

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE 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 sexuée sous serre de nébulisation des espèces exotiques en vue de production de plants (Cas de Pacanier *Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch, 1869)**

**Présenté par :**

- AIACH HAMRIOUI Hassan
- BOUSBOULA Hala
- SAYOUD Fateh

**Membres de Jury :**

<b>M<sup>me</sup> : GUERRAD Chahrazed (MCB)</b>	<b>Présidente</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda
<b>M<sup>me</sup> : LARIT Sabah (MCB)</b>	<b>Examinatrice</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda
<b>M<sup>me</sup> : SAYED Ibtissem (MCB)</b>	<b>Promotrice</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda

**Année universitaire : 2021-2022**



## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail  
À ceux que j'ai de plus cher au monde : mes parents pour  
tous leurs sacrifices, leur amour et leur soutien  
tout au long de mes études,  
À mon frère  
À toute ma famille  
À tous mes amis et mes collègues  
À tous ceux qui m'ont aimé et me souhaitent le bonheur  
et la réussite.

**SAYOUD Fateh**



## *Dédicaces*

Je dédie ce travail  
À mes parents pour leur soutien et leurs grands sacrifices  
pour moi,  
À mes chères sœurs  
À mon petit frère  
À toute ma famille  
À tous mes amis et collègues  
Et tous ceux qui m'ont soutenu dans mes études  
et dans ma vie.

**AIACH HAMRIOUI Hassan**



## *Dédicaces*

*Un grand merci*

*À l'ensemble de ma famille et plus  
particulièrement mes parents et  
mes sœurs et mon frère pour  
leur confiance, leur conseils ainsi  
que leur soutien inconditionnel  
qui m'ont permis de réaliser mes  
études pour lesquelles je me destine  
et par conséquent ce mémoire.*

*BOUSBOULA Hala*

## **REMERCIEMENTS**

*Tout d'abord nous tenons à remercier ALLAH le tout puissant qui nous a donné, durant toutes ces années, le courage, la santé et la force pour arriver à ce jour.*

*Nous adressons nos chaleureux remerciements à notre directrice de mémoire, M<sup>me</sup> Sayed Ibtissem maître de conférences B au département d'agronomie (Faculté des sciences - Université de Skikda) pour son suivi continué tout au long de la réalisation de notre travail.*

*Nous tenons à remercier également M<sup>me</sup> GUERAD Chahrazad Maître de conférences B au département d'agronomie (Faculté des sciences - Université de Skikda) pour avoir accepté de présider le jury.*

*Nos remerciements vont aussi à M<sup>me</sup> LARIT Sabah 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 la responsable des serres M<sup>elle</sup> NOUAR Nour El Houda pour nous avoir accompagné tout au long de la période du travail expérimental au sein de la serre de nébulisation du département d'agronomie.*

*Notre reconnaissance et nos remerciements vont aussi à nos parents pour leur patience et confiance tout au long de nos études et toutes les personnes qui nous ont aidé et encourager pour réaliser ce travail et que leur noms ne figurant pas ici.*

## LISTE DES TABLEAUX

N°	TITRE	PAGE
<b>Tableau 1</b>	Substrats utilisés pour les essais de germination des grains de pacane	<b>31</b>
<b>Tableau 2</b>	Taux de germination des grains de pacane en fonction de substrats de culture	<b>38</b>
<b>Tableau 3</b>	Classement des substrats de culture en fonction de la qualité de croissance des plants	<b>41</b>

## LISTE DES FIGURES

N°	TITRE	PAGE
<b>Figure 1</b>	Coupe transversale dans une fleur	<b>03</b>
<b>Figure 2</b>	Reproduction sexuée chez les plantes	<b>04</b>
<b>Figure 3</b>	Structures des graines de dicotylédones et monocotylédones	<b>05</b>
<b>Figure 4</b>	Facteurs internes et externes agissant sur la germination des graines	<b>10</b>
<b>Figure 5</b>	Pacancier ( <i>Carya illinoensis</i> )	<b>15</b>
<b>Figure 6</b>	Taux de germination des grains de pacane en fonction de substrats de culture	<b>39</b>
<b>Figure 7</b>	Rythme de croissance des jeunes plants de pacane en fonction de substrats de culture	<b>42</b>

## LISTE DES PHOTOS

<b>N°</b>	<b>TITRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>Photo 1</b>	Table de commande	<b>26</b>
<b>Photo 2</b>	Chauffage d'air pulse	<b>27</b>
<b>Photo 3</b>	Système de refroidissement	<b>27</b>
<b>Photo 4</b>	Système d'irrigation par brouillard	<b>28</b>
<b>Photo 5</b>	Noix de pécan	<b>28</b>
<b>Photos 6, 7, 8</b>	Préparation des substrats cultureux	<b>30</b>
<b>Photos 9, 10</b>	Traitement des graines avec l'acide sulfurique (Trempage + rinçage)	<b>32</b>
<b>Photos 11, 12, 13</b>	Scarification mécanique des graines – Elimination d'une partie des téguments externes	<b>32</b>
<b>Photos 14, 15, 16, 17</b>	Mise en place de l'essai	<b>33</b>
<b>Photos 18, 19</b>	Germination des noix de pécan	<b>36</b>
<b>Photos 20, 21</b>	Jeunes plantes de pacane sur différents substrats	<b>40</b>

## TABLE DES MATIERES

Dédicaces

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Table des matières

Résumé

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
------------------------------------	----------

### PREMIERE PARTIE - RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

#### CHAPITRE I - MULTIPLICATION SEXUEE CHEZ LES VEGETAUX

I.1. Pollinisation .....	3
I.2. Fertilisation (Fécondation) .....	4
I.3. Développement de la graine .....	5
I.3.2. Définition de la graine ou la semence .....	5
I.3.3. Structure de la graine .....	6
I.3.4. Germination des graines .....	7
I.3.4.1. Définition.....	7
I.3.4.2. Conditions de la germination.....	7
A. Conditions internes .....	8
B. Conditions extérieures .....	9
I.3.4.3. Phases de la germination.....	11
I.3.4.4. Obstacles de la germination.....	11
A. Dormance .....	11
B. Inhibition tégumentaire .....	12
I.3.4.5. Levée de la dormance .....	12
A. Naturelle .....	12
B. Artificielle .....	13
B.1. Scarification physique .....	13
B.2. Scarification chimique .....	13
B.3. Scarification mécanique .....	13
B.4. Stratification .....	14

## **CHAPITRE II - PRESENTATION DU PACANIER (*Carya illinoensis* K.Koch, 1869)**

II.1. Systématique de l'espèce.....	15
II.2. Biologie de l'espèce .....	17
II.2.1. Caractéristiques morphologiques .....	17
II.2.2. Cycle de vie.....	18
II.2.2.1. Durée de vie et reproduction .....	18
II.2.2.2. Germination.....	18
II.2.2.3. Enracinement.....	18
II.2.2.4. Pousse.....	18
II.3. Ecologie de l'espèce .....	19
II.4. Plantation et culture de l'espèce .....	19
II.4.1. Lieu de plantation .....	19
II.4.2. Quand et comment planter ?.....	20
II.4.3. Taille du pacanier .....	21
II.4.4. Fertilisation du pacanier .....	21
II.5. Multiplication de l'espèce .....	21
II.5.1. Semi.....	21
II.5.2. Greffage.....	22
II.5.3. Bouturage .....	22
II.6. Maladies, nuisibles et parasites.....	22

## **CHAPITRE III - SERRES DE NEBULISATION**

III.1. Caractéristiques climatiques d'une serre .....	23
III.1.1. Lumière .....	23
III.1.2. Température .....	24
III.1.3. Humidité .....	24
III.2. Types de serres.....	24
III.2.1. Serres enterrées .....	25
III.2.2. Serres maraîchères .....	25
III.2.3. Serre de multiplication .....	25
III.2.4. Serre horticole et serre florale.....	25
III.3. Rôle des serres dans le domaine agricole .....	25

## DEUXIEME PARTIE - ETUDE EXPERIMENTALE

### CHAPITRE I - MATERIEL ET METHODES

I.1. Présentation du site d'expérimentation .....	26
I.2. Présentation du matériel végétal .....	28
I.3. Présentation des substrats culturaux .....	29
I.4. Mise en place de l'expérimentation.....	29
I.4.1. Préparation des substrats de culture.....	30
I.4.2. Préparation du matériel végétale (Noix de pécan).....	31
I.4.3. Mise en place des semis.....	33
I.5. Suivi des semis .....	34
I.6. Suivi de la croissance et variables mesurées des plants .....	34

### CHAPITRE II - RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. Effet de la nature du traitement sur la germination des graines de pacane .....	35
II.1.1. Temps de germination .....	35
II.1.2. Taux de germination .....	36
II.1.3. Taux de mortalité.....	37
II.2. Effet des prétraitements sur la croissance de jeunes plants de pacane .....	37
II.2.1. Hauteur des tiges.....	37
II.2.2. Nombre de feuilles.....	38
II.3. Effet de la nature de substrat sur la germination des graines de pacane .....	38
II.3.1. Temps de germination .....	38
II.3.2. Taux de germination.....	38
II.4. Effet de la nature de substrat sur la croissance de jeunes plants de pacane .....	40
II.4.1. Hauteur des tiges.....	40
II.4.2. Nombre de feuilles.....	44
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>45</b>

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## *Essai de multiplication sexuée sous serre de nébulisation des espèces exotiques en vue de production de plants (Cas de Pacanier)*

### **Résumé**

Les espèces exotiques comme étant des essences étrangères constituent pour notre patrimoine phytogénétique local un ajout pondéral à conserver et à multiplier suite à leur importance sur le plan écologique ainsi qu'économique. Le jardin botanique du département d'agronomie de notre université renferme quelques essences dont malheureusement leur état est en voie de dégradation. La physionomie de nos formations n'est plus la même et les performances tant ventées de ces espèces exotiques montrent leur limite de même, les connaissances en matière de gestion des ressources phytogénétiques de ces espèces de la zone tropicale humide sont encore limitées au regard de la variabilité biologique existante.

En vue de restaurer ces essences exotiques et disposer des ressources pour la production de plants pour des futures plantations ; des essais de multiplication sexuée et végétative ont été réalisés avec ces essences exotiques ; ces travaux s'intègrent dans le cadre des projets menés par le laboratoire de la valorisation des produits agricoles en zones humides et subhumides de l'université.

Notre travail consiste à remédier au déficit de connaissance des potentialités des essences exotiques afin de contribuer à leur régénération. L'espèce que nous avons choisie est bien le pacanier (*Carya illinoensis* L.), il s'agit d'une étude sur la germination et la croissance des noix de pécan, elle consistait en des tests de germination sous serre de nébulisation et suivi de croissance poste juvénile sur différents substrats culturels.

L'expérimentation en pots plastiques a été conduite en conditions contrôlées d'éclairage, de température et d'hygrométrie, les graines sont réparties en trois lots : lot de graines non traitées, lot de graines traitées par l'acide sulfurique et un troisième lot de graines traitées par élimination de l'écorce. Les graines de chaque lot ont été mises en germination en utilisant quatre types de substrats, il s'agit du sable des rivières, terre ordinaire, grignons d'olives et sciure de bois. Ces substrats ont fait également objet de mélanges à des proportions différentes pour servir également de milieu de culture.

Les pots contenant les substrats et les graines mises en culture ont été placés suivant un dispositif en blocs complètement randomisés à vingt 22 unités expérimentales et arrosés régulièrement. La germination était échelonnée et étalée sur toute la période de notre expérimentation qui a duré plus de deux mois.

Les graines non traitées ont présenté la capacité de germination la plus faible par rapport à celles traitées, Les meilleurs taux de germination ont été enregistrés avec les lots des graines traitées par élimination de l'écorce. De plus, le semis dans les grignons d'olives et dans la sciure de bois ou dans les mélanges à base de forte proportion de ces substrats a amélioré les résultats de germination. Nous avons également constaté qu'il existe une relation entre la croissance des jeunes plantules et la nature de substrat. Le sable des rivières et la terre ordinaire ont montré des effets nocifs à la germination.

**Mots-clés** : Multiplication sexuée, Semis, Noix de pécan, Serre de nébulisation, Germination, Croissance, Substrats culturels, Espèce exotique, Régénération.

# *Greenhouse sexual propagation test of exotic species for the production of plants (Pecan case : *Carya illinoensis* L.)*

## **Summary**

Exotic species as foreign species constitute for our local plant genetic heritage a weight addition to be conserved and multiplied due to their ecological and economic importance. The botanical garden of our university's department of agronomy contains a few species of which unfortunately their condition is deteriorating. The physiognomy of our formations is no longer the same and the windy performances of these exotic species show their limit in the same way, knowledge of the management of plant genetic resources of these tropical wetland species is still limited in relation to existing biological variability.

In order to restore these exotic species and to have the resources for the production of plants for future plantations; tests of sexual and vegetative multiplication have been carried out with these exotic species; this work is part of the projects carried out by the university's laboratory for the valorization of agricultural products in wetlands and sub-humid areas.

Our job is to remedy the lack of knowledge of the potential of exotic species in order to contribute to their regeneration. The species we have chosen is the pecan tree (*Carya illinoensis* L.), a study on the germination and growth of pecans, it consisted of germination tests under greenhouse nebulization and growth monitoring juvenile post on different growing substrates.

