).

Cette hypothèse est appuyée par nos méthodes de prélèvement des boutures de tiges. En effet, l'essence recherchée, est devenue rare et les seules possibilités de prélèvements ont été extrêmement réduites. Ces derniers ont donc été réalisés sur un arbre âgé de grande taille. Les fragments sont pris sur des branches hautes, donc à des emplacements pauvres en éléments constitutifs en cette période de transition climatique. Les boutures (segmentures) ainsi « dévitalisées » sont alors moins efficaces pour la néoformation d'organes (feuilles et racines) (QUENTIN, 2005).

L'âge du matériel végétal est également un facteur déterminant, différentes expériences menées sur plusieurs espèces ont montré que les boutures prélevées sur des arbres jeunes s'enracinent plus facilement que celles prélevées sur des arbres âgées ; la capacité d'enracinement est rapidement perdue avec l'âge du plant (SBAY et LAMHAMED, 2015).

L'étude des jeunes plants montre que les zones dotées d'une bonne rhizogenèse sont rapidement repoussées vers les extrémités supérieures des parties les plus jeunes et qu'elles disparaissent presque complètement entre l'âge de 6 mois à un an. Il devient alors nécessaire de rajeunir le sujet. Le moyen le plus efficace est la coupe au ras du sol. Les sujets néoformés présentent dans les deux mois qui suivent cette coupe une grande capacité de bouturage. Des rejets prélevés trop loin du collet ne s'enracinent pas aisément (SBAY et LAMHAMED, 2015).

De nombreux travaux ont également montré que la nutrition des pieds-mères est un facteur déterminant sur la réussite des boutures. En général, l'émission de racines et de pousses par les boutures (c'est-à-dire la réussite du bouturage) dépend fortement de l'état physiologique du pied-mère sur lequel elles ont été prélevées.

En règle général, on admet que :

Les boutures, dans les tissus desquelles la concentration en hydrates de carbone est élevée et la concentration en azote est faible, produisent de nombreuses racines et des pousses plutôt grêles.

Les boutures, dans les tissus desquelles la concentration en hydrates de carbone est normale et la concentration en azote est élevée, produisent moins de racines mais des pousses plus vigoureuses.

Les boutures, dans les tissus desquelles la concentration en hydrates de carbone est faible et la concentration en azote très élevée, n'émettent ni racines ni pousses et ont tendance à dépérir.

De façon pratique, et dans notre cas et en l'absence d'analyses pour juger de l'état physiologique des pieds-mères, la plasticité des tiges est un bon indicateur de cet équilibre des concentrations entre hydrates de carbone et azote : des tiges molles et flexibles, c'est-à-dire pauvres en hydrates de carbone, fourniront de moins bonnes boutures que les tiges plus fermes et plus raides, c'est-à-dire plus riches en hydrates de carbone.

Ces études mettent en évidence le rôle de la composition du substrat de culture des pieds-mères (**BRICHETEAU et al., 1980**), et la nutrition de ces pieds-mères (**DARTIGUES, al., 1980**) sur le nombre et la qualité des boutures qui peuvent être obtenues. En particulier, il semble qu'il faille veiller à ce que la fourniture de l'azote aux pieds-mères soit assurée à la fois sous forme nitrique et sous forme ammoniacale.

Après la nature du matériel végétal utilisé, nous pouvons dire que la réponse à la rhizogenèse dépend également de la concentration en régulateurs de croissance, en particulier en auxines. D'après **TOURTE (1998) in CHAOUIA (2009)**, la formation des racines est souvent la phase la plus délicate. Elle est à l'origine des échecs dans la conduite des opérations de propagation des espèces ligneuses.

Les travaux de **YACOUB et al., (2000) in CHAOUIA (2009)**, sur l'olivier (*Olea europea*) montrent que les racines se différencient mieux en présence l'ANA à 6 mg/l en comparaison avec la même concentration en AIA ou AIB.

Selon **GHORBEL et al., (1994) in CHAOUIA (2009)**, la lumière n'est pas déterminante dans l'induction et l'initiation des racines. Au contraire, ils considèrent qu'un passage à l'obscurité pendant une semaine permet l'induction et l'initiation rapide des racines chez le pêcher (*Prunus persica*) et l'amandier (*Prunus amygdalus communis*).

