

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT SCIENCE DU LA NATURE DE LA VIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION: BIODEVERSITE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

Par :

DilmiMassouda,  
HouichiChifaa  
Khebal Meriem

**Intitulé**

**Evolution de l'angle de divergence chez des jeunes  
plants de palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.)**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. MERNIZ Noureddine	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr. BENMEHAIA Radhouane	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Rapporteur
Dr. GUETTOUCHI Ahlem	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examinateur

**Année universitaire : 2021 /2022.**

## Résumé

Ce présent travail est basé sur l'étude de l'évolution de l'angle de divergence sur jeunes plant de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Cette étude s'est appuyée sur des paramètres dont les plus importants sont : la mesure de l'angle entre les feuilles et même entre les ébauches foliaires.

A travers les résultats, nous pouvons constater que l'angle de divergence se varie énormément du centre et commence de se stabiliser relativement vers l'extérieur, on ne constate pas une variation d'angle de divergence entre les plantes étudiées, donc il n'y a pas une évolution de l'angle de divergence. Cette étude peut être reconduite sur des plants plus âgés et sur des différents cultivars pour mieux comprendre l'évolution de la variation de l'angle de divergence au fil des stades de développement.

**Mots clés :** Palmier dattier, angle de divergence, phyllotaxie, *Phoenix dactylifera* L,

### الملخص :

يعتمد هذا العمل الحالي على دراسة تطور زاوية التباعد في شجيرات نخيل التمر، وقد استندت هذه الدراسة الى معايير اهمها قياس الزاوية بين الاوراق وحتى بين البداءات الورقية ،

من خلال النتائج يمكننا ان نلاحظ ان زاوية التباعد تختلف بشكل كبير من المركز الى الخارج، وتبدا بالاستقرار نسبيا حتى الأوراق لخارجية. أيضا لا نلاحظ اختلافا في زاوية التباعد بين النباتات المدروسة لذلك لا يوجد اي تغيير في زاوية الاختلاف. يمكن تكرار هذه الدراسة على عينات اكبر سنا وعلى اصناف مختلفة لفهم افضل لتطور في زاوية التباعد خلال المراحل التطور للشجرة.

.الكلمات المفتاحية نخيل التمر، زاوية التباعد، النظم الورقي، *Phoenix dactylifera* L.

# Remerciements

Nos remerciement vont a Dieu qui nous a ouvert les portes du succès, a tracé notre chemin et nous a compensé pour ce que nous avons manqué.

Tout d'abord, nous adressons nos sincères remerciements au Dr. Benmehaia Radhouane pour tous les précieux conseils et informations qu'il nous a fournis et qui ont contribué à enrichir le sujet de notre étude dans ses différents aspects.

Nos remerciements vont au président du jury Dr. Merniz N. et Dr. Guettouchi A. qui nous ont fait l'honneur d'accepter de jurer notre travail.

Nous dédions également cette remise des diplômes à nos parents, nos frères et tous ceux qui nous ont soutenus et soutenus à chaque étape.

Nous concluons par "Merci pour toutes les pierres d'achoppement que nous avons rencontrées sur notre chemin, car elles nous ont appris que celui qui ne souffre pas n'apprend pas, et que tomber est le début du succès."

## Table des matières

Résumé.....	
Remerciements .....	
Table des matières.....	
Liste des figures .....	
Liste de Tableau .....	
Introduction .....	1

### Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier

I.1.Origine du palmier dattier.....	2
I.2.Taxonomie du palmier dattier : .....	2
I-3-Morphologie du palmier dattier :.....	3
I.3.1. Le système racinaire : .....	4
a. Les racines respiratoires : .....	5
b. Les racines de nutrition :.....	5
c.Les racines d'absorption : .....	5
d.Les racines du faisceau pivotant : .....	5
I.4.Organes végétatif aériens :.....	6
I.4.1.Troncs :.....	6
I.4.2. Les palmes :.....	6
I.5.Organes reproducteur :.....	7
I.5.1. Les inflorescences : .....	7
I.5.2. Les fleurs : .....	7
a. Fleurs femelles :.....	8
b. Fleurs mâles :.....	8
I.5.3. Les fruits :.....	9

### Chapitre 2 : laphyllotaxie

II.La phyllotaxie :.....	11
II.1.Définition de phyllotaxie : .....	11
II.2.Histoire de la phyllotaxie :.....	11
II.3.Le principe de type de phyllotaxie : .....	13