The experiment in plastic pots was conducted under controlled conditions of illumination, temperature and humidity, the seeds are divided into three lots: batch of untreated seeds, lot of seeds treated with sulphuric acid and a third lot of seeds treated by bark removal. The seeds of each lot were germinated using four types of substrates, namely river sand, ordinary soil, olive kernels and sawdust. These substrates have also been mixed in different proportions to also serve as a growing medium.

The pots containing the growing substrates and seeds were placed following a randomized complement block device at twenty (22) experimental units and watered regularly. The germination was staggered and spread over the entire period of our experiment which lasted more than two months.

Untreated seeds had the lowest germination capacity compared to treated seeds. The best germination rates were recorded with lots of seeds treated by bark removal. In addition, seeding in olive pomace and sawdust or in mixtures with a high proportion of these substrates improved germination results. We also found that there is a relationship between the growth of young seedlings and the nature of the substrate. River sand and ordinary soil have shown harmful effects on germination.

**Keywords:** Sexual propagation, Seedlings, Pecans, Mist greenhouse, Germination, Growth, Growing substrates, Exotic species, Regeneration.

## تجربة التكاثر الجنسي للأنواع الغريبة في البيوت البلاستيكية لإنتاج النباتات (حالة البقان)

### ملخص

تشكل الأنواع الغريبة كأصناف أجنبية لتراثنا الوراثي النباتي المحلي إضافة مهمة يجب الحفاظ عليها ومضاعفتها وفقاً لأهميتها البيئية والاقتصادية. تحتوي الحديقة النباتية التابعة لقسم الهندسة الزراعية في جامعتنا على بعض الأنواع التي تتدهور حالتها للأسف. لم تعد ملامح تكويناتنا هي نفسها والأداء العاصف لهذه الأنواع الغريبة يظهر حدودها بنفس الطريقة، ولا تزال معرفة إدارة الموارد الوراثية النباتية لأنواع الأراضي الرطبة الاستوائية محدودة فيما يتعلق بالتنوع البيولوجي الحالي.

من أجل استعادة هذه الأنواع الغريبة والحصول على الموارد اللازمة لإنتاج النباتات للمزارع المستقبلية؛ تم إجراء اختبارات التكاثر الجنسي والنباتي مع هذه الأنواع الغريبة؛ هذا العمل هو جزء من المشاريع التي نفهناها مختبر الجامعة لتثمين المنتجات الزراعية في الأراضي الرطبة والمناطق شبه الرطبة.

مهمتنا هي معالجة النقص في المعرفة بإمكانيات الأنواع الغريبة من أجل المساهمة في تجديدها. الأنواع التي اخترناها هي شجرة البقان، وهي دراسة عن إنبات ونمو جوز البقان، وتألفت من اختبارات الإنبات تحت رذاذات الدفينة ومراقبة نمو الأحداث على ركائز نمو مختلفة.

أجريت التجربة في الأواني البلاستيكية تحت ظروف إضاءة ودرجة حرارة ورطوبة مضبوطة، وقسمت البذور إلى ثلاث مجموعات: دفعة بذور غير معالجة، ودفعة بذور معالجة بحمض الكبريتيك، ودفعة ثالثة من البذور تمت معالجتها بإزالة القشرة. تمت إنبات بذور كل دفعة باستخدام أربعة أنواع من الركائز وهي رمل النهر والتربة العادية وحبوب الزيتون ونشارة الخشب. تم خلط هذه الركائز أيضاً بنسب مختلفة لتعمل أيضاً كوسيط متنامي.

تم وضع الأواني التي تحتوي على ركائز وبذور موضوعة في المزرعة وفقاً لجهاز في كتل تكميلية عشوائية تحتوي على عشرين (22) وحدة تجريبية وتم تسقيها بانتظام. كان الإنبات متقطعاً وانتشر طوال فترة تجربتنا التي استمرت أكثر من شهرين.

أظهرت البذور غير المعالجة أقل قدرة إنبات مقارنة بالبذور المعالجة. تم تسجيل أفضل معدلات الإنبات مع دفعات البذور التي تمت معالجتها بإزالة القشرة. بالإضافة إلى ذلك، أدى البذر في ثقل الزيتون وفي نشارة الخشب أو في مخاليط تحتوي على نسبة عالية من هذه الركائز إلى تحسين نتائج الإنبات. وجدنا أيضاً أن هناك علاقة بين نمو الشتلات الصغيرة وطبيعة الركيزة. أظهرت رمال الأنهار والتربة العادية آثاراً ضارة على الإنبات.

**الكلمات المفتاحية:** التكاثر الجنسي، الشتلات، البقان، الدفينة البخاخة، الإنبات، النمو، ركائز الزراعة، الأنواع الغريبة،

التجديد.

# *Introduction générale*

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'Algérie peut désormais se rêver un destin de pays producteur de fruits exotiques. Au terme d'une phase d'expérimentation qui a duré douze ans, l'Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne (ITAF) a affirmé que le pays disposait d'un potentiel certain pour ces cultures.

Les premiers fruits obtenus n'ont rien à envier à ceux importés sur le plan de la qualité " a affirmé **MAHMOUD MENDIL (2015)**", qui dirige cet institut. Fort de ces résultats, le gouvernement algérien a procédé au lancement d'une campagne de sensibilisation des producteurs afin qu'ils investissent dans ces nouvelles filières. Dans le cas de la pistache, par exemple, les autorités se sont donnés un objectif de production de 100 000 quintaux sur les dix prochaines années et offrent des incitations aux producteurs désireux de se lancer dans cette aventure.

Alors que le pays devrait bientôt se lancer dans la production des fruits exotiques, l'APS rappelle que la politique actuelle du gouvernement relève du désir de s'économiser à terme les 500 millions de dollars investis annuellement dans les importations de fruits exotiques et secs.

Un des fruits exotique pouvant être intégré dans cette stratégie est *Carya illinoensis* de son nom scientifique, le noyer de pécan, est aussi communément appelé pacanier ou caryer. Originaire d'Amérique du Nord, c'est un arbre de la famille des Juglandacées. Il est cultivé pour son fruit, la noix de pécan ou « pacane ». C'est un grand arbre fruitier et ornemental, rustique et au feuillage caduc, de 25 m de haut en moyenne et jusqu'à 6 m de diamètre, selon les conditions de culture et la variété plantée.

Le développement de sa culture revêt un intérêt certain. Cependant, ceci n'est possible que par la maîtrise des techniques de sa multiplication, sa culture commerciale et rentable ne pourra être réalisée que lorsque seront résolus les problèmes posés par sa multiplication végétative. L'insuffisance des connaissances biologiques et écologiques sur la plupart des essences indigènes constitue une limite et un grand handicap pour l'aménagement et la conservation des ressources génétiques des forêts tropicales (**DEBOUX, 1998**).

Le bouturage des rameaux et de porte-greffe clonaux n'a pu être réussi jusqu'à ce jour. L'expérience montre que le greffage de cet arbre sur sujets de semis, lorsqu'il réussit, fournit des plants de vigueur très irrégulière. D'autre part, son affinité avec les divers porte-greffes est le plus souvent défectueuse, se traduisant par des disjonctions ou dépérissements suivis de la mort du greffon.

La préparation des plants pour le greffage est difficile. La meilleure méthode de production de porte-greffes est la voie sexuée. Toutefois, l'obtention de plants de semis est difficile, l'endocarpe est une barrière imperméable qu'il faut scarifier, mécaniquement ou chimiquement à l'aide de l'acide sulfurique ou de la soude caustique, afin de faciliter, à l'intérieur des graines, le passage de l'eau, indispensable pour la germination (**CARUSO et DE MICHELE, 1987; ROMERO et al., 1988**).

Le développement de la culture du pacanier, est conditionné par la multiplication végétative des clones jugés intéressants (greffons + porte-greffe) dans les vergers. Il s'avère que chez le pacanier, la méthode de production de plants greffés sur semis est très lente et aléatoire. Dans les vergers d'essais, autant que dans ceux en production, une très grande hétérogénéité des arbres est notée, qu'il s'agisse de leur stature, de leur végétation, de leur production et du remplissage de leurs fruits (**ASSAF et al., 1971, 1973, 1974**).

C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée en vue d'obtenir une germination élevée et homogène mais aussi de comparer certains substrats assurant la meilleure croissance et le bon développement des jeunes plantules destinées au greffage.

*Première partie*  
*Recherche Bibliographique*

*Chapitre I*  
*Multiplication sexuée*  
*chez les végétaux*

**CHAPITRE I - MULTIPLICATION SEXUEE CHEZ LES VEGETAUX**

Ce type de reproduction a l'avantage de varier les bagages génétiques, amenant ainsi le brassage des gènes et la différenciation des individus, ce qui aurait pour effet de contribuer à la sélection naturelle des individus par laquelle seuls les plus forts survivent. C'est l'une des raisons qui expliquent que c'est le mode de reproduction le plus répandu sur la planète. La reproduction sexuée chez les plantes se produit par (QUILICHINI, 2003) :

**I.1. Pollinisation**

C'est le transfert de grains de pollen de l'organe mâle (anthère) à l'organe femelle (le stigmate). Il existe plusieurs types de pollinisation, à savoir :

**➤ Autopollinisation**

Transfert des grains de pollen de l'anthère au stigmate d'une même fleur.

**➤ Pollinisation croisée**

Transfert de grains de pollen de l'anthère d'une fleur au stigmate d'une autre fleur. Les facteurs qui contribuent à la pollinisation croisée comprennent les insectes, le vent, l'eau courante, les humains et les animaux.

Les graines produites par la fertilisation contiennent le matériel génétique des deux parents. En conséquence, la descendance n'est pas génétiquement identique aux parents, mais leur ressemble souvent. Cette diversité génétique chez la descendance peut l'aider à survivre en cas de modification des conditions environnementales (QUILICHINI, 2003).

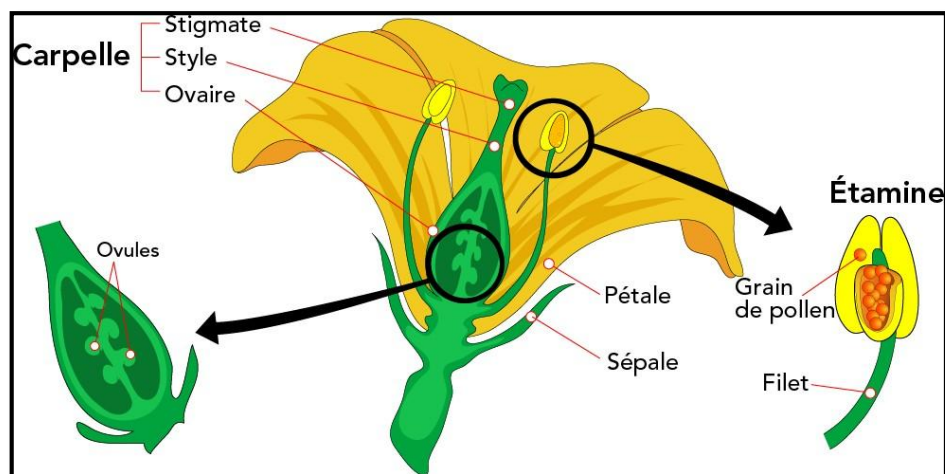


Figure 1. Coupe transversale dans une fleur (QUILICHINI, 2003).

## I.2. Fertilisation (Fécondation)

Une fois que le pollen est transféré au stigmate, les gamètes mâles des grains de pollen se libèrent et fusionnent avec l'œuf dans l'ovule pour former un zygote. Ce processus de fusion des gamètes est appelé fécondation. Le zygote ainsi formé, se divise et se développe en un embryon, puis en une graine. L'ovaire se développe en fruit. Certains fruits sont charnus, comme les oranges et les pastèques et d'autres sont secs, comme les glands ou les noix.

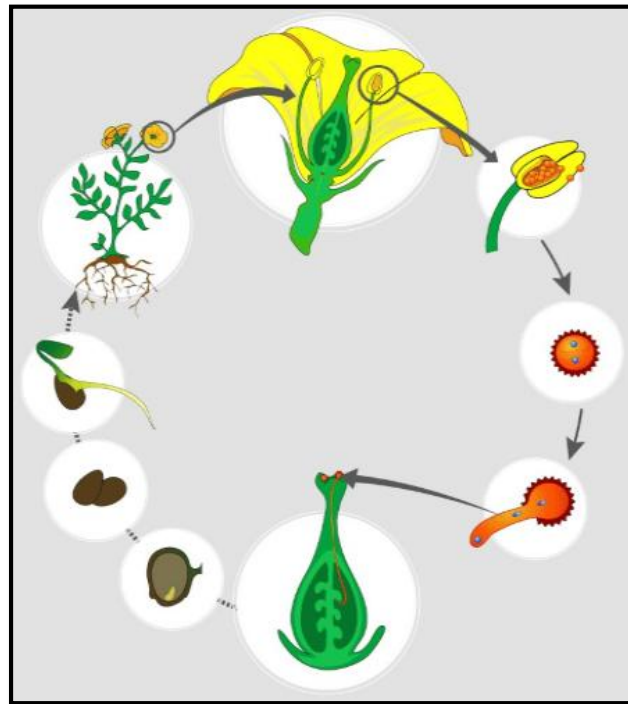


Figure 2. Reproduction sexuée chez les plantes (QUILICHINI, 2003).