Il apparaît donc que l'auxine peut être plus active sur l'induction des racines lorsque les plantules séjournent d'abord à l'obscurité. Leur passage par la suite sur un milieu dépourvu d'hormone évite la rétro-inhibition des racines par les auxines. Comme le démontre l'expérience de **WEIJ (1934) in LAFON et al., (1998) in CHAOUIA (2009)**, le transport de l'AIA est polarisé des apex vers les racines où l'hormone s'accumule. Au cours de son transport, l'AIA peut être dégradée par oxydation des auxines oxydases, et secondairement par la lumière.

Pour notre cas il s'agit d'une hormone industrielle de synthèse utilisée pour la première fois comme substituant des hormones citées ci-dessus. Il se peut que l'effet de cette hormone testée soit moins efficace ou bien il ne convient pas au Litchi.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'arboriculture fruitière occupe une grande importance économique dans tout le bassin Méditerranéen, comme il est considéré comme faisant partie des secteurs stratégiques de l'agriculture algérienne. Les programmes d'amélioration génétique forestière étant des processus de moyen et long terme il est essentiel de conserver durablement des copies des arbres initialement, cette conservation se fait le plus souvent sous forme de collections vivantes de copies d'arbres obtenues par bouturage ou greffage. Le but de la multiplication végétative est de produire une nouvelle plante dans un court laps de temps qui porte les mêmes caractéristiques que la plante mère ce procédé est également plus sécurisé de la part des semenciers pour obtenir une production agricole.

Dans la multiplication végétative, les racines, les tiges, les bourgeons, les feuilles et les structures de rechange sont utilisés pour former de nouvelles plantes et ont de nombreux types, dont le plus important est la greffe. Pour certaines plantes, l'utilisation d'hormones permet, de stimuler l'uniformité d'enracinement et accélérer la formation des racines.

L'une des méthodes subit le bouturage herbacée qui présente pas mal d'avantage par rapport aux autres méthodes de multiplication tels que la production intensive de jeunes plants identiques aux pieds mères les plants obtenus sont de bonne qualité et l'arboriculture en production dès la 4^{ème} année de replantation une gagne de temps appréciable économique et relativement facile comme toutes autres méthodes le bouturage herbacée présente des inconvénients nécessite une technicité et main d'œuvre à haute qualification.

Dans notre étude, nous discuterons de l'effet de l'hormone d'enracinement à travers plusieurs concentrations ; substrats de culture et type ou endroit de prélèvement des boutures sur le pied mère sur l'aptitude du litchi à se propager par bouturage herbacée autrement dit tester l'effet de ces facteurs sur l'aptitude des boutures prélevées à s'enraciner.

Suite aux résultats obtenus, il est primordial d'affiner nos connaissances sur les cycles biologiques et de tenter d'établir des calendriers des époques favorables aux prélèvements des boutures pour notre espèce, et ce afin de mieux comprendre certaines réactions expérimentales. Une meilleure connaissance du « comportement » des plantes nous permettra d'adapter des dispositifs de multiplication par bouturage à des périodes clés, avec du matériel végétal mieux défini.

Limites de notre étude

La première limite de cette étude est le temps imparti pour le suivi des expériences. Les réponses des expériences d'induction de rhizogenèse ne peuvent pas être observées (ou difficilement) dans un laps de temps de moins de trois mois, certaines espèces exigeant plusieurs années pour une réponse physiologique. Il devient donc difficile de présenter des résultats finaux et interprétables. D'où la nécessité de répétitions de l'étude sur plusieurs années.

De plus, lors de cette étude, nous nous sommes confrontés à un manque de matériel végétal. Aussi, dans la majeure partie des cas, trop peu de répétitions ont pu être faites, et donc l'interprétation au niveau spécifique est rendue difficile et incomplète.

Perspectives

Cette étude se place comme une première expérience pour la multiplication végétative du litchi par bouturage herbacé. Ce sont les premiers travaux du genre réalisés dans le cadre de projet de recherche mené par le laboratoire de préservation et de valorisation des produits agricoles en zones humides et subhumide de l'université de Skikda.

De nombreuses expérimentations doivent être menées, ces efforts nous permettront d'enrichir nos connaissances en termes de multiplication végétative, mais aussi en termes d'induction à la propagation du litchi.

La première conséquence de ces démarches est de redynamiser la plantation de ligneux exotiques, puis de réintroduire une biodiversité dans les systèmes agricoles.

Prolongation de ces travaux, dans un cadre plus large et dans un laps de temps plus long permettant de réellement tester scientifiquement chaque espèce.