<b>II.4.Exemple le phyllotaxie :</b> .....	<b>16</b>
<b>II.5. La théorie classique :</b> .....	<b>16</b>
<b>II.6.Interprétation phyllotaxiques :</b> .....	<b>19</b>
<b>II.6.1.La théorie de la spirale génératrice unique :</b> .....	<b>19</b>
<b>II.6.2.La théorie des hélices foliaires multiples :</b> .....	<b>19</b>
<b>II.7.Les hélices foliaires :</b> .....	<b>20</b>
<b>II.7.1.Les différents ordres des parastique de contact chez les palmiers :</b> .....	<b>20</b>
<b>II.7.2.Le sens des hélices foliaires :</b> .....	<b>22</b>
<b>II.8.Phyllotaxie et l'organisation foliaire chez le palmier dattier</b> .....	<b>22</b>
<b>II.9.Mathématique et phyllotaxie :</b> .....	<b>24</b>
<b>II.9.1.L`angle de divergence :</b> .....	<b>25</b>
<b>II.9.2.La fraction phyllotaxique :</b> .....	<b>25</b>
<b>II.9.3.La suite de Fibonacci :</b> .....	<b>26</b>
<b>II.10.Phyllotaxie de palmier dattier :</b> .....	<b>26</b>
<b>II.10.1.Les phases de formation des palmes avec les lois phyllotaxiques :</b> .....	<b>26</b>
<b>II.11.Représentation de la phyllotaxie de palmier dattier :</b> .....	<b>28</b>
<b>II.11.1.Les types de représentation phyllotaxiques :</b> .....	<b>28</b>
<b>Chapitre 3 : Matériel et méthodes</b>	
<b>III. Matériel et méthodes</b> .....	<b>30</b>
<b>III.1 Région d'étude</b> .....	<b>30</b>
<b>III.2. Matériel végétal</b> .....	<b>31</b>
<b>III.3. Méthodes</b> .....	<b>31</b>
<b>III.3.1. Nombre de feuille (âge de pieds) :</b> .....	<b>31</b>
<b>III.3.2. Angle de divergence :</b> .....	<b>32</b>
<b>IV. RESUTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>34</b>
<b>Iv.1. Nombre des feuilles :</b> .....	<b>34</b>
<b>IV.2. Angle de divergence :</b> .....	<b>34</b>
<b>IV.2.1. Angle de divergence globale :</b> .....	<b>34</b>
<b>IV.2.1. Angle de divergence par pied :</b> .....	<b>35</b>
<b>Conclusion :</b> .....	<b>40</b>
<b>Références bibliographiques :</b> .....	

## Liste des figures

Figure 1: Schéma du palmier dattier.....	3
Figure 2 : Les quatre types de racines.....	4
Figure 3: Schéma d'une palme.....	6
Figure 4: Inflorescences mâle et femelle du dattier.....	7
Figure 5: Schéma d'une fleur femelle.....	8
Figure 6: Schéma d'une fleur mâle.....	8
Figure 7: Schéma d'un fruit et graine du dattier..	9
Figure 8: disposition alterne distique verticales .....	13
Figure 9: Type de Feuilles alternes .....	14
Figure 10: Feuilles opposées ou verticillées.....	15
Figure 11: Les deux par familles de spirales chez le tournesol. ....	16
Figure 12: La spirale génératrice pour une divergence de $2/5$ .....	17
Figure 13: Théorie des hélices foliaires multiples.....	20
Figure 14: Variation de nombre des hélices de palmier. ....	21
Figure 15: Repérage des parasitiques d'ordre 5, 8 et 13.....	21
Figure 16: Sens des hélices 5 et 8 dans cône de pin. ....	22
Figure 17: Cœur du palmier.....	23
Figure 18: Diagramme de phyllotaxie chez les palmiers.....	23
Figure 19: Parastiches apparentes sur le stipe d'un palmier dattier.....	24
Figure 20 : l'angle de divergence de <i>pinus pinea</i> . ....	25
Figure 21: Illustration de la notion de fraction phyllotaxique. ....	25
Figure 22: Dissection du bourgeon terminal au laboratoire. ....	26
Figure 23: Méristème apicale et bourgeon au niveau de la 7 <sup>ème</sup> ébauche.....	27
Figure 24: Ébauches foliaires disséquées au laboratoire .....	27
Figure 25: La phyllotaxie comme empilement de disques.....	29
Figure 26: Ces trois représentations ne diffèrent que par la valeur de l'angle de divergence.....	29
Figure 27: Situation géographique de la zone d'étude.....	30
Figure 28: Schéma de nombre de feuilles.....	31
Figure 29: une photographie de coupe transversale proche du méristème.....	32
Figure 30: Un exemple montrant la mesure à travers l'application <i>Angulus</i> .....	32
Figure 31: Schéma de la disposition l'ébauches foliaires.....	33
Figure 32: L'angle de divergence suivant l'ordre d'insertion des ébauches foliaires .	38

## Liste de Tableau

<b>Tableau 1 : Nombre des feuilles par pied.....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau.2 : l'angle de divergence globale.....</b>	<b>35</b>

A decorative frame with ornate scrollwork and flourishes, centered on the page. The frame is composed of a central horizontal line with curved ends, and two vertical lines that curve inward at the top and bottom. The word "Introduction" is centered within this frame.