Les processus de fertilisation peuvent être regroupés en trois types et sont classés principalement en fonction de l'entrée du tube pollinique dans l'ovule (QUILICHINI, 2003).

### *Porogamie*

C'est le type de fertilisation le plus courant chez tous les angiospermes ou plantes à fleurs. Dans ce type de fertilisation, le tube pollinique pénètre dans l'ovule par le micropyle.

### *Chalazogamie*

Ce type de fertilisation est réalisé sur toutes les espèces de plantes Casuarina. Dans cette condition, le tube pollinique pénètre dans l'ovule par le tube pollinique.

### Mésogamie

Ce type de fertilisation est observé dans toutes les plantes de cucurbitacées, telles que la citrouille, les courges de crête, la courge amère et d'autres plantes de courge. Dans ce type de fécondation, le tube pollinique pénètre dans l'ovule par sa partie médiane ou par les téguments de l'ovule.

### I.3. Développement de la graine

L'ovule mature se développe en graine. Une graine typique contient un tégument, des cotylédons, un endosperme et un seul embryon.

#### I.3.2. Définition de la graine ou la semence

La semence désigne un organe, ou un fragment de végétal, capable de produire un nouvel individu (VALLEE *et al.*, 1999 in TAHMI et REDAOUI, 2017). Les semences sont alors des spores, des fruits ou des fragments de fruit, des organes végétatifs (bulbes, tubercules...), des graines. en effet, la graine, résulte du développement d'un ovule fécondé ; c'est la forme sous laquelle sont détachés et dispersés les jeunes embryons issus des phénomènes sexuels intra ovulaires (AUGIER *et al.*, 1982 in TAHMI et REDAOUI, 2017).

Elle contient l'embryon et les substances nutritives. Elle constitue une structure de protection qui permet à la plante de résister pendant des périodes plus ou moins longues face aux conditions défavorables saisonnières (température extrêmes, sécheresse) pendant lesquelles la plante serait incapable de pousser, ni même parfois de vivre. Les graines peuvent ne jamais se développer si les conditions climatiques défavorables se prolongent (MURRAY, 2008 in MEDJOURI et LAIB, 2016).

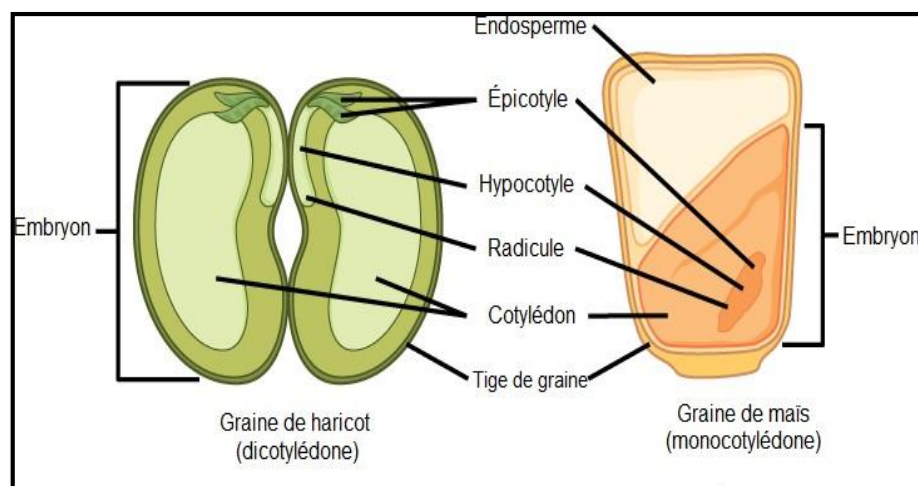


Figure 3. Structures des graines de dicotylédones et monocotylédones (QUILICHINI, 2003).

### I.3.3. Structure de la graine

Le stockage des réserves alimentaires dans les graines d'angiospermes diffère entre les monocotylédones et les dicotylédones. Chez les monocotylédones, le seul cotylédon est appelé scutellum ; il est relié directement à l'embryon via le tissu vasculaire (xylème et phloème). Les réserves alimentaires sont stockées dans le gros endosperme. Lors de la germination, les enzymes sont sécrétées par l'aleurone, une seule couche de cellules juste à l'intérieur du tégument qui entoure l'endosperme et l'embryon.

Chez les dicotylédones, Les deux cotylédons ont également des connexions vasculaires avec l'embryon. Les réserves alimentaires sont stockées dans l'endosperme. Lors de la germination, les deux cotylédons agissent donc comme des organes d'absorption pour prélever les réserves alimentaires libérées par voie enzymatique (**MURRAY, 2008 in MEDJOURI et LAIB, 2016**).

La graine, avec l'ovule, est protégée par un tégument formé à partir des téguments du sac de l'ovule. Chez les dicotylédones, le tégument est divisé en une couche externe appelée testa et une couche interne connue sous le nom de tegmen. L'axe embryonnaire se compose de trois parties : la plumule, la radicule et l'hypocotyle. L'axe embryonnaire se termine par une radicule (la racine embryonnaire), qui est la région à partir de laquelle la racine se développera.

Chez les dicotylédones, les hypocotyles s'étendent au-dessus du sol, donnant naissance à la tige de la plante. Chez les monocotylédones, l'hypocotyle n'apparaît pas au-dessus du sol car les monocotylédones ne présentent pas d'allongement de la tige. La partie de l'axe embryonnaire qui dépasse les cotylédons est appelée épicotyle (**MURRAY, 2008 in MEDJOURI et LAIB, 2016**).

Chez les monocotylédones, le testa et le tegmen du tégument sont fusionnés. Au fur et à mesure que la graine germe, la racine primaire émerge, protégée par le revêtement de l'extrémité de la racine : la coléorhize. Ensuite, la pousse principale émerge, protégée par la coléoptile : le revêtement de l'extrémité de la pousse. A l'autre extrémité de l'axe embryonnaire, la racine primaire meurt rapidement, et d'autres racines adventives émergent de la base de la tige. Cela donne aux monocotylédones un système racinaire fibreux (**MURRAY, 2008 in MEDJOURI et LAIB, 2016**).

### 1.3.4. Germination des graines

#### 1.3.4.1. Définition

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (DEYSSON, 1967). Elle correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active, que les réserves qui jusque l'assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (JEAM *et al.*, 1998 in MEDJOURI et LAIB, 2016).

La germination est l'étape qui initie le développement de l'appareil végétatif lorsque les conditions climatiques le permettent. Notant que les conditions indispensables à la germination sont des conditions extérieures concernant le milieu entouré de la graine (eau, oxygène, température) et des conditions internes (l'état de la graine, dormance, maturation etc.). La réunion de toutes ces conditions favorisent la germination (RICHARD *et al.*, 2010 in LAOUER et TOUAHAR, 2019).

Lorsque les graines sont arrivées à maturité, elles sont placées dans des conditions optimales de température, d'humidité et d'oxygénation pour leur croissance et qu'elles ne germent pas, elles sont dites « dormantes », et leur dormance peut concerner, soit le tégument, on parle alors de l'inhibition tégumentaire, soit l'embryon, on parle alors de dormance embryonnaire (SOLTNER *et al.*, 2001 in LAOUER et TOUAHAR, 2019).

Il est ainsi démontré que la germination comprend trois phases successives : la phase d'imbibition, la phase de germination et la phase de croissance. Jusqu'à la fin de la phase de germination, la semence peut être déshydratée sans être tuée, mais lorsque la racicule a commencé sa croissance, la déshydratation est fatale. En outre, la germination et la croissance sont deux phénomènes qui ne sont pas sensibles de la même façon aux mêmes facteurs. (BAYARD, 1991 in HARIKI et LABIOD, 2018).

#### 1.3.4.2. Conditions de la germination

La germination des graines exige donc des conditions favorables externes qui sont la disponibilité en eau, en oxygène et une température compatible avec un métabolisme cellulaire actif et internes, la levée des dormances, ... (MOROT-GAUDRY et PART, 2012 in TAHMI et REDAOUI, 2017).

## A. Conditions internes

Avant la germination, la graine doit répondre à de nombreuses conditions internes (**HARIKI et LABIOD, 2018**) :

### A.1. Génétique

La qualité germinative d'une semence est fonction de son génome (**COME, 1993**). L'ensemble des paramètres qui interviennent à la germination comme : la variété, le poids et la taille, mais aussi la vie d'une semence, depuis sa création sur la plante mère jusqu'à sa reprise d'activité, exerce une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer.

### A.2. Levée de dormance

La germination ne commence qu'après la levée de dormance car la dormance d'une graine empêche la germination de cette dernière même si les conditions extérieures sont favorables.

### A.3. Maturité des graines

Une semence est mure lorsque toutes ses parties constitutives sont différenciées. C'est la maturité morphologique. Beaucoup de semences bien que vivantes et morphologiquement mures ne germent pas lorsqu'on les place dans des conditions apparemment favorables à leur germination, parce qu'elles ne sont pas physiologiquement mûres (**CHAUSSOT et LE DEUNF, 1975**).

### A.4. Longévité des semences

C'est la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif. Cette dernière condition varie considérablement en fonction des espèces, des variétés et des conditions environnementales (**HELLER et al., 2000**).

**A.5.** Disponibilité de l'amidon, des protéines, des lipides ou d'autres nutriments pour l'embryon de la graine à travers l'activité des enzymes et des voies spécifiques (**MIRANSARI et SMITH, 2009**).

## B. Conditions internes

La graine exige la réunion des conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, la température et la lumière (**HARIKI et LABIOD, 2018**) :

### B.1. Eau

L'eau est évidemment indispensable et doit être disponible dans le milieu extérieur en quantité suffisante mais aussi sous des liaisons suffisamment faibles pour que la graine puisse l'absorber (**HELLER et al., 2000**).

Selon **CHAUSSAT et al (1975)**, la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution des réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division (**DOMINIQUE, 2007**).

### B.2. Oxygène

L'oxygène doit être à la pression ordinaire de l'atmosphère ; les graines ne germent ni dans le vide ni sous une pression trop élevée (**LABERCHE, 2001**). Selon **MAZLIAK (1982)**, une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination. D'après **MEYER et al (2004)**, l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

Cet oxygène se combine avec les glucides et les lipides que renferme la graine lors des processus de respiration. Sous l'influence de l'humidité, la graine se gonfle, les enveloppes éclatent ou se ramollissent (**LABERCHE, 2001**).

### B.3. Température

Elle présente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques. Selon **MAZLIAK (1982)** la température est fondamentale dans la germination, elle agit sur la vitesse de consommation d'O<sub>2</sub> par l'embryon et sur les réactions d'oxydation des composés phénoliques. Elle varie suivant les graines.

#### B.4. Lumière

La lumière est aussi un facteur externe de la germination. On a cru pourtant, dans le passé, que la lumière n'était pas nécessaire à la germination. Mais, chez certaines espèces, on note une nette action positive de la lumière sur la germination. La lumière joue un rôle prépondérant dans la germination des graines qui possèdent, au même titre que les feuilles, des récepteurs photosensibles (phytochrome) (LABERCHE, 2001).

Ce facteur, dont l'action complexe est liée à la concentration relative des deux formes du phytochrome (CHAUSSAT *et al.*, 1975). D'après COME (1970), les semences peuvent être classées en trois catégories :

##### Semences à photosensibilités positive

Leur germination est favorisée par la lumière blanche. On estime que près de 70% des espèces ont des semences de ce type.

##### Semences à photosensibilités négative

Leur germination est inhibée par la lumière blanche et favorisée par l'obscurité. Elles représentent environ 25% des espèces

##### Semences indifférentes à la lumière

Elles germent aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière du jour.

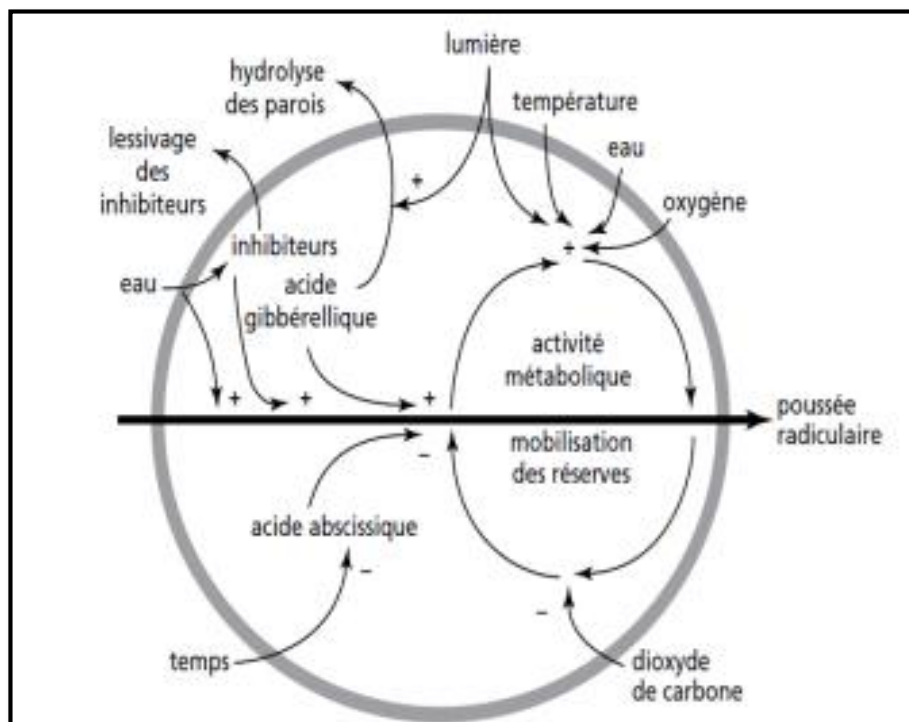


Figure 4. Facteurs internes et externes agissant sur la germination des graines (LABERCHE, 2003)

### 1.3.4.3. Phases de la germination

**HELLER et al., (2000) ; RAVEN et al., (2003) et MEYER et al. (2004)** ont distingué les phases suivantes de germination (**TAHMI et REDAOUI, 2017**) :

#### Phase I

Ou phase d'imbibition, assez brève selon les semences (de 6 à 12h), caractérisée par une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire.