D'autres expériences, sont à mener sur le Litchi, espèce ayant quelque peu échoué en bouturage herbacé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AKPAVI S., K. WALA, K.A. GBOGBO, K. ODAH, Y.A WOEGAN., K. BATAWILA, M. DOURMA, H. PEREKI, I. BUTARE, B. DE-FOUCAULT et K. AKPAGANA, 2012, Distribution spatiale des plantes alimentaires mineures ou menacées de disparition au Togo : un indicateur de l'ampleur de leur menace, *Acta Botanica Gallica*, 159, pp. 411-432.

ANEGBEH P.O., Z. TCHOUNDJEU, C.G. IRUKA et C.N. NKIRIKA, 2005, Vegetative propagation of indigenous fruit trees : influence of defoliation on survival of rooted marcots (air-layered plants) of *Irvingia gabonensis* and *Dacryodes edulis* Onne, Niger Delta, Region of Nigeria, *International Journal of Agriculture and Rural Development*, 6, pp. 119-125.

BATIONO B.A., S.J. OUEDRAOGO et S. GUINKO, 2001, Stratégies de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso), *Fruits* 56 (4), pp. 271-285.

BATIONO B.A., S. KARIM, R. BELLEFONTAINE, M. SAADOU, S. GUINKO, A. ICHAOU et A. BOUHARI, 2005-a, Le marcottage terrestre : une technique économique pour la régénération de certains ligneux tropicaux, *Sécheresse, revue électronique*. en ligne, n.3E, URL: http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2342

BATIONO B.A., S.J. OUEDRAOGO, N.A. SOME, F. PALLO ET I.J. BOUSSIM, 2005-b, Régénération naturelle d'*Isobertinia doka* Craib. et Stapf. dans la forêt classée du Nazinon (Burkina Faso), *Cahiers Agricultures* 14 (3), pp. 297-304.

BELLEFONTAINE R., 1997, Synthèse des espèces des domaines sahélien et soudanien qui se multiplient naturellement par voie végétative, pp. 95-104 In : Actes de l'Atelier " Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens, Orstom – Cirad - Min. Agr. Niamey, Ed. John Libbey Eurotext, 274 p.

BELLEFONTAINE R., A. GASTON et Y. PETRUCCI, 2000, Management of natural forests of dry tropical zones, FAO *Conservation Guide* n° 32, FAO Rome, 318 p., [en ligne], URL : <http://www.fao.org/docrep/005/w4442e/w4442e00.htm>

BELLEFONTAINE R., 2005, Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas – Texte introductif, tableau et bibliographie, *Sécheresse, revue électronique* [en ligne], n. 3E, 75 p., URL : http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2344

BELLEFONTAINE R., Q. MEUNIER, A. ICHAOU et H. LE-BOULER, 2015-A, Multiplication végétative à faible coût au profit des paysans et éleveurs des zones tropicales et méditerranéennes, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Regards / Terrain, 2015, mis en ligne le 05 octobre 2015, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/16516>

BELLEFONTAINE R., M.S.A. KECHEBAR et C. RAHMOUNE, 2015-B, Démarche à adopter pour sauvegarder le patrimoine génétique de l'arganeraie de Tindouf, *Revue Agro-Ecologie* [En ligne], 1, pp. 5-21, URL : <http://www.revue-agroecologie.com/wp-content/uploads/2015/08/Sans-titre1.jpg>

BELLEFONTAINE R., Q. MEUNIER, P.M. MAPONGMETSEM, A. MORIN, S. KARIM et A. HOUNGNON, 2016, Plaidoyer en faveur du marcottage pour domestiquer les principales espèces ligneuses africaines, Cirad Montpellier, France, 204 p., [En ligne] URL : <http://agritrop.cirad.fr/580936/>

BELLEFONTAINE R., A. FERRADOUS, M. MOKHTARI, L. BOUCHE, L. SAIBI, L. KENNY, M. ALIFRIQUI et Q. MEUNIER, 2013, Mobilisation *ex situ* de vieux arganiers par marcottage aérien. In : *Actes du premier congrès international de l'arganier*. Rabat, Maroc : INRA-Maroc Ed., p.368-378. Congrès International de l'Arganier, Agadir, Maroc, 516 p., [en ligne] URL : <http://www.inra.ma/Docs/actesarganier/arganier368378.pdf>

BELEM B., 1993, La multiplication végétative : le marcottage, *Arbre et Développement*, 4, pp. 14-16.