# Introduction

# **Introduction**

---

## **Introduction**

Partout dans le monde, les systèmes de production du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans les oasis s'étendent sur 800 000 ha, ce qui représente plus de 100 millions d'arbres (Elhoumaizi, 2002). Cette espèce est une plante vivace monocotylédone dicotylédone appartenant à la famille des Palmaceae (Arecaceae). Elles sont cultivées en Afrique du Nord et au Moyen-Orient (régions arides), et représentent le pilier des écosystèmes oasiens car leur adaptation aux terres très arides leur confère un rôle écologique important. (Kaouther D. and Mahmoud D., 2019)

Le stipe de cet arbre est édifié par l'agencement des feuilles au fil des années. Cette merveilleuse disposition se varie d'une variété à l'autre (Boualam et Feidjel, 2012 ; Benmehaia et *al.*, 2014.). Cependant, cette variation variétale de phyllotaxie n'est pas encore confirmée d'où intervient notre étude pour répondre à la problématique suivante : est-ce que l'angle de divergence, qui est le paramètre clé de la phyllotaxie se diffère suivant l'âge l'arbre ? Notamment chez les jeunes pousses (arbre). Pour répondre à cette problématique nous avons utilisé l'angle de divergence comme le principal paramètre dans cette étude.

Ce présent document est structuré en trois chapitres : les deux premiers consacrés à la revue bibliographique (sur le palmier dattier et la phyllotaxie) ; le troisième, traite le côté pratique en répondant à la problématique annoncée.



**Chapitre 1 :**  
**Biologie du palmier dattier**

# **Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier**

---

## **I.1.Origine du palmier dattier**

Les plus anciens fossiles se rapportant indiscutablement aux palmiers remontent qu'au Jurassique supérieur (secondaire). Ce sont les plus anciens vestiges d'angiospermes déterminés d'après Seward cité par L Emberger. (In Munier, 1973). De nombreuses hypothèses ont été émises sur l'origine du dattier cultivé, la plupart ont été mentionnées et analysées par R. Caty(1929).et E. Werth(1933). Ce dernier auteur a résumé les tendances d'opinions en les classant en deux groupe.

## **I.2.Taxonomie du palmier dattier :**

Le palmier dattier a été dénommé Phœnix par Linné en 1734.Phœnix dérive de Phœnix, nom du dattier chez les Grecs de l'antiquité, qui le considéraient comme l'arbre des Phéniciens ; dactylifera vient du latin *dactylus* dérivant du grecs *daktulos*, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit.Le dattier est un monocotylédone de la famille des palmiers, sous famille outribu des Coryphinées, dans la classification de Martius et Blume(In Munier 1973).Le genre Phœnix comporte douze espècesd'après Aug chevalier (1952 ,In. Munier, 1973).

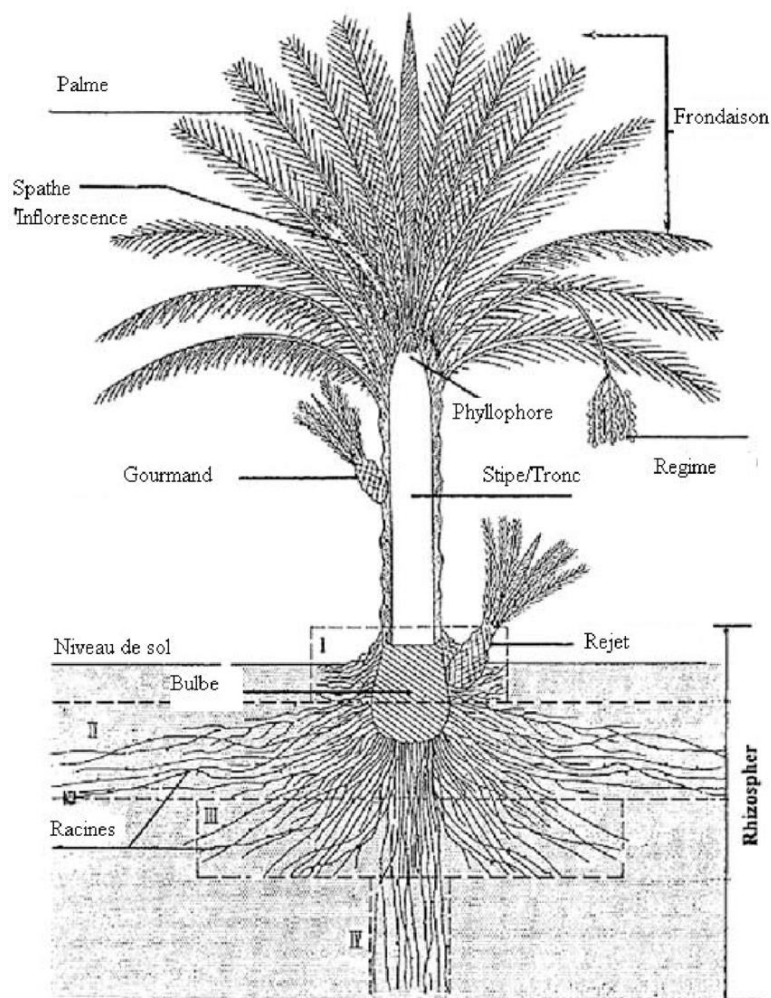
D'après Tela - botanique (2022) la position systématique du palmier dattier (Phoenix dactylifera.L.) est :

Embranchement : Angiospermes  
Classe : Monocotylédones  
Ordre : Arecales.  
Famille : Acéracées  
Sous-famille : Coryphoidées  
Tribu : Phœnicées.  
Genre : *Phœnix*  
Espèce : *Phœnix dactylifera*L.

# Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier

## I-3-Morphologie du palmier dattier :

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est un monocotylédone arborescent à tronc monopodique. Le stipe contient des faisceaux libéroligneux qui semblent relier directement chaque racine à une palm bien déterminée ; les vaisseaux conducteurs ont des cloisons terminales à perforations scalariformes. Dans son jeune âge, le palmier dattier possède un cambium extra- fasciculaire dans le méristème, sous le point végétatif, qui a pour rôle de faire grossir le tronc ; cette assise de prolifération des cellules lui donne son calibre définitif puis disparaît. Il est doté d'un simple bourgeon terminal ou zone de croissance en longueur. Le stipe est couvert régulièrement des cicatrices des anciennes palmes.(Tourer, 1967).



**Figure 1:** Schéma du palmier dattier.(Munier, 1973).

## Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier

### I.3.1. Le système racinaire :

Le système racinaire est dit fasciculé, c'est-à-dire qu'il est disposé en faisceaux de racines, parfois ramifiées – avec beaucoup ou peu de radicelles, selon qu'elles se trouvent ou non au contact d'amendements humiques. Il est sans pivot, c'est-à-dire sans racine pivotante.

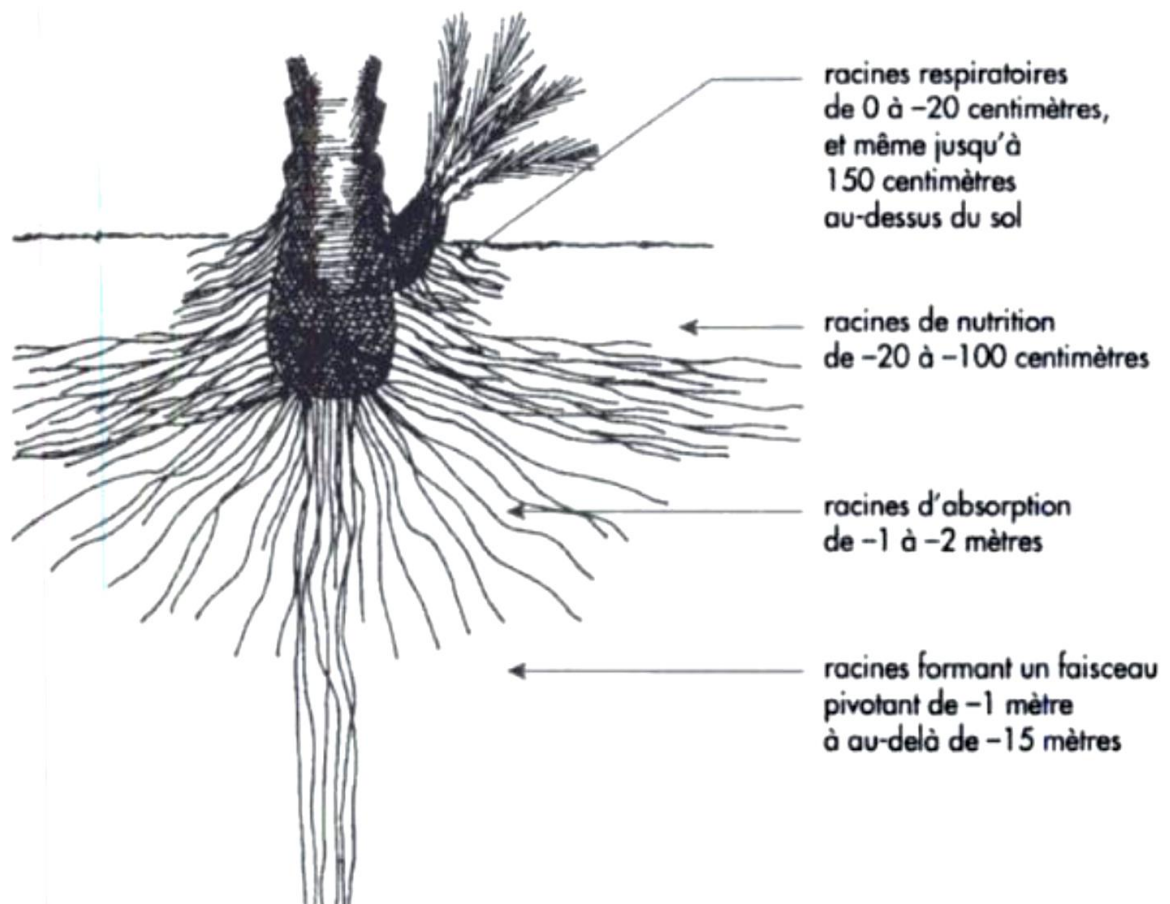
On distingue quatre grands types de racines :

Les racines respiratoires.

Les racines de nutrition.

Les racines d'absorption.

Les racines du faisceau pivotant



**Figure 2 :** Les quatre types de racines.(Peyron, 2000).

## **Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier**

---

### **a. Les racines respiratoires :**

Les racines respiratoires servent, comme leur nom l'indique, aux échanges gazeux elles se développent quelquefois très haut à la base du tronc, ou stipe, en poussant sous les bases pétiolaires des palme, *Kornafs* ou *Cornafs*. Ce sont alors des racines aériennes. Les racines respiratoires souterraines ont peu de radicelles. Ce système joue un rôle important, et nécessaire au palmier, dans les échanges gazeux avec l'air de l'atmosphère du sol.