#### Phase II

Ou phase de germination stricto sensu. Au cours de cette phase il y'a une stabilisation de l'hydratation et de la respiration à un niveau élevé. Cette phase, est relativement brève aussi de 12 à 48 heures. Elle s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments séminaux. Durant cette phase, la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité.

#### Phase III

Caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle.

### 1.3.4.4. Obstacles de la germination

Ce sont tous les phénomènes qui empêchent la germination d'un embryon non dormant (c'est qui donne naissance à la nouvelle plante et constitue la partie vivante ; la partie active de la semence) placé dans des conditions convenables (**MAZLIAK, 1982 in MEDJOURI et LAIB, 2016**). L'inaptitude à la germination de certaines graines peut être d'origine tégumentaire, embryonnaire ou due à des substances chimiques associées aux graines, ou dormance complexe (**BENSAID, 1985 in MEDJOURI et LAIB, 2016**).

#### **A. Dormance**

La dormance est donc une inaptitude interne au retour à la vie active ; c'est une forme particulièrement profonde de la vie latente .on désigne parfois sous le nom de quiescence la forme complémentaire, physiologiquement moins intéressante, où le maintien de la vie latente n'est dû qu'aux conditions extérieurs qu'il suffit de rendre favorables pour le retour à la vie active (**HELLER et al., 2000 in TAHMI et REDAOUI, 2017**).

### *Dormance embryonnaire*

Dans ce cas les inaptitudes à la germination résident dans l'embryon et constituent les véritables dormances. L'embryon peut être dormant au moment de la récolte des semences on appelle « dormance primaire ». Dans d'autre cas, l'embryon est capable de germer mais il perd cette aptitude sous l'influence de divers facteurs défavorables à la germination on parle alors de « dormance secondaire » (CHERFAOUI, 1987 in MEDJOURI et LAIB, 2016).

### **B. Inhibition tégumentaire**

D'après MAZLIAK (1982) in (MEDJOURI et LAIB, 2016), les inhibitions tégumentaires se rencontrent chez les semences dont les enveloppes sont totalement imperméables ou pas suffisamment perméable à l'eau ou à l'oxygène, ou des enveloppes trop résistants pour que l'embryon puisse les rompre.

#### **1.3.4.5. Levée de la dormance**

Il existe des conditions naturelles et artificielles grâce à des prétraitements qui permettent de lever les dormances des graines et d'améliorer la germination

#### **A. Naturelle**

Plusieurs stimuli environnementaux peuvent faciliter la levée de dormance des graines, c'est le cas de l'humidité ou de la lumière. La température reste cependant le paramètre qui a le plus d'effet chez le plus grand nombre d'espèces (GENEVE, 2003).

La levée de dormances tégumentaires s'effectue par l'altération des enveloppes, sous l'effet de la sécheresse, qui fait craqueler les téguments, ou celui des alternances de sécheresse et d'humidité, plus efficace encore, ou des alternances de gel et de réchauffement (HELLER et al., 2000). Les inhibiteurs volatils s'évaporent avec le temps et les autres inhibiteurs sont peu à peu lessivés par les pluies.

Les dormances embryonnaires sont généralement aussi éliminées par les températures hivernales (HELLER et al., 2000). Par ailleurs, l'infestation des graines et l'intervention des microorganismes du sol sans dommage à l'embryon peuvent augmenter la perméabilité du tégument à l'eau et favoriser ainsi la germination des graines dures (TYBIRK, 1991).

## B. Artificielle

Artificiellement, on peut pratiquer la scarification, terme qui désigne, par extension du sens propre (griffure) tout traitement, mécanique ou autre, qui brise ou affaiblit les téguments : décortication, trituration, battage, procédés chimiques (à manier avec discernement pour ne pas léser l'embryon : des bains de quelques instants dans l'éther, l'alcool ou l'eau bouillante sont parfois utilisés) (HELLER *et al.*, 2000 in TAHMI et REDAOUI, 2017)).

### B.1. Scarification physique

Au laboratoire, les méthodes les plus utilisées consistent à détruire partiellement les enveloppes de manière à les rendre perméables sans pour autant endommager l'embryon (TYBIRK, 1991 ; PETERS, 1997). Cette méthode appelée la scarification correspond au sens propre à des griffure, ou à tout traitement mécanique ou autre, qui brise ou affaiblit les téguments (HELLER *et al.*, 2000).

Trois types de traitements sont généralement employés pour scarifier les graines : la *scarification mécanique*, incluant souvent l'utilisation de papiers sablés ou de lames, la *scarification chimique* traitement à l'aide d'acides souvent acide sulfurique, et la *scarification thermique* à l'eau à 100°C ou températures élevées (HARTMANN *et al.*, 1997 in TAHMI et REDAOUI, 2017).

### B.2. Scarification chimique

L'amélioration de la germination des graines pourrait s'expliquer par le fait qu'en scarifiant chimiquement à l'acide sulfurique les téguments des graines permet d'augmenter leur perméabilité à l'air et à l'eau, ce qui favoriserait rapidement le processus de la germination (SOUMAHORO *et al.*, 2014 in TAHMI et REDAOUI, 2017). Un trempage des semences dans l'eau oxygénée ou l'acide sulfurique suffit pour dissocier les enveloppes sans tuer l'embryon et peut fournir pour certaines graines de bons résultats.

### B.3. Scarification mécanique

Diverses procédés mécaniques sont couramment utilisés dans le but de provoquer des lésions dans les enveloppes séminales comme des incisions manuelles, agitation ou frottement des semences contre des parois rugueuses. Ces traitements doivent être maniés prudemment pour ne pas léser l'embryon (COME, 1970 in TAHMI et REDAOUI, 2017).

**B.4. Stratification**

Elle consiste à faire séjourner les graines pendant un à deux mois dans de la tourbe humide, à une température assez basse, en moyenne 5°C, en pratique entre 1 et 10 °C. Cette stratification, qui signifie au sens propre une disposition en couches superposées, a donc, en tant que traitement, la signification d'un séjour au froid humide. Son action est complexe : elle ramollit les téguments, élimine les inhibiteurs solubles, mais aussi elle agit sur l'embryon, le froid humide, comme nous allons le voir, étant le facteur le plus habituel de levée de dormance de l'embryon (**HELLER et al., 2000 in TAHMI et REDAOUI, 2017**).

*Chapitre II*  
*Généralités sur le Pacanier*  
*(Carya illinoensis)*  
*(Wangenh.) K.Koch, 1869*

**CHAPITRE II – GENERALITES SUR LE PACANIER (*Carya illinoensis*)**

*Carya illinoensis* de son nom scientifique, le noyer de pécan, est aussi communément appelé pacanier ou caryer, originaire d'Amérique du Nord, c'est un arbre de la famille des Juglandacées. C'est un grand arbre fruitier et ornemental, rustique ; relativement facile à entretenir, très solide et résistant et au feuillage caduc, de 25 m de haut en moyenne et jusqu'à 6 m de diamètre, selon les conditions de culture et la variété plantée (MARISA et al., 2021).

La fructification n'est possible que si l'été est long et chaud. Les fruits sont appelés noix de pécan ou pacanes. Sèches, savoureuses et très nutritives, les noix de pécan possèdent de nombreuses propriétés et qualités.



Figure 5. Pacanier (*Carya illinoensis*) (MARISA et al., 2021)

**II.1. Systématique de l'espèce**

- **Règne** : Plantae
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Ordre** : Juglandales
- **Famille** : Juglandaceae
- **Genre** : *Carya*
- **Espèce** : *Carya illinoensis*

Le pacanier se décline en des centaines de variétés qui se distinguent selon leurs tailles et les noix qu'elles produisent. Les variétés les plus cotées (selon l'indice quantitatif de qualité commercialisable) et donc les plus recommandées sont entre autres (**MARISA et al., 2021**) :

- ✓ L'Espèce type ;
- ✓ Le Sumner ;
- ✓ Le Mahan
- ✓ Le Mac Millan ;
- ✓ L'Élisabeth
- ✓ La Gloria Grande...

#### Espèce type

L'espèce type du pacanier est une variété qui peut atteindre et dépasser les 40 mètres. Très large, elle possède un feuillage vert franc et est très productive. On estime à 80 % son indice quantitatif de noix de qualité commercialisables sur chaque année. De plus, elle peut produire des noix de pécan de qualité pendant une période comprise en 10 et 12 ans (**MARISA et al., 2021**).

#### Sumner

Cette variété de pacanier présente une forte densité foliaire, mais n'excède pas la hauteur de 15 mètres. Même si sa fructification est tardive, les fruits qu'elle produit sont très gros et font partie des plus chers du marché. 70 % des noix provenant de sa récolte sont commercialisables (**MARISA et al., 2021**).

#### Mahan

C'est une des variétés les plus connues et les plus recommandées lorsqu'on souhaite créer un verger commercial. D'origine américaine, elle est caractérisée par un feuillage à la fois épais et dense comportant de grandes folioles. Les noix qu'elle fournit sont de gros calibres. Le poids moyen d'une noix varie entre 7 et 8 grammes pour une longueur de 42 mm. Les noix de cette variété sont faciles à extraire, car la coque qui les recouvre est fine. On estime à 55 % son rendement au concassage (**MARISA et al., 2021**).

Mac Milan

Cette variété peut atteindre une hauteur de 30 mètres et est dotée d'un feuillage vert clair. Elle donne des fruits assez gros et beaux qui sont majoritairement d'une très bonne qualité. Elle ne nécessite que peu d'entretien et est productive à hauteur de 75 % (MARISA et al., 2021).

Élisabeth

La variété Élisabeth du pacanier possède un feuillage moyennement dense. Ses fruits qui pèsent 8 g en moyenne pour une longueur de 36 mm sont difficiles à concasser. Cette variété est aussi très rentable et peut être installée dans un verger (MARISA et al., 2021).

Gloria Grande

D'un feuillage vert foncé, cette variété de pacanier peut avoir une hauteur supérieure à 30 mètres. Sa culture permet d'obtenir régulièrement des noix à la fois belles et délicieuses. C'est une variété qui résiste très bien aux agressions et dont la productivité est estimée à 60 % (MARISA et al., 2021).

**II.2. Biologie de l'espèce****II.2.1. Caractéristiques morphologiques**

**Feuilles** : composées imparipennées, longues de 40 à 70 cm ont de 9 à 13 folioles, à marge serrette. Le pétiole est pubescent (CONNER et al., 2000).

**Inflorescences** : mâles sont des chatons pendants de 18 cm de long ; elles apparaissent avant les feuilles. Les fleurs femelles qui apparaissent sur de nouveaux rameaux, sont regroupées dans de petits épis dressés, terminaux (CONNER et al., 2000).

**Fruit (ou pacane)** : de forme cylindrique oblongue est une drupe, de couleur verte, déhiscente jusqu'à la base. Le péricarpe externe, le brou, mesure de 2 à 3 mm d'épaisseur. À maturité, le brou s'ouvre par quatre valves pour libérer le noyau (CONNER et al., 2000).

Fruit sec qui est en fait le noyau de la drupe, est de forme variable, généralement ovoïde, plus ou moins allongée. Il est lisse extérieurement et de couleur brune, tachée de noir. Il mesure de 3 à 6 cm de long sur 2–3 cm de diamètre. La coquille est mince (2 mm) (CONNER et al., 2000).

## **II.2.2. Cycle de vie**

### **II.2.2.1. Durée de vie et reproduction**

Une fois que les arbres auront atteint leur maturité après environ 12 ans (selon les conditions dans lesquelles ils ont été cultivés), ils commenceront à produire des graines et recommenceront le processus. Les noix de pécan peuvent vivre incroyablement longtemps, certains vivant bien plus de 300 ans (**CONNER et al., 2000**).

### **II.2.2.2. Germination**

Le cycle de vie d'un pacanier commence par la propagation et la germination des graines. En tant qu'adultes matures, les pacaniers laisseront tomber des milliers de graines au sol, qui peuvent se propager par l'eau, le vent ou les animaux. Les graines tomberont à l'automne, resteront en dormance pendant l'hiver, puis au printemps, après avoir reçu suffisamment de chaleur et de pluie, la graine commencera le processus de croissance en arbre (**CONNER et al., 2000**).