BELEM B., J.I. BOUSSIM, R. BELLEFONTAINE et S. GUINKO, 2008, Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* Pelegr. et Vuillet par blessures de racines au Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 295 (1), pp. 71-79.

BRICHETEAU J., ALEGRE J., LECOULS D., 1980. Le problème de la production de boutures de pélargonium à partir de pieds mères cultivés sur substrat inerte. Le pélargonium (acquisitions nouvelles), Angers 1980 : 17-39.

CANOZAR O., OZAHCI E., 1994. Aptitude à l'enracinement de cultivars d'olivier de la Turquie en bouturage herbacé sous nébulisation. *Olivea*, 51 ; 28-33

CHAOUIA CHERIFA, 2009, étude des facteurs de régénération, des techniques de multiplication et de production cas du kiwi (*Actinidia chinensis* pl.). Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences agronomiques ; école nationale supérieure agronomie. p 127.

CHAVAN S.B., A. KEERTHIKA, J. ANKUR, A.K. HANDA, R. NEWAJ ET S.K. DHYANI, 2015, Growth performance of 12-year-old air layered *Madhuca latifolia*, *Life sciences Leaflets*, 60, pp. 152-155.

DARTIGUES A., LEMAIRE F., 1980. Besoins en éléments minéraux du pied-mère de Pélargonium x hortorum : conséquence de la nature de l'azote sur la qualité des boutures. In Le pélargonium (acquisitions nouvelles), Angers 1980 : 41-50.

JAENICKE H, BENIEST J. 2003. La multiplication végétative des ligneux.

HABBAS M. S., 2018 -Techniques de multiplication de production de plants d'olivier Bouturage herbacé et greffage (variété seigoise/oléastre). Mémoire de Master en Amélioration des productions végétales. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis, P85-P89.

HAMLAT.M., 1995, Influence des phytohormones sur les embryons, les micro-boutures d'olivier (*Olea europaea*.L.), variété. Chemlal cultivée in vitro Thèse. Magister.167 p.

HAUSSAT R., COURDUROUXJ-C., 1980. Régulateurs de Croissance et multiplication végétative. Multiplication végétative des plantes supérieures. Ed. Bordas, Paris, 277p.

KIEBER D.J. et al., 2008. Photochemical production of hydroxyl radical and hydroperoxides in water extracts of nascent marine aerosols produced by bursting bubbles from Sargasso seawater. *EE Dahl, Geophysical Research Letters* 35, L20803, doi : 10.1029/2008GL035418.

LABERCHE JEAN-CLAUDE, 2010, Biologie végétale ; 3e édition.

LEROY JEAN-FRANÇOIS, 2018. Fruits tropicaux et subtropicaux d'importance secondaire (Suite et Fin). In : *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 24^e année, bulletin n°272-274, Avril-mai-juin 1944. pp. 171-220 ; https://www.persee.fr/doc/jatba_0370-3681_1944_num_24_272_1800.

LEZGHED H. F., 2018 - Méthodes et techniques de multiplication en pépinières : le greffage. Mémoire de master en Protection des écosystèmes. Université des Frères Mentouri 1 Constantine, P3-P13.

MASSE D., J.-L. CHOTTE et E. SCOPEL, 2015, L'ingénierie écologique pour une agriculture durable dans les zones arides et semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Les dossiers thématiques du CSFD. N° 11, CSFD/Agropolis International, Montpellier, France, 60 p.

MARGARA J., 1989. Bases de la multiplication végétative. INRA. Paris.254 p.

MEUNIER Q., R. BELLEFONTAINE, J. M. BOFFA et N. BITAHWA, 2006, *Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs*. Technical handbook for Ugandan rural communities, Editeur Angel Agency, Kampala, Ouganda et CIRAD, Montpellier, France, 67 p.

MEUNIER Q., M. ARBONNIER, A. MORIN et R. BELLEFONTAINE, 2008, *Trees, shrubs and climbers valued by rural communities in Western Uganda. Utilisation and propagation potential*. French Embassy in Uganda; Cirad, Montpellier, France, 106 p.

MISHRA D.K. ET K. DEVENDRA, 2013, Vegetative propagation of *Commiphora wightii* (Arnott) Bhandari through air layering, *International Journal of Forest Usufructs Management*, 14, 2, pp. 3-9.