### **b. Les racines de nutrition :**

Les racines de nutrition constituent la plus forte proportion de racines du système elles sont très longues, obliques ou horizontales. Elles sont pourvues de nombreuses radicelles et peuvent se développer bien au-delà de la zone de projection de la frondaison d'un palmier adulte, d'où l'importance des grandes cuvettes ou, mieux, des planches d'irrigation.

### **c. Les racines d'absorption :**

Les racines d'absorption ont pour fonction de chercher l'eau. La zone de ces racines est plus ou moins développée selon le mode de culture et la profondeur de la nappe phréatique.

### **d. Les racines du faisceau pivotant :**

Le pivot de racines d'absorption est quasi inexistant si la conduite de culture permet une absorption suffisante au niveau des racines de nutrition et d'absorption

Il est réduit si la nappe phréatique se trouve à faible profondeur. Mais, si nécessaire, ce véritable pivot de racines peut atteindre l'eau jusqu'à une profondeur de 17 mètres (Toutain, *In* Peyron, 2000.). Le développement des racines est fonction de la nature du sol et du mode de culture de la profondeur de la nappe, ou de l'aquifère et du cultivar, ou variété (Peyron, 2000).

# Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier

---

## I.4. Organes végétatif aériens :

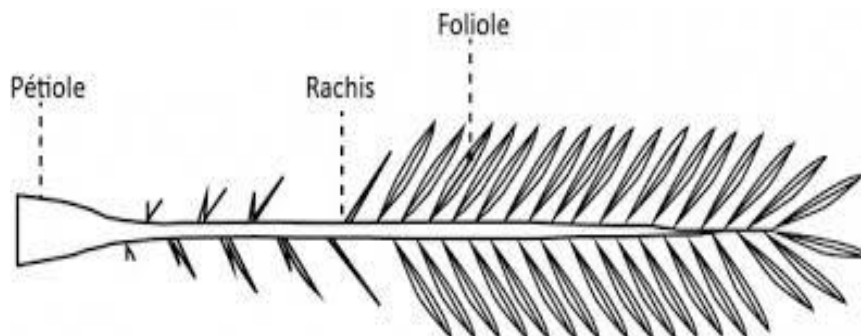
La partie aérienne de palmier dattier est constituée de plusieurs organes végétatifs aériens :

### I.4.1. Troncs :

C'est un stipe généralement cylindrique au-dessus de sa région basale. Cependant, celui de certaines variétés le Rhars d'Algérie notamment, peut-être de forme tronconique. L'élongation du tronc s'effectue dans sa partie coronaire par le bourgeon terminal ou phyllophore. Le tronc peut présenter des zones de rétrécissements, résultant de défauts de nutrition ayant entraîné le développement anormal du bourgeon terminal, ces rétrécissements correspondent à des périodes de sécheresse ou de froid, ou résultent d'accidents divers.

### I.4.2. Les palmes :

Les palmes (*Djérid*) sont insérées en hélices très rapprochées, sur le stipe par une gaine pétiolaire bien développée (*Cornaf*) enfouie dans un fibrillium, feutrage appelé *lif* ; leur pétiole (*rachis*) est semi-cylindrique, épineux vers la base (*Chouque*) et constamment dur ; le limbe, entier et fripé au début de la croissance, se développe ensuite, découpé en folioles ; sa nervation est pennée. Le limbe des folioles, à cuticule épaisse, est toujours coriace et recouvert d'une mince couche de cire ; la nervure de chaque foliole fait saillie à la face inférieure ; les nervures sont redupliquées. Les palmes peuvent mesurer de 2 à 6 mètres de longueur et vivent de 3 à 7 ans. On en compte de 50 à 200 par arbre environ. (Tourer, 1967).