### **II.2.2.3. Enracinement**

Après la germination, la graine germera une ou plusieurs petites racines, qui s'enfouiront ensuite dans le sol pour chercher de l'eau. Une fois qu'il a trouvé de l'eau, il s'enracinera littéralement dans le sol et une tige commencera à pousser à travers le boîtier de la noix vers le soleil. Après quelques semaines, le boyau se détachera de la tige et tombera. La graine est maintenant devenue ce qu'on appelle un semis (**CONNER et al., 2000**).

### **II.2.2.4. Pousse**

Au cours des prochaines années, le petit pacanier continuera à pousser et finira par faire germer ses feuilles. Il deviendra un jeune arbre au bout de quelques années et devrait mesurer environ 16 pieds de haut dans des conditions idéales à l'âge de 10 ans. Il continuera de croître jusqu'à ce qu'il atteigne 66 à 133 pieds, bien que certains arbres puissent atteindre un maximum d'environ 144 pieds (**CONNER et al., 2000**).

### **II.3. Ecologie de l'espèce**

#### ***Exigences édaphoclimatiques***

C'est une espèce très rustique (jusqu'à -35 °C). Le pacanier apprécie les climats à forte amplitude thermique. Il apprécie les fins d'été chaud et sec. C'est une espèce qui apprécie les sols profonds. Le pacanier aime les sols humides, et nécessite donc un arrosage régulier les premières années. Le pH optimal se situe entre 6,0 et 8,0 (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

Le pacanier préfère les sols profonds de nature argilo-calcaire ou silico-calcaire. Il est exigeant en eau et ne peut pas être envisagé en sec. Sa croissance et sa fructification au bord des courants d'eau sont excellentes. Cette espèce ne redoute pas les excès d'humidité et peut être arrosée avec des eaux saumâtres ayant des concentrations de sel pouvant aller jusqu'à 3 g de sel par litre (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

### **II.4. Plantation et culture de l'espèce**

#### **II.4.1. Lieu de plantation**

Le pacanier est un arbre qui affectionne les régions caractérisées par des climats chauds ensoleillés ou mi- ombrés. Même s'il peut supporter des températures basses (jusqu'à -20 °C), il faut éviter de le planter en zones montagneuses. En effet, il est impératif qu'il ne soit pas exposé au gel pendant 6 à 7 mois dans une année. Il se développe très rapidement dans les régions où l'été est particulièrement long et très chaud (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

Pour la croissance du pacanier, il faut aussi tenir compte de la nature du sol dans lequel il sera installé. Il ne supporte pas les sols trop salés de même que les sols pauvres en oxygènes. Sa plantation convient surtout aux sols profonds de nature silicocalcaire ou argilocalcaire dont le pH est compris entre 6 et 7 (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

Il s'adapte bien à :

1. Une terre de bruyère ;
2. Un sol en humus ;
3. Un sol sableux...

Il est très important que le sol soit humide ou semi-humide. Il croit d'ailleurs beaucoup plus vite et donnera plus de fruits s'il est installé près d'un cours d'eau. Très adapté pour une plantation en pleine terre, le pacanier peut aussi être planté dans un bac, une jardinière, un pot. Cependant, la plantation en bac n'est conseillée que pour des fins d'ornement, parce que ce type de plantation a de très faibles chances de donner des fruits. En bac ou en pleine terre, il est impératif qu'il soit bien exposé au soleil dans les premiers jours (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

#### **II.4.2. Quand et comment planter ?**

La plantation du pacanier se fait entre fin octobre et mai, mais en dehors de la période de gel. Il ne faut pas négliger la sélection des plants. Il faut que le substrat soit plus ou moins riche.

Voici les étapes à suivre pour bien planter un pacanier (NOPERI-MOSQUEDA, 2020) :

- ✓ Creuser une fosse de plantation d'une profondeur et d'une largeur de 1 m ;
- ✓ Faire un mélange en proportions égales de sables, terre de bruyère et terre végétale ;
- ✓ Verser le mélange dans le trou à une hauteur adaptée au volume racinaire de la variété en question ;
- ✓ Mettre le plant dans le trou tout en veillant à ne pas abîmer les racines ;
- ✓ Positionner le plant bien droit de sorte que le collet se retrouve au ras du sol ;
- ✓ Refermer le trou en utilisant le mélange de sable, terre de bruyère et terre végétale ;
- ✓ Tasser de façon régulière le trou tout en veillant à y installer une cuvette pour la rétention d'eau ;
- ✓ Arroser copieusement le plant ;
- ✓ Tailler le tiers du sommet du plant afin de favoriser le développement des racines saines ;
- ✓ Pailler l'arbre afin de le protéger du gel et des mauvaises herbes...

### **II.4.3. Taille du pacanier**

Cet arbre n'a pas besoin de taille, sauf pour raison esthétique. En fonction de l'usage et de l'espace disponible, il est possible de le tailler en tout début de printemps, sans toutefois enlever plus d'un tiers de sa végétation (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

### **II.4.4. Fertilisation du pacanier**

Le printemps et l'automne sont les deux périodes de croissance végétative intense du pacanier. Pour éviter qu'il ne manque de nutriments, il faut le fertiliser. Pour fertiliser les pacaniers d'au plus 3 ans, il faut utiliser pour un diamètre du tronc 400 g d'engrais 5-10-5. Quant aux pacaniers plus âgés, la dose conseillée pour un diamètre du tronc est 1,8 kg d'engrais 10-10-10. La fertilisation ne doit pas être faite directement sur les racines.

Le début d'été est la période phare pour fertiliser un jeune pacanier. Le pacanier étant sensible à la carence de zinc, pour espérer faire une bonne récolte, il faut utiliser l'engrais de zinc, notamment si les dernières noix récoltées n'étaient pas charnues. Les engrais riches en nitrate d'ammonium peuvent aussi être utilisés en cas de besoin pour stimuler la croissance du pacanier (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

## **II.5. Multiplication de l'espèce**

La multiplication du pacanier peut se faire de différentes façons, notamment le semis, le greffage et le bouturage.

### **II.5.1. Semi**

La multiplication par semi est simple à faire et permet d'obtenir la variété de l'espèce type. Cependant, on ne peut espérer cueillir les premiers fruits après 10 ou 12 années de vie. Le bouturage quant à lui ne permet pas d'obtenir des pacaniers robustes et beaux. Il est possible de semer cet arbre, de façon simple et efficace. Le semis donne des plants de l'espèce type de *Carya illinoensis*. Malheureusement, il faudra patienter 10 à 12 ans pour avoir une première fructification (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

Semez au printemps, dans un mélange composé de 1/3 de terre de bruyère, 1/3 terre franche, 1/3 perlite. La graine doit être recouverte de 2 à 3 cm. La levée se fait en 3 semaines, dans des conditions de température et d'hygrométrie favorables. Entourez le pot d'un plastique percé pour faire monter l'humidité, et maintenez une température constante de 20 °C.

Une fois le plant germé, ôtez le plastique, maintenez la même température jusqu'à ce que la météo soit favorable à son adaptation extérieure. Surveillez son enracinement et repotez ou plantez-le dès que la racine pivotante commence à s'enrouler dans le fond de pot (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

### **II.5.2. Greffage**

Le greffage est le mode de multiplication le plus adapté pour cet arbre. Il existe différentes formes de greffage (NOPERI-MOSQUEDA, 2020) :

- ✓ Le greffage à l'anglaise qui se fait en début de printemps ;
- ✓ Le greffage à écusson qu'on réalise en août (recommandé) ;
- ✓ Le greffage à œil poussant ou œil dormant (complexe à réaliser)...

Le pacanier se multiplie par greffage durant les saisons chaudes ou la saison hivernale à condition que vous ayez un abri pour stabiliser la température. Il est possible de pratiquer une greffe à l'anglaise au début du printemps en prenant soin de protéger les greffons contre la déshydratation (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

Le greffage en écusson se pratique en août. En écusson traditionnel (le plus conseillé), choisir des rameaux jeunes comportant des yeux et des bourgeons bien formés. Prélevez les yeux de manière à ce que chaque greffon contienne un œil et un bourgeon. Insérez-les entre les écorces du porte-greffe au niveau d'une entaille en forme de T puis ligaturez avec du raphia. Enduisez les plaies avec du mastic à greffer et surveillez la pousse (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

### **II.5.3. Bouturage**

Le bouturage est praticable sur cet arbre, mais ne donne pas de beaux et robustes pacaniers, comme peuvent le faire le semis ou le greffage (NOPERI-MOSQUEDA, 2020).

## **II.6. Maladies, nuisibles et parasites**

Les problèmes les plus rencontrés sont : tâches foliaires fongiques comme l'oïdium, galle du collet sur tronc. Pulvérisez votre arbre dès la fin des fortes pluies à l'aide d'un fongicide spécifique, systémique de préférence.

*Chapitre III*  
*Serres de nébulisation*

## **CHAPITRE III - SERRES DE NEBULISATION**

La serre vient du verbe « serrer », on peut donc en déduire, logiquement, qu'il s'agit d'un espace réduit, où on essaiera de faire tenir le plus grand nombre de plantes possibles. Ce n'est sans doute là qu'un aspect très partiel du rôle de la serre moderne. La serre est conçue à l'origine comme un simple abri.

Ou une enceinte destinée à la culture ou à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire, elle est devenue un local industriel de production de la matière végétale où l'on tente d'adapter l'environnement immédiat de la plante, de façon à améliorer sa productivité et sa qualité, en l'affranchissant du climat extérieur, du sol local et même des saisons (**LOUKAL et KEBIR, 2018**).

Une serre est une structure qui peut être parfaitement close destinée en général à la production agricole. Elle vise à soustraire aux éléments climatiques les cultures vivrières ou de loisir pour une meilleure gestion des besoins des plantes et pour en accélérer la croissance ou les produire indépendamment des saisons. La culture sous serre s'appelle la serriculture. La serre peut être aussi un édifice architectural d'agrément qui satisfait l'esthétique par sa forme et par les plantes qu'elle contient, ou qui satisfait la curiosité (**LOUKAL et KEBIR, 2018**).

### **III.1. Caractéristiques climatiques d'une serre**

Le climat à l'intérieur de la serre dépend du climat extérieur, des caractéristiques physiques de l'air intérieur, de la forme de la serre, du volume de l'abri, son orientation et des qualités physico-chimiques des matériaux de la couverture. Les principaux facteurs du milieu interne d'une serre, qui sont modifiés par rapport à l'extérieur sont : la lumière, la température, l'humidité et les concentrations des gaz ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) (**LOUKAL et KEBIR, 2018**).

#### **III.1.1. Lumière**

Les conditions d'éclairage à l'intérieur de la serre sont sous l'étroite dépendance du climat lumineux naturel, la meilleure utilisation de ce climat naturel sera liée au choix des matériaux de couverture et aux conditions de leur mise en œuvre (structure, forme et orientation des serres) qui ont une grande influence sur l'utilisation raisonnable de ce climat naturel (**LOUKAL et KEBIR, 2018**).

### III.1.2. Température

La température de l'air, caractéristique du climat de la serre, est la résultante du bilan d'énergie établi sous la serre. L'effet de serre se présente généralement de la façon suivante (LOUKAL et KEBIR, 2018) :

- L'abaissement de la température pendant la nuit est dû à la diminution des déperditions d'énergie par rayonnement infrarouge à travers la paroi limite le refroidissement nocturne ; on parle alors d'inversement de température.
- L'élévation de température de l'air pendant le jour qui devient rapidement excessive lorsque le rayonnement solaire est intense, est dû aux effets conjugués des piégeages des apports radiatifs solaires et à la réduction d'échanges convectifs. Il est alors nécessaire d'intervenir en augmentant la vitesse de renouvellement de l'air par aération statique ou par ventilation dynamique.

### III.1.3. Humidité

L'étanchéité de la serre favorise l'augmentation de l'humidité absolue tandis que l'élévation de la température de l'air tend à accroître le déficit de la saturation. Les conséquences de l'humidité sont (LOUKAL et KEBIR, 2018) :

#### Pendant le jour

L'élévation de la température de l'air entraîne un abaissement exagéré de l'humidité relative et provoque un véritable "stress hydrique" au niveau de la végétation d'où la nécessité de prévoir un système de ventilation de la serre.

#### Pendant la nuit

Les serres souvent fermées ont une humidité élevée. Au cours de la nuit, la température baisse. Il se produit fréquemment des condensations sur les parois et les gouttes condensées peuvent tomber sur la végétation.

### III.2. Types de serres

La classification des serres est souvent faite selon les formes données par les cadres porteurs qui constituent l'assemblage, on distingue deux principaux types appartenant à deux grandes familles de serres : Serres chapelles et Serres tunnels. On peut les distinguer suivant les formes de leurs toits : Chapelles à versants plats et à poteaux verticaux, Chapelles dissymétriques, Chapelles sans poteaux verticaux, Chapelles à piédroits inclinés...etc.

Il existe aussi d'autres types de serres plus petite appelée petit tunnel, ce type s'est rapidement développé dans les pays méditerranéens en raison de leur faible coût de revient. Sa largeur à la base des arceaux est de 1,5 mètre et sa hauteur est de 0,45 mètre, sa longueur ne dépasse pas les 20 mètres. Le classement des serres peut se faire aussi suivant leur domaine d'utilisation (LOUKAL et KEBIR, 2018).