MONTARONE M., SAVIGNAC D., MARICOT C., 1997. La multiplication par bouturages dans le genre *protea*. INRA. COLLOQUE Ste Catherine. 45p. Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences. University of Gent. N° 62 : 1421-1428.

MOUPELA C., J.L. DOUCET, K. DAÏNOU, Q. MEUNIER ET C. VERMEULEN, 2013, Essais de propagation par semis et marcottage aérien de *Coula edulis* Baill. et perspectives pour sa domestication. *Bois et Forêts des Tropiques*, 318, 4, pp. 3-13.

NAHLAWIN., RALLO N.I. et CABALLERO J., 1975. Aptitude à l'enracinement de cultivars d'olivier en bouturage herbacé sous nébulisation. *Oléa*, Cordone. PP. 26.

NOZERAN RENE, 2022, Multiplication végétative, *Encyclopædia Universalis* ; <https://www.universalis.fr/encyclopedie/multiplication-vegetative/>

OUEDRAOGO A., A. THIOMBIANO, K. HAHN-HADJALI et S. GUINKO, 2006. Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso, *Sécheresse*, 17 (4), pp. 485-91.

QUENTIN MEUNIER, 2005, Soutien technique aux tradipraticiens pour la multiplication végétative d'espèces médicinales prioritaires dans le Sud-Ouest de l'Ouganda. Mémoire de stage, DESS Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zones tropicales Promotion 15, années 2004-2005.

RAMARSON HASINA, 2004. Étude du mode d'action de quelques traitements sur le maintien de la coloration rouge du péricarpe de litchi. Montpellier : ENSIA-SIARC, 96 p. Mémoire de master : Génie agroalimentaire méditerranéen et tropical : Ecole nationale d'ingénieurs des techniques et industries agricoles et alimentaires.

SBAY H. et LAMHAMEDI M.S., 2015. Le bouturage. Guide pratique de multiplication végétative des espèces forestières et agroforestières : techniques de valorisation et de conservation des espèces à usage multiple face aux changements climatiques en Afrique de nord. Royaume de Maroc, haut-commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification, centre de recherche forestière ; P. 1-34.

SGHIR S., BEKOURA I. et OUZZANI N., 2003. Variabilité de l'aptitude rhizogène des variétés d'olivier (*Olea europea* L.). Oliveae, 96 : 20-24.

SGHIR S., CHATELET P., OUZZANI N., DOSBA F.O. et BELKOURA H. 2005. Micropropagation of eight moroccan and french olive cultivars. Hort. Sci, 40 : 193-196.

TCHIO F. et J. KENGUE, 1998, *Influence de la période de marcottage sur l'enracinement chez le safoutier (Dacryodes edulis H.J.Lam) à Njombe (Cameroun)*, pp. 137-146, dans C. Kapseu et G.J. Kayem Ed., "2e séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels", Yaoundé, Cameroun, ministère de l'Enseignement supérieur, Université de N'Gaoundéré, Cameroun, 444 p.

TRAORE A. A., 2016, *Analyse de la filière des semences et des plants d'espèces ligneuses agroforestières au Burkina Faso.* Mémoire d'Ingénieur. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, 89 p.

WALALI L. et LOUSSERT R., 1990, Bouturage semi-ligneux de L'Olivier, revue de la recherche agronomique marocaine. Institut National de la Recherche Agronomique Rabat Novembre 1990.

WEZEL A. et A.M. LYKKE, 2006, Woody vegetation change in Sahelian West Africa: evidence from local knowledge. *Environment, Develop. Sustain*, 8, pp. 553-567.

ZIDA, W. A., BATIONO, B. A., SOME, A. N. et BELLEFONTAINE, R., 2018. Multiplication végétative par bouturage et marcottage aérien de trois espèces agroforestières au Burkina Faso. *Vertigo*, 18(2).

Essai de multiplication végétative sous serre de nébulisation avec traitement hormonal des espèces exotiques en vue de production de plants (Cas de Litchi : *Litchi Chinensis* Sonn., 1782)

Résumé

L'insuffisance de connaissances sur la régénération des ligneux fruitiers exotiques est une contrainte majeure à la domestication et la propagation de ceux-ci. Des essais de marcottage aérien et de multiplication par graine, suivis de transplantation ont été conduits sur notre espèce exotique *Litchi Chinensis* Sonn. Mais sans avoir malheureusement une suite favorable. Le Litchi est représenté par un seul individu dans le jardin botanique du département d'agronomie de l'université de Skikda. Il s'agit d'un spécimen âgé de mauvais état physiologique et phytosanitaire. La production s'est retrouvée dégradée qualitativement et quantitativement suite à l'absence d'un véritable itinéraire technique de suivi et d'entretien.