**Figure 3:** Schéma d'une palme. (Munier, 1973).

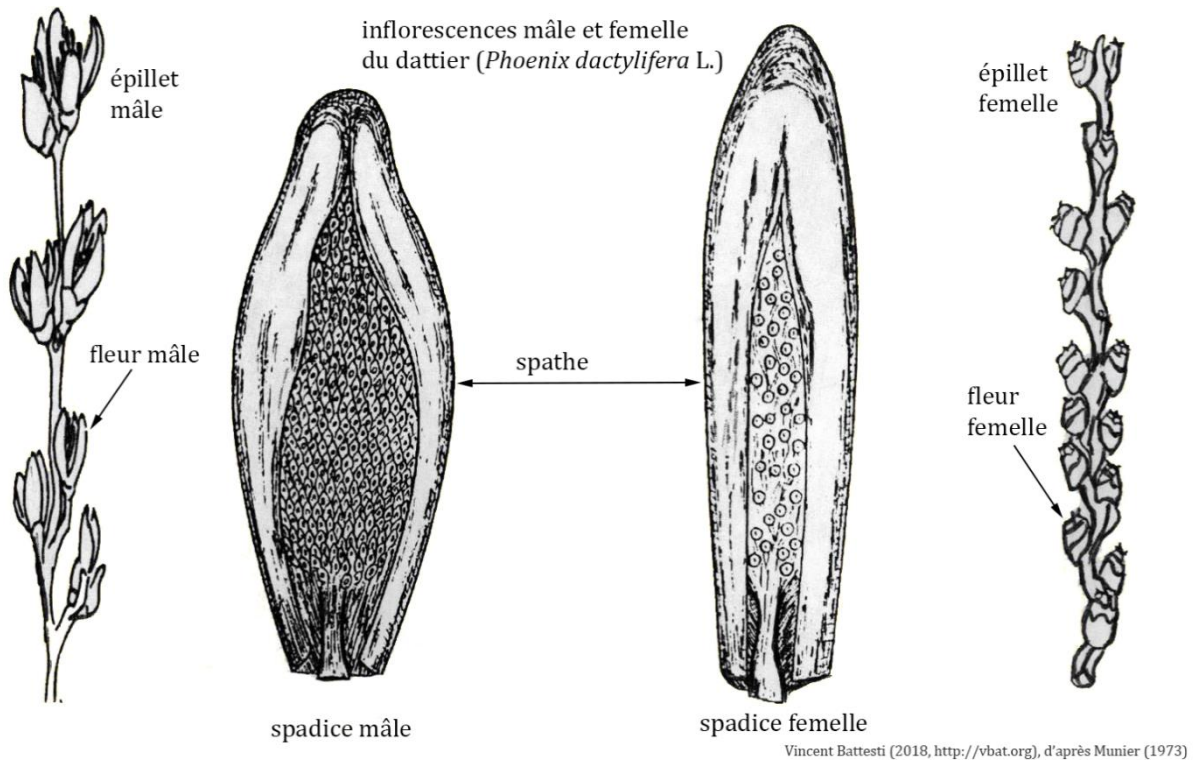
# Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier

## I.5. Organes reproducteur :

La partie reproductrice du palmier dattier présentée par de inflorescences portant des fleurs mâles et femelles suivant le sexe de l'arbre (palmier c'est un plant dioïque).

### I.5.1. Les inflorescences :

L'inflorescences du dattier naissent du développement de bourgeons axillaire situés à l'aisselle des palmes dans la région coronaire du tronc.



**Figure 4:** Inflorescences mâle et femelle du dattier (*Phoenix dactylifera* L. (Munier, 1973).

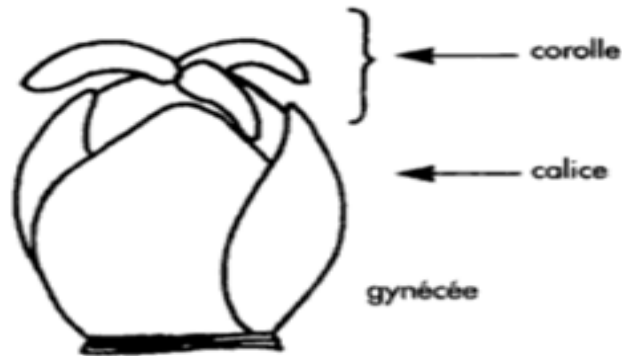
### I.5.2. Les fleurs :

Les fleurs du dattier sont déclinaées, c'est -à-dire unisexuées, pratiquement sessiles, leurs pédoncules sont très courts. Elles sont portées par des pédicelles rassemblés en épi composé, le spadice, qui est enveloppé d'une grande bractée membraneuse entièrement fermée, la spathe, mais qui s'ouvre d'elle-même suivant. La ligne médiane du dos ; chaque spadice ne comporte que des fleurs du même sexe. (Munier, 1973).

## Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier

### a. Fleurs femelles :

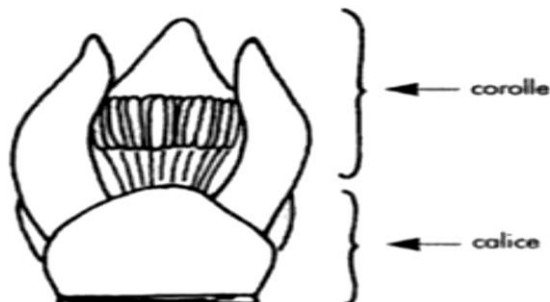
Les fleurs femelles ont une couleur entre ivoire et vert clair. Elles sentent à maturité la pâte à pain, l'anis ou le sperme. La fleur femelle de 3 à 4 millimètres, est globulaire. La corolle est constituée de trois pétales ovales et arrondis et de trois étamines avortées, ou staminodes. Le calice est en forme de cupule, ou cupuliforme. Il comporte trois sépales soudés. Le gynécée est formé de trois carpelles indépendants comportant chacun un ovule.



**Figure 5:** Schéma d'une fleur femelle. (Peyron, 2000).

### b. Fleurs mâles :

Les fleurs mâles sont blanc ivoire. Elles sont inodores. La fleur mâle est un peu plus allongée que la fleur femelle. La corolle est composée de trois pétales légèrement allongés et pointus et de trois étamines remplies de pollen. Le calice, en forme de cupule, comporte trois sépales soudés.; (Peyron, 2000).