#### **III.2.1. Serres enterrées**

Orientées vers la multiplication. Où les cultures en pots. Elles reposent sur des murettes, le niveau des tablettes est presque au niveau du sol. Par contre les couloirs sont creusés dans les terrains puis maçonnés.

#### **III.2.2. Serres maraîchères**

Souvent dénommées serres de type Hollandais, dénomination aujourd'hui inexacte. La largeur est de 3 mètres. On en rencontre dans l'ancien établissement d'horticulture florale, et utilisé surtout en maraîchage.

#### **III.2.3. Serre de multiplication**

Étroite et traquée, bien isolée de façon à pouvoir maintenir des températures élevées. La hauteur est basse et les largeurs de chapelles sont de l'ordre de 3 mètres.

#### **III.2.4. Serre horticole et serre florale**

Peuvent être simples ou multi-chapelles, les largeurs de chapelle varient de 6 à 20 m. Pour la serre florale utilisée pour la production des fleurs coupées, elle est souvent très large. Les serres horticoles utilisées pour les plantes en pots, leurs largeurs est de 15 à 20 m. Les serres roulantes, qui sont assez particulières, elles sont utilisées pour le forçage sur des plantes vivaces ou des arbustes qui restent en place durant de longue période (LOUKAL et KEBIR, 2018).

### **III.3. Rôle des serres dans le domaine agricole**

Une serre est destinée à protéger les plantes non rustiques et à favoriser la croissance des cultures (légumes ; fleurs ; ... etc.) en créant des conditions climatiques plus favorables que le climat local ou pour permettre les cultures dites « hors saison » (LOUKAL et KEBIR, 2018).

*Deuxième partie*  
*Etude expérimentale*

*Chapitre I*  
*Matériel et méthodes*

## CHAPITRE I - MATERIEL ET METHODES

### I.1. Présentation du site d'expérimentation

La présente étude d'essai d'expérimentation sur la germination des graines du Pacanier (*Carya illinoensis*), a été conduite en serre de nébulisation pédagogique du département d'agronomie de la faculté des sciences de l'université 20 Aout 1955 de Skikda. Choiesies pour être utilisées comme siège de mise en place du dispositif expérimental adopté pour notre étude. L'objectif de son utilisation était de réunir le maximum de conditions climatiques favorables nécessaires pour la croissance et le développement qu'accélérer ces derniers afin d'obtenir des résultats dans des brefs délais.

La serre permet de créer artificiellement un microclimat, destiné à la croissance et au développement des cultures. Parmi les facteurs climatiques de la serre, qui diffèrent de l'extérieur : la température, la lumière et l'humidité...

Cette serre contient deux types de pièces, séparées et intégrées en même temps, cellule de multiplication et cellule d'acclimatation (HAMMIDOUCHE, 2020).

**Table de commande** : Les facteurs d'environnement sont surveillés à l'intérieur de la serre, grâce à table de commande, qui fonctionne de manière automatique, et assure la gestion et le suivi de toutes les fonctions et facteurs dans la serre (température, humidité,...) (HAMMIDOUCHE, 2020).



Photo 1. Table de commande (DABI et DANI, 2018).

**Tablette de culture** : L'ensemble de cette serre contient de quatre tablettes d'élevage, semis-roulantes, et équipées de panneaux chauffants, dont la perlite chauffante. Cette serre a une capacité de production de 24000 plants, par chaque étape de production (HAMMIDUCHE, 2020).

Le contrôle de la température de l'air et de la perlite, ce fait grâce au système de chauffage de l'air, qui fonctionne au gaz permettant de pomper de l'air chaud (HAMMIDUCHE, 2020).



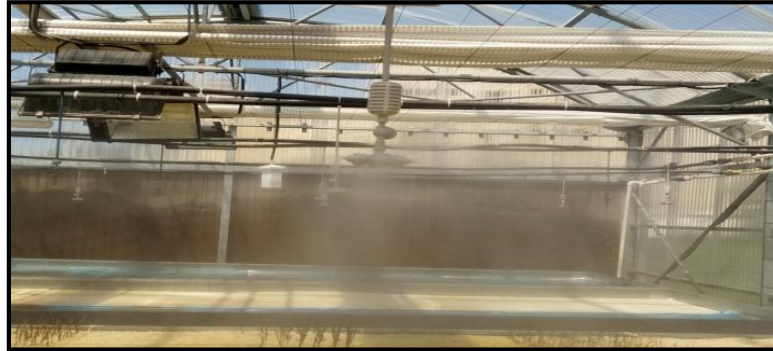
Photo 2. Chauffage d'air pulse (DABI et DANI, 2018).

**Système de refroidissement** : La température peut être abaissée, au-delà de la valeur programmée. Ce système fonctionne grâce à l'eau qui coule, qui s'évapore au niveau moléculaire (HAMMIDUCHE, 2020).



Photo 3. Système de refroidissement (DABI et DANI, 2018).

**Système d'irrigation par brouillard** : Qui adopte des dispositifs d'écoulement, qui permettent à tout l'espace d'être pulvérisé et mouillé (HAMMIDUCHE, 2020).



**Photo 4.** Système d'irrigation par brouillard (DABI et DANI, 2018).

La Température ambiante est maintenue entre 20 et 25 C° le jour et 15 et 18 °C la nuit. L'Hygrométrie est proche de la saturation 100 % (HABBAS, 2019).

## **I.2. Présentation du matériel végétal**

Nos tests de germination ont porté sur les graines de Pacanier, récoltées à maturité au niveau de la région d'étude, achetées du marché. Nous avons choisis en question comme sujet pour nos tests de germination suite à l'état en voie de dégradation des essences représentant cette espèce au sein du jardin botanique du département d'agronomie de l'université de Skikda.



**Photo 5.** Noix de pécan (Photo personnelle).

Les quelques pieds de pacanier encore vivants souffrent d'un certain nombre de problèmes d'ordre phytosanitaire et techniques en relation avec les pratiques de soin et entretien des pieds. La qualité et la quantité des graines de pacane produites ne sont plus satisfaisantes.

En plus les essais de production de plants de pacanier menés les années passées n'ont eu aucune suite, l'espèce a montré une réaction négative vis-à-vis aux méthodes de multiplication par bouturage herbacé.

Raisons pour lesquelles nous avons choisi cette espèce dans un objectif de rechercher une solution de multiplication de cette espèce afin de la préserver et pourquoi pas la propager en utilisant la multiplication par graine avec différents traitements et différents substrats ce qui va nous montrer quelle méthode, quel substrat et quel traitement sont les meilleurs pour une multiplication réussite du pacanier.

### **I.3. Présentation des substrats cultureaux**

Quatre éléments de base ont permis de préparer les substrats de culture pour la mise en germination de nos graines de pacane. Il s'agissait de : Sable de rivière, Terre ordinaire (terre noire récupérée du verger arboricole de l'université), Sciure de bois et Grignons d'olives. Plusieurs substrats ont été mis en point par combinaison à des proportions différentes des différents éléments dont l'objectif est de faire tester l'effet du type du substrat sur la qualité de la germination des noix de pécan.

### **I.4. Mise en place de l'expérimentation**

Selon la recherche réalisée sur la biologie du pacanier, il s'est avéré que la période propice pour la germination des noix de pécan est bien la période printanière. Pour cela la période de notre expérimentation correspondait à la période étalée entre le 06 Mars et le 29 Mai de l'an 2022.

#### I.4.1. Préparation des substrats de culture

22 substrats en total ont été utilisés. Il s'agit de substrats à base de Sable de rivière et de Terre ordinaire ; substrats à base de Sable de rivière et de Grignons d'olives ; substrats à base de Sable de rivière et de Sciure de bois ; substrats à base de Grignons d'olives et de Terre ordinaire ; substrats à base de Grignons d'olives et de Sciure de bois et enfin des substrats à base de Terre ordinaire / Sciure de bois.



**Photos 6, 7, 8. Préparation des substrats cultureux (Photos personnelles).**

Les proportions des éléments de base constituant les mélanges varient entre 30%, 50% et 70%. En plus de quatre substrats à base d'un seul constituant (100%) (Tableau 1). Les substrats ont été préparés manuellement et mis par la suite dans des pots de plastique de polyéthylène (de 24 cm de hauteur pour un diamètre de 17 cm et une épaisseur de 40  $\mu\text{m}$ ) perforés afin de drainer le milieu de culture. Les pots ont été remplis aux trois quarts (3/4) (Tableau 1).

Tableau 1. Substrats utilisés pour les essais de germination des grains de pacane

<b>Mélange 1 : Sable de rivière / Terre ordinaire</b>	<b>Mélange 4 : Grignons d'olives / Terre ordinaire</b>
30% Sable / 70% Terre	30% Grignons / 70% Terre
70% Sable / 30% Terre	70% Grignons / 30% Terre
50% Sable / 50% Terre	50% Grignons / 50% Terre
<b>Mélange 2 : Sable de rivière / Grignons d'olives</b>	<b>Mélange 5 : Grignons d'olives / Sciure de bois</b>
30% Sable / 70% Grignons	30% Grignons / 70% Sciure
70% Sable / 30% Grignons	70% Grignons / 30% Sciure
50% Sable / 50% Grignons	50% Grignons / 50% Sciure
<b>Mélange 3 : Sable de rivière / Sciure de bois</b>	<b>Mélange 6 : Terre ordinaire / Sciure de bois</b>
30% Sable / 70% Sciure	30% Terre / 70% Sciure
70% Sable / 30% Sciure	70% Terre / 30% Sciure
50% Sable / 50% Sciure	50% Terre / 50% Sciure

#### I.4.2. Préparation du matériel végétale (Noix de pécan)

##### *Tri et vérification de la pureté des graines*

Avant la mise en place des semis, et pour vérifier la pureté des graines, ces dernières ont été déposées dans un récipient contenant de l'eau. Sont considérées comme pures, les graines qui sont submergées et impures ceux qui sont restées à la surface de l'eau. De plus, les graines présentant des anomalies ou défauts sont également éliminées.

##### *Traitement des graines*

Après tri, les graines ont été réparties en trois lots, chaque lot de graines a subi un type de prétraitement. Ainsi :

- ✓ Les graines du premier lot constituent les graines témoin c'est-à-dire sans traitement quelconque.
- ✓ Les graines du deuxième lot ont été trempées dans de l'acide sulfurique 98% pendant 10 minutes puis rincées abondamment plusieurs fois avec de l'eau distillée.
- ✓ Les graines du troisième ont été scarifiées. La scarification dans ce cas est mécanique consistait à pratiquer manuellement une incision superficielle et locale de la graine du pôle opposé à l'embryon à l'aide d'une lame afin d'enlever le tégument externe.



Photos 9, 10. Traitement des graines avec l'acide sulfurique Trempage + rinçage (Photos personnelles).



Photos 11, 12, 13. Scarification mécanique des graines – Elimination d'une partie des téguments externes (Photos personnelles).

### **I.4.3. Mise en place des semis**

Les graines ont été semées au centre des pots dans un poquet creusé à l'aide d'un plantoir à une profondeur de 5 cm. L'essai a été conduit selon un dispositif en blocs randomisés complets, composé de vingt 22 unités expérimentales.

Au sein de chaque pot correspondant à un type substrat et à une répétition ; 3 graines sont semées ; le nombre de pots correspondant au nombre total des mélanges utilisées est de 66 pots soit 198 graines.



**Photos 14, 15, 16, 17. Mise en place de l'essai (Photos personnelles).**

### I.5. Suivi des semis

L'essai d'expérimentation a duré trois (3) mois (début Mars – fin Mai), soit près de 90 jours. Durant cette période, les semis ont été arrosés avec l'eau du robinet une fois par jour. Le comptage des graines germées a été effectué tous les jours pendant trente (38) jours afin d'évaluer le taux de germination. Une graine germe lorsque sa plantule est au-dessus du sol contenu dans le pot. Dès la germination, les paramètres relevés chaque jour sont :

1. *Nombre de graines germées* dans chaque répétition et pour chaque type de traitement, ceci pour calculer le *pourcentage de germination (PG)* dont la formule est la suivante :

$$PG = \frac{\text{total des graines germées}}{\text{total des graines semées}} \times 100$$

2. *Période de dormance (PD)* : Nombre de jour entre le semis et le début de germination.

3. *Nombre maximal de graines germées (NMG)* pour chaque type de traitement.

4. *Capacité de germination* : Nombre maximal des graines germées.

5. *Nombre total des graines germées au dernier jour*.

### I.6. Suivi de la croissance et variables mesurées des plants

La croissance des plantules a été suivie durant trois (4) semaines au cours desquelles, la *hauteur des plantules* et le *nombre* des feuilles ont été régulièrement mesurées.

*Chapitre II*  
*Résultats et Discussion*

## **CHAPITRE II - RESULTATS ET DISCUSSION**

Après avoir semé les graines des différents lots dans les pots contenant les différents types de substrats (Mélanges) nous avons procédé à un suivi du processus de germination ce qui nous a permis de collecter un ensemble de données relatives à l'effet des variables : type de traitement avant mise en culture et type de substrat de culture sur la germination des noix de pécan.

### **II.1. Effet de la nature du traitement sur la germination des graines de pacane**

Les résultats que nous allons détailler ci-après sont relatifs aux : Temps de germination, Taux de germination et Taux de mortalité.