Suite aux échecs enregistrés des essais de multiplication de cette espèce par voie sexuée et par marcottage nous avons jugé utile de faire tester d'autres méthodes de multiplication et de production de plants à savoir le bouturage herbacé. L'objectif était d'étudier l'effet de différents types de substrats culturels et de différentes concentrations d'une solution hormonale à base d'auxine et d'acides aminés ainsi que le type des boutures utilisées sur l'aptitude de ces dernières à émettre des néo-racines après implantation. Les résultats montraient, après 2 mois d'essais, que l'essai de rhizogenèse donne des taux d'enracinement de 0 % pour la totalité des traitements utilisés. Les différentes boutures utilisées présentaient une réaction négative vis-à-vis du bouturage herbacé.

Mots clés : Régénération, exotique, propagation, production de plants, bouturage herbacée, hormone, rhizogenèse.

Vegetative propagation test under greenhouse of nebulization with hormonal treatment of exotic species for the production of plants (Case of Litchi : *Litchi Chinensis* Sonn., 1782)

Summary

The lack of knowledge about the regeneration of exotic woody fruit trees is a major constraint to their domestication and propagation. Tests of air layering and seed multiplication, followed by transplantation were conducted on our exotic species *Litchi Chinensis* Sonn. But unfortunately without a favorable follow-up. Litchi is represented by a single individual in the botanical garden of the Department of Agronomy at the University of Skikda. This is an elderly specimen of poor physiological and phytosanitary condition. Production was degraded qualitatively and quantitatively following the lack of a real technical route of monitoring and maintenance.

Following the failures of the propagation tests of this species by sexual route and by layering we found it useful to test other methods of propagation and production of plants, namely herbaceous cuttings. The aim was to study the effect of different types of cultured substrates and different concentrations of a hormonal solution based on auxin and amino acids, as well as the type of cuttings used, on the ability of the latter to measure neoplasms roots after implantation. The results showed, after 2 months of testing, that the rhizogenesis assay yielded rooting rates of 0% for all treatments used. The different cuttings used had a negative reaction to the herbaceous cuttings.

Keywords: Reeneration. exotic. propagation. plant production. herbaceous cuttings. hormone. rhizogenesis.

اختبار الانتشار النباتي تحت البيوت البلاستيكية مع العلاج الهرموني لأنواع الغريبة لإنتاج النباتات حالة الليتشي

موجز

يعد نقص المعرفة حول تجديد أشجار الفاكهة الخشبية الغريبة عائقاً رئيسياً أمام تدجينها وانتشارها. تم إجراء اختبارات طبقات الهواء وتكاثر البذور، تليها الزرع. لكن لسوء الحظ دون متابعة مواتية. يتم تمثيل *Litchi* من قبل فرد واحد في الحديقة النباتية لقسم الزراعة في جامعة سكيكدة. هذه عينة مسنة من سوء الحالة الفسيولوجية والصحية النباتية. وقد تدهور الإنتاج نوعاً وكماً بعد الافتقار إلى طريق تقني حقيقي للرصد والصيانة.

بعد فشل اختبارات انتشار هذا النوع عن طريق المسار الجنسي وعن طريق الطبقات وجدنا أنه من المفيد اختبار طرق أخرى لانتشار وإنتاج النباتات، وهي القصاصات العشبية. كان الهدف هو دراسة تأثير الأنواع المختلفة من الركائز المستزرعة والتركيزات المختلفة للمحلول الهرموني القائم على الأوكسين والأحماض الأمينية، بالإضافة إلى نوع القصاصات المستخدمة، على قدرة الأخير على قياس جذور الأورام بعد الزرع. أظهرت النتائج، بعد 2 أشهر من الاختبار، أن فحص الجذور أسفر عن معدلات تأصيل بنسبة 0% لجميع العلاجات المستخدمة. كان للقصاصات المختلفة المستخدمة رد فعل سلبي على القصاصات العشبية.

الكلمات الرئيسية: التجديد، الغريب، الانتشار، الإنتاج النباتي، القصاصات العشبية، الهرمون، التجدير.