**Figure 6:** Schéma d'une fleur mâle. (Peyron, 2000).

## Chapitre 1 : Biologie du palmier dattier

### I.5.3. Les fruits :

Le fruit du dattier, la datte, est une baie contenant une seule graine. Vulgairement appelée noyau. La datte est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin péricarpe ; le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé, il est de forme allongée, plus ou moins volumineux, lisse ou pourvu de protubérances latérales en arêtes ou ailettes, avec un sillon ventral ; l'embryon est dorsal, sa consistance est dure et cornée.(Munier, 1973).

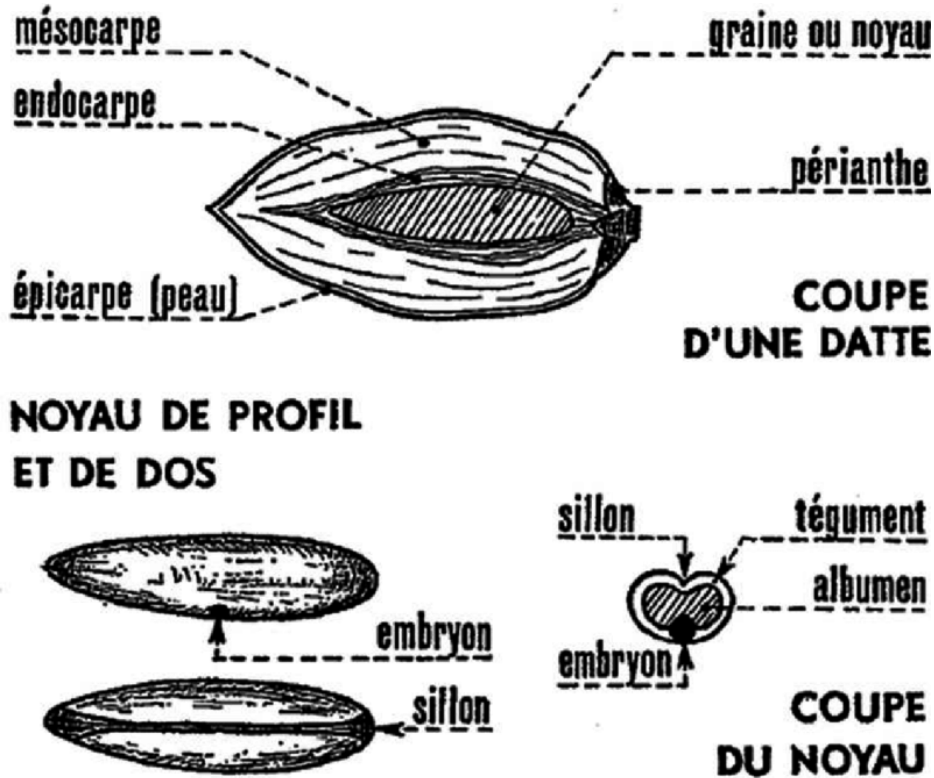


Figure 7: Schéma d'un fruit et graine du dattier. (Munier, 1973).



## **Chapitre 2 : laphyllotaxie**

### II. La phyllotaxie :

#### II.1. Définition de phyllotaxie :

Le terme « phyllotaxie » vient du grec " phyllo "qui signifie feuille et " taxon" qui se traduit par disposition ou ordre. Littéralement la phyllotaxie est l'étude de la disposition des feuilles autour des branches, c'est-à-dire l'ordre dans lequel sont implantées les feuilles ou les rameaux sur la tige d'une plante. (Albert et al. 2004).

La phyllotaxie, une subdivision de la morphologie végétale, est l'étude de l'arrangement d'unités répétées telles que les feuilles autour d'une tige, les écailles d'une pomme de pin ou sur un ananas, des fleurons dans la tête d'une marguerite et des graines dans un tournesol.

Remarquablement, ces unités forment souvent des systèmes de spirales ou d'hélices. L'étude de l'auto-organisation d'unités répétées, elle ressemble quelque peu à l'étude de la cristallographie. (Adler et al. 1997).

#### II.2. Histoire de la phyllotaxie :

L'observation des arrangements des feuilles remonte au temps très ancien, l'indication que les anciens distinguaient divers types d'arrangements et s'en servaient pour identifier les plantes. Les représentations de plantes dans l'art grec et égyptien montrent aussi la finesse de leurs observations. (Neuchâtel, 2010).

En 1754, le naturaliste suisse Charles Bonnet (In Neuchâtel, 2010) décrit pour la première fois cet arrangement au moyen d'une spirale tournant autour de la branche, et le long de laquelle les feuilles sont disposées régulièrement, spirale génératrice.