#### **II.1.1. Temps de germination**

Après observation de la levée de dormance et la germination des différents lots de graines nous avons constaté qu'il s'agissait d'une germination échelonnée ; les germinations des graines se sont manifestées tout au long de la période d'expérimentation étalée entre le début du mois de Mars et la fin du mois de Mai.

Les graines de différents prétraitements ont commencé à germer à des périodes nettement différentes. La période de germination (PG) ou temps de germination, le plus court a été observé au niveau du lot des graines scarifiées (**PG = 8 jours**) ou traitées physiquement par élimination d'une partie des téguments externes suivi en deuxième position par celui du lot des graines trempées dans l'acide sulfurique 98% (**PG = 38 jours**). Le lot des graines témoins (Non traitées) n'a présenté aucun signe de germination durant toute la période de l'expérimentation la majorité des graines ont fini par altération.

Les résultats obtenus au cours de notre expérimentation font ressortir que la présence des téguments retarde la germination chez le pacanier. Il ressort que les traitements réalisés ont permis aux graines d'avoir un temps d'attente plus court par rapport aux graines non traitées.

### **II.1.2. Taux de germination**

D'après les résultats enregistrés nous avons constaté que le plus grand taux de germination a été observé au niveau du lot des graines scarifiées (TG = 32,5%), suivi du lot des graines trempées dans l'acide sulfurique 98% (TG = 23%). Pour les graines témoin n'ayant subi aucun prétraitement le taux germination était nul (TG = 0%).

La capacité de germination ou le nombre maximal des graines germées dans cet essai est 40. Soit un taux de germination total de l'essai de l'ordre de 21.11%. Le nombre de graines germées le dernier jour est un (0).

Les taux de germinations meilleurs chez les graines traitées par rapport à celles témoins montrent que l'exposition des graines de pacane à des facteurs externes physiques et ou chimiques avant mise en culture favoris leur germination. La scarification physique par élimination mécanique des téguments entraîne l'imbibition rapide du tégument des graines et l'entrée d'eau dans les réserves ce qui permet la sortie rapide de la radicule et le déclenchement des réactions métaboliques de l'embryon et des cotylédons.

De même, leur trempage dans de l'acide sulfurique pendant une période courte n'engendrant pas la détérioration de l'embryon, puis leur rinçage dans l'eau a entraîné le ramollissement des téguments solides des graines et a été un atout pour le déclenchement de la germination en facilitant toujours 'humidification des cotylédons et la sortie de l'embryon par la suite.



**Photos 18, 19. Germination des noix de pécan (Photos personnelles).**

### II.1.3. Taux de mortalité

Le plus faible taux de mortalité a été enregistré pour lot des graines scarifiées (TM = 32,5%), et les graines témoins (TM = 37%) suivies du lot des graines trempées dans l'acide sulfurique 98% (TM = 42,5%).

Les résultats que nous avons réunis suite à notre expérimentation font apparaître un taux et une vitesse de germination élevée avec une durée de vie latente courte pour les graines décortiquées par rapport aux autres graines. Selon **BENMAHIOUL et al. (2010)**, L'effet inhibiteur des téguments a été signalé chez de nombreuses essences à savoir : *Pistacia atlantica* (**AÏT RADI, 1979**), *Olea laperrini* (**BERRAR et BOUGUEDOURA, 2000**), *Argania spinosa* (**DERRIDJ et al., 2000**) et *Balanites aegyptiaca* (**TRAORE, 2002**).

Le processus germinatif chez certaines espèces est généralement amélioré par un pré traitement de scarification chimique avec de l'acide sulfurique concentré (**CRANE et FORDE, 1974**) mais il faut faire très attention à ne pas endommager l'endosperme séminal. D'un autre côté, **ALETA et al. (1997)** signalent que le taux de germination des différentes espèces du genre *Pistacia* dépend largement de l'espèce : *P. integerrima* 33,2%, *P. palestina* 41,2%, *P. vera* 53,1% et *P. terebinthus* germe, très mal, uniquement 22,9%.

Ces auteurs signalent que l'apport de froid en condition de stratification humide améliore les résultats. Le pourcentage de germination est globalement maximum après 1 mois de stratification mais la vitesse de germination augmente graduellement avec la durée du traitement de froid appliqué.

## II.2. Effet des prétraitements sur la croissance de jeunes plants de pacane

### II.2.1. Hauteur des tiges

On distinguait une faible variabilité de la hauteur des tiges des jeunes plants de pacanes en fonction des prétraitements. Ces résultats font constater que le type de traitement n'a aucun effet sur la vitesse ou la qualité du processus de croissance. Une fois germées les jeunes repousses s'allongent selon les conditions externes. La différence de hauteur en cm entre plants obtenu est non significative. La seule différence enregistrée était en matière de l'émergence des jeunes tigelles qui est due à la germination précoces chez les graines traitées.

### II.2.2. Nombre de feuilles

Même résultats sont enregistrées pour ce paramètre. Le nombre de feuilles reflète l'état de croissance et de développement des plantules.

## II.3. Effet de la nature de substrat sur la germination des graines de pacane

### II.3.1. Temps de germination

L'échelonnement de la germination des graines de pacane est fonction du type de substrat de culture utilisé. La durée moyenne de germination des graines varie de 38 jours à presque 2 mois. A travers l'analyse des données de ce tableau, nous constatons que les semées sur les mélanges à base de terre ordinaire et grignons d'olives (quel que soit le rapport entre les substrats de mélange) et ceux à base de grignons d'olives et sciure de bois (30% / 70% et 70% / 30%) ont la durée moyenne de germination la plus courte (38 Jours).

En deuxième position viennent les mélanges à base de Sciure de bois et Sable de rivière (50% / 50% et 70% / 30%), à base de terre ordinaire et Sciure de bois (faible proportion de terre ordinaire), à base de sable de rivière avec grignons d'olives ou terre ordinaire (faible proportion de sable de rivière) avec un délai de germination de 42 Jours. L'échelonnement des germinations est très long au niveau des graines semées soit le reste des substrats surtout ceux à fortes proportions de terre ordinaire ou de sable de rivière.

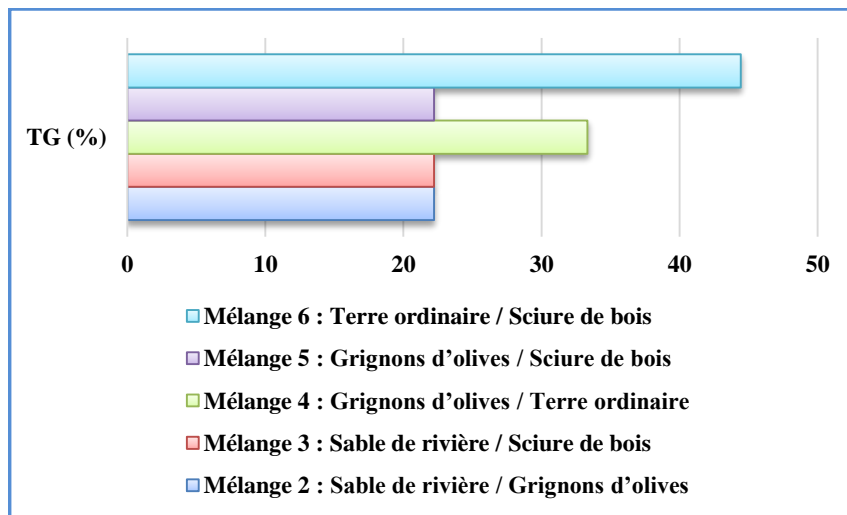
### II.3.2. Taux de germination

Les résultats relatifs à la variabilité du taux de germination des différents lots de graines en fonction des substrats utilisés dans notre essai sont réunis dans le tableau 2.

**Tableau 2. Taux de germination des grains de pacane en fonction de substrats de culture**

Substrats	TG (%)
<b>Mélange 1 : Sable de rivière / Terre ordinaire</b>	03.70
<b>Mélange 2 : Sable de rivière / Grignons d'olives</b>	22.22
<b>Mélange 3 : Sable de rivière / Sciure de bois</b>	22.22
<b>Mélange 4 : Grignons d'olives / Terre ordinaire</b>	33.33
<b>Mélange 5 : Grignons d'olives / Sciure de bois</b>	22.22
<b>Mélange 6 : Terre ordinaire / Sciure de bois</b>	44.44

Selon le tableau 2, les mélanges Terre ordinaire / Sciure de bois et Grignons d'olives / Terre ordinaire ont donné les meilleurs résultats en matière de nombre de graines germées par rapport aux deux autres substrats utilisés ; les taux de germination étaient respectivement de l'ordre de 44.44% et 33.33%. Le plus faible taux de germination est enregistré pour le mélange Sable de rivière / Terre ordinaire quel que soit les proportions des deux substrats de base.



**Figure 6. Taux de germination des grains de pacane en fonction de substrats de culture**

On constate que les taux de germination atteints sont systématiquement plus élevés en cas d'utilisation Sciure de bois comme substrat de culture. Le taux est important plus la proportion de la sciure de bois est importante. Les germinations sont beaucoup plus rapides et plus homogènes que dans la terre ordinaire ou dans le sable de rivière. Cette différence s'explique surtout par le contraste entre les propriétés physico-chimiques des substrats utilisés. A savoir la texture, la porosité, la capacité de rétention de l'eau, teneur en éléments nutritifs, compacité, infiltration, perméabilité, aération, ...

La sciure de bois n'est pas obstruée par les semences de mauvaises herbes, des impuretés de sols ou des ravageurs pouvant empêcher la germination des semences mises en place par compétition ou allélopathie. Grâce à ses caractéristiques dans la sciure de bois l'humidité est préservée, les racines sont isolées et les baisses de température sont lissées. De même pour les grognons d'olives, leur utilisation permet d'obtenir une matière organique stabilisée de haute valeur fertilisante. Il est indemne de maladies (fongiques ou bactériennes) grâce à son effet de bio fumigation et par l'absence de mauvaises herbes.

#### II.4. Effet de la nature de substrat sur la croissance de jeunes plants de pacane

L'appréciation de la qualité de la croissance de nos jeunes des plants de pacane était exclusivement fondée sur la base de critères morphologiques à savoir : la hauteur des tiges et le nombre de feuilles. L'étude comportementale des jeunes semis issus de différents lots de graines de pacane a permis de mettre en évidence l'effet de la nature du substrat sur leur développement.



Photos 20, 21. Jeunes plantes de pacane sur différents substrats (Photos personnelles).

##### II.4.1. Hauteur des tiges

La croissance en longueur des jeunes tiges des plantes obtenues était fonction du type de substrat utilisé pour la culture. La différence entre les pots était nettement apparente. Ce paramètre est estimé sur ses deux aspects quantitatif (Longueur finale obtenue des tigelles en centimètres) et qualitatif (Vitesse ou rythme de croissance : longueur en Cm par unité de temps).

On distinguait trois classes de substrat en fonction de la croissance obtenue : des substrats favorisant une croissance meilleure, des substrats dont la croissance était très lente et difficile et d'autres induisant une croissance acceptable (Tableau 3).

**Tableau 3. Classement des substrats de culture en fonction de la qualité de croissance des plants**

Croissance rapide	Croissance lente
70% Grignons d'olives et 30% Terre ordinaire 30% Grignons d'olives et 70% Terre ordinaire 50% Grignons d'olives et 50% Terre ordinaire 30% Terre ordinaire et 70% Sciure de bois 50% Terre ordinaire et 50% Sciure de bois 30% Grignons d'olives et 70% Sciure de bois 70% Grignons d'olives et 30% Sciure de bois 30% Sable de rivière et 70% Sciure de bois 50% Sable de rivière et 50% Sciure de bois	30% Grignons d'olives & 70% Sable de rivière 70% Grignons d'olives & 30% Sable de rivière 50% Grignons d'olives & 50% Sable de rivière 70% Sable de rivière & 30% Sciure de bois 70% Terre ordinaire & 30% Sciure de bois Terre ordinaire Sciure Grignon d'olive

La valeur relative à la longueur moyenne de la racine principale mesurée sur les différents substrats testés montre que la croissance aérienne des jeunes plants est affectée par la nature du substrat utilisé. En effet les plants de pacane ont bien développé sur les substrats à base de mélanges : Grignons d'olives/Terre ordinaire ; Grignons d'olives/Sciure de bois ; Terre ordinaire/Sciure de bois et Sable de rivière/Sciure de bois. En présence de ces mélanges, la longueur de la tige a été significativement importante que celle enregistrée avec les autres substrats testés. L'effet significatif de ces matériaux de culture s'est traduit par des valeurs maximales de hauteur comprises entre 16 et 18 Cm.

La plus faible croissance en hauteur obtenue a été constatée chez les plants éduqués sur les substrats à base de terre ordinaire, sable de rivière ou grignons d'olives à fortes proportions dans le mélange utilisé pour la culture. Les valeurs enregistrées ne dépassent pas en moyenne les 6 Cm.

Pour le reste des substrats les plantes n'ont montré aucune croissance après germination et émergence de la partie aérienne, les tiges sont restées chétives et les ébauches de feuilles n'ont pas évolué. Dans pas mal de cas, les plantules obtenues ont fini par mourir.

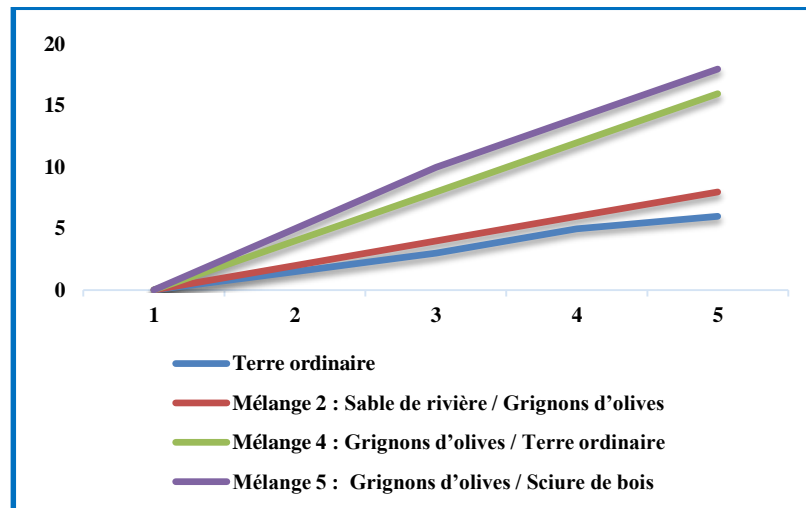


Figure 7. Rythme de croissance des jeunes plants de pacane en fonction de substrats de culture

La figure ci-dessus illustre l'évolution de la hauteur des plantules pacane sur les quatre substrats dont les résultats étaient relativement significatifs. Pendant cinq semaines de suivi de croissance des plantules le substrat à base du mélange 5 et mélange 4 ont induit une meilleure vitesse de croissance par rapport aux autres substrats.

La lecture de la figure 6 montre que l'allure de l'évolution dans le temps de la croissance en hauteur des tiges en fonction des substrats est en générale régulière sur toute la durée des observations et ce, quel que soit le substrat.

La comparaison des valeurs moyennes des hauteurs des plantules montre qu'il n'existe pas de différence significative entre la hauteur moyenne des plantules pour les substrats à base des mélanges 4 et 5. Cependant, cette différence est nettement importante entre ces substrats et les substrats à base des mélanges 1, 2, 3 et à base de terre ordinaire seule. L'allongement moyen était de l'ordre de 4 Cm en moyenne par semaine pour les plantes mises sur les mélanges 4 et 5 alors que l'accroissement en longueur pour les plantes élevées sur les autres substrats était faible ne dépassant en moyenne 1.5 Cm.

Les facteurs pouvant expliquer ces résultats sont principalement l'effet des caractéristiques physico-chimiques du substrat de culture sur la croissance, autrement dit l'effet de composition physique en éléments texturaux de substrats ainsi que les composants chimiques. La richesse du substrat en éléments grossiers et en éléments fins en bonnes proportions permet une meilleure circulation de l'eau et de l'air dans le substrat des conditions favorables pour la croissance des plantes (**LEAKEY, 2001 ; WEIGEL, 1994 ; AMMARI et al., 2003 ; WIGTHMAN, 1999 et BOUROBOU, 1994**).

De même, La richesse en bases échangeables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{K}^+$ ) du substrat pourrait entraîner des antagonismes, et l'inhibition de l'absorption de certains éléments nutritifs (**SCHWART et al., 2005**). L'excès de nitrate ( $\text{NO}_3$ ) par exemple dans le substrat inhibe l'absorption des ions potassium ( $\text{K}^+$ ) qui sont indispensables à la synthèse de la chlorophylle. L'un des symptômes de carence de ce minéral est la diminution de la croissance.

L'azote joue un rôle essentiel dans la croissance des plantes. Les symptômes d'une carence azotée sont la diminution de la croissance foliaire, la réduction de la rhizogenèse,... etc. A ces causes, on pourrait ajouter l'excès de calcium qui inhibe l'absorption du magnésium, du bore, du potassium et du fer. La carence de ces minéraux entraîne une croissance longitudinale réduite, d'après **SCHMIDT (2007) in NGUEMA NDOUTOUMOU et al. (2014)**. Selon **WEIGEL (1994) et SCHIPPERS (2007) in NGUEMA NDOUTOUMOU et al. (2014)** en pépinière, le substrat doit être composé de matières organiques facilement dégradables pour donner de bons résultats. Les éléments minéraux ne doivent pas être en excès selon **BAIYERI et MBAH (2006) in NGUEMA NDOUTOUMOU et al. (2014)** qui ont travaillé sur le même objectif de notre travail.

En effet, les substrats composés du sable et de la terre lourde sont favorables à la croissance des plantules, ils présentent un effet bénéfique sur l'aspect qualitatif de la croissance des plants produits en pépinière **BAGHDADI et SAHOULI (2003) et DJELLABI et al. (2004) in BENMAHIOUL et al. (2010)**. D'un autre côté, **BENSEIGHIR-BOUKHARI et ARGILLIER (2006) in BENMAHIOUL et al. (2010)** notent l'importance des mélanges contenant des sous-produits agricoles dans la production de plants de qualité. Ces substrats aérateur une fois mélangés avec un réteneur d'eau assurent un bon développement.

En effet, le taux d'oxygène dans le substrat peut jouer un rôle déterminant dans la croissance des plants. De plus, une baisse de l'humidité du sol, même passagère près du point de flétrissement, suffit d'arrêter la croissance des plantules comme c'est le cas des substrats à base d'éléments grossiers. **ABOUROUH et al. (1995)** in **BENMAHIOUL et al. (2010)** ont montré que l'absence d'aération de certains substrats très fins conduit le plus souvent à une mortalité des plantes précédée généralement par des attaques des racines par des champignons phytopathogènes tels que *Phytophthora*.

#### **II.4.2. Nombre de feuilles**

L'analyse des résultats obtenus durant notre essai montre que le nombre de feuilles produit par plantule a été affecté significativement par la nature du substrat testé. Les substrats favorisant une meilleur croissance des feuilles sont les mêmes favorisant la croissance en hauteur des tiges. Une meilleure croissance de la partie aérienne est le résultat d'une bonne croissance des systèmes racinaires cette dernière qui est directement dépendante de la nature du substrat est ses caractéristiques physicochimiques.

*Conclusion générale*

## **CONCLUSION GENERALE**

Cette étude révèle la problématique de multiplication du pacanier. Ce qui implique la nécessité de réaliser des travaux d'essai de plusieurs méthodes de multiplication en variant différentes conditions de réalisation dans le but de trouver la meilleur méthode et les meilleures condition permettant d'avoir des nouveaux plants capable de faire la matière première pour tout projet de propagation ou conservation.

A travers les résultats de la présente étude, nous avons constaté que l'application des prétraitements sur les graines a permis d'obtenir des meilleurs résultats sur le taux de germination. Ainsi, pour avoir des taux de germination relativement importants des graines pacane, la scarification mécanique constitue la meilleure solution, suivie de l'acide sulfurique 98%.

Notre modeste travail a traité également l'effet de la nature de différents substrats culturaux sur quelques paramètres de germination des graines et de croissance du pacanier. Les substrats à base de grignons d'olives, de sciure de bois ont présenté les moyennes les plus représentatives en matière de taux de germination et de croissance de la partie aérienne.

Des études complémentaires et diversifiées sont requises pour une meilleure gestion et utilisation des essences de notre espèce. Elles devront prendre en compte les aspects de biologie, de productivité, de viabilité et d'approvisionnement pour la satisfaction des besoins actuels et futurs des projets de conservation et de propagation des pacaniers.

## *Références bibliographiques*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ANDRÉ BABOU, B. 1996.** Étude de la régénération séminale des ligneux dans les jachères de Sobaka (Foret classée de Nazinon, Burkina-Faso). Disponible sur : <https://beep.ird.fr/collect/upb/index/assoc/IDR-1996-BAT-ETU/IDR-1996-BAT-ETU.pdf>

**ASSAF, R. 1977.** Nouvelle méthode de multiplication végétative de rameaux physiologiquement adultes, de pistachier, noyer et pacanier. *Fruits*, mai 1977, vol. 32, n° 5, p. 309-319.

**BERNARD, B. 2019.** Le pacanier : Plantation, entretien, prix, culture – Guide complet. 1000 Arbres. Disponible sur : <http://1000-arbres.com/dossier/arbres/pacanier>

**BIHAKI, A., 2022.** *Carya illinoensis*, pacanier, noyer de pécan. Gerbeaud. Disponible sur : <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/carya-illinoensis-pacanier-noyer-de-pecan,2419.html>

**BOULGHALAGH, J., KOUDDANE, N., BERRICHI, A., et AL-HALAWANI, H. 2013.** Effet du substrat sur la germination des graines de jjoba (*Simmondsia chinensis*). *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, Vol. 2013, 42, pp.78-81.

**ELHACHMI, A.** Fiches techniques des cultures > Arboricultures > Pacanier. Agropastoralisme. Disponible sur : <https://sites.google.com/site/pastoraldz/fiches-techniques-des-cultures/arbori-cultures/pacanier>

**GILBERT, B. 2013.** Multiplication des plantes horticoles. Paris. Mélanie Kucharezyk. 271P.

**HARIKI, H., et LABIOD, I. 2018.** La germination chez *Argania spinosa* L. skeels en comparaison avec d'autres espèces oléagineuses. Disponible sur : [https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/notice\\_master.php?](https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/notice_master.php?)

**LAABAS, K., et BALOUTA, A. 2020.** Influence de différents traitements de pré germination des graines de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. Disponible sur : <http://archives.univ-biskra.dz/handle/123456789/16621>

**LAOUER, Z., et TOUAHAR, L. 2019.** Étude de l'aptitude de germination et la levée de la dormance des graines des espèces spontanées sahariennes vivaces les plus broutées par ledromadaire. Disponible sur: <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/21720>

**LINDA, C. NOPERI-MOSQUEDA,** « Yield, quality, alternate bearing and long-term yield index in pecan, as a response to mineral and organic nutrition », *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 48(1), mars 2020, p. 342-353

**LOUKAL, N., et KEBIR, O. 2018.** Comparaison du champ thermique dans deux types de serre de culture. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master académique en génie mécanique option : énergétique. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 107 P.

**MALLEM, S. 2020.** Effet de nature de substrat sur la production des plants : Université Mohamed khider - Biskra

**MARISA, Y., THOMPSON JENNIFER, J., RANDALL DAWN VANLEEUEWEN, et RICHARD J. HEEREMA. 2021.** « Differential Expression of Key Floral Initiation Genes in Response to Plant Growth Regulator Application and Alternate Bearing in Pecan », *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. -1, N° aop, 3 mai 2021, p. 1–9 (ISSN 2327-9788).

**MEDJOURI, R., et LAIB, A. 2016.** Effet de la température sur la germination de quelques plantes spontanées du Sahara (*Retama retam*, *Asphodelus tenuifolius* *Oudneya africana*, *Genista saharae*).

**NGUEMA NDOUTOUMOU, P., et ONDO-AZI, A.S., MOUELE BELIMBI, J., NTSAME NDOUTOUME, R.L., et SOUZA, A. 2014.** Effet des substrats culturaux sur paramètres de croissance de *Gambeya lacourtiana* en pépinière, Gabon. *Journal of Applied Biosciences* 73 : 5902– 5910

**PARLONS SCIENCES. 2022.** Comment les plantes se reproduisent-elles Parlons sciences. Disponible sur : <https://parlonssciences.ca/ressources-edagogiques/documents-dinformation/comment-les-plantes-se-reproduisent-elles>

**PATRICK, J., CONNER et RAY E. WORLEY, 2000.** Alternate Bearing Intensity of Pecan Cultivars. Alternate Bearing Intensity of Pecan Cultivars.

**SAMB, C.O., FAYE, E., et TOURE, M.A. 2017.** Germination des noix de *Anacardium occidentale* L. : intérêts et techniques. Vol. 33, N°3 - Série FICHES TECHNIQUES ISRA - ISSN 0850-9980. Disponible sur : <https://www.researchgate.net/publication/330280030>

**SCRIBD. 2022.** Généralité sur les serres agricoles. Scribd. Disponible sur : <https://fr.scribd.com/document/532357725/chapitre-01>

**SHELLI, C., 2019.** Sexual Reproduction in Plants. Lumen Learning. Disponible sur : <https://courses.lumenlearning.com/wmopen-biology2/chapter/sexual-reproduction-in-plants/>

**SILUE P.A., KOUASSI, K.É., KOFFI, K.A.D., & SORRO, D. 2017.** Qualités germinatives des graines et croissance des plantules de *Isoberlinia* spp en milieu contrôlé (pépinière). Int. J.Biol. Chem. Sci. 11(1) : 93-106

**TAHMI, M., & REDAOUI, A. 2017.** Effet de prétraitement des graines de *Daucus sahariensis* Murb. Sur la germination et la croissance. Disponible sur : <http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/handle/123456789/1503>

**TOURE, M.A., FAYE, E., MALOU, G., DIATTA, M., SAMBA, S.A.N., & GASSAMA, Y.K. 2018.** Traits morphométriques et germination des noix d'*Anacarde occidentale* L. au Sénégal. Afrique SCIENCE. 14(2).