En 1830, les botanistes allemands Karl Friedrich Schimper et Alexander Braun (In Neuchâtel, 2010) qui remarquent que la phyllotaxie spiralee et associée à l'angle d'or et à la suite de Fibonacci : exprimant l'angle de divergence par une fraction de circonférence, ils constatent que les valeurs les plus fréquemment mesurées sont de 2,5,3,8,5,13 ; non seulement les dénominateur et numérateur de ces fractions sont des termes alternés de la suite de Fibonacci, mais en plus, ils sont des approximations du nombre  $\varphi$  tel que  $\varphi \times 360^\circ = 137,5 \dots^\circ$ , l'angle d'or. En observant les deux familles de

## Chapitre 2 : la phyllotaxie

---

parastiches sur des pommes de pin, ils remarquent que les nombres de spirales dans chacune de ces familles sont deux termes consécutifs de la suite Fibonacci.

L'astronome Johannes Kepler (*In Neuchâtel*, 2010) a eu lui aussi une intuition surprenante : il a été le premier à associer la suite de Fibonacci et la phyllotaxie, il avait constaté l'importance du nombre cinq dans le monde végétal : par exemple, il identifie des cycles de cinq feuilles comme Da Vinci et remarque que les pommes ont cinq divisions pour leurs pépins. Mais cinq est aussi un nombre de la suite Fibonacci, ce qui inspira à Kepler la réflexion suivante : (La capacité d'un arbre à se propager est comme la capacité de cette suite à se propager elle-même.)

En fait, la suite de Fibonacci ne se propage pas elle-même : ce n'est qu'une image pour dire qu'elle est une suite définie par récurrence (chaque nouveau nombre est la somme des deux précédents), parmi tant d'autres imaginables : il suffit de prendre deux autres valeurs de départ que 1 et 1. Sans fondement scientifique, l'intuition de Kepler anticipe de 300 ans la découverte scientifique de la suite de Fibonacci dans la phyllotaxie par Schimper et Braun (Michison, 1997).

En 1838, les frères Bravais (*In Jean 1983*) proposent de représenter l'agencement des éléments botaniques le long d'une tige à l'aide de réseaux cylindriques : c'est un grand pas dans la modélisation mathématique.

En 1868, le botaniste Hofmeister (*In Thompson (1942)*) pense que les nouveaux embryons de feuille se placent dans le plus grand espace disponible, le botaniste Gerrit van Iterson (1907 *In Boissière 2000*) produit un travail sur les propriétés mathématiques de réseaux : il explique dans le cadre de modèle l'apparition des nombres de Fibonacci, de l'angle de divergence, et explique même les déformations observées de la géométrie lors de la croissance des plantes. Il introduit un arbre  $\infty$  qui représente ces bifurcations.

Selon le botaniste Bailey (1967 *In Jean 1983*) la phyllotaxie est un sujet des plus intéressants susceptible d'inspirer profondément le mathématicien.

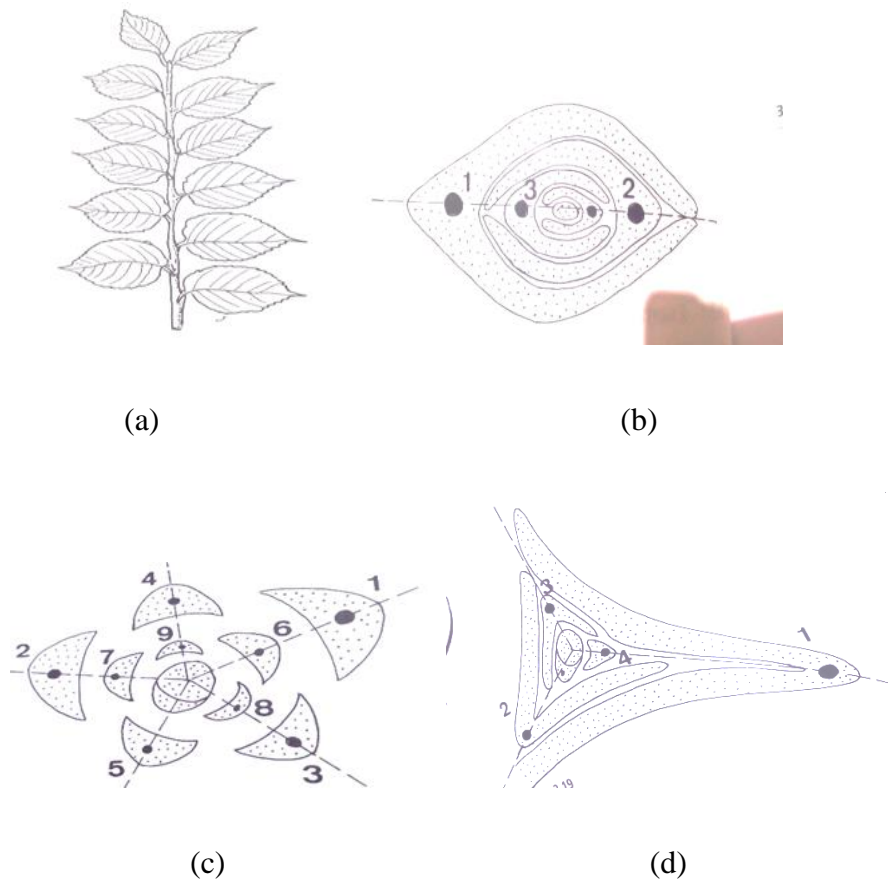
Les physiciennes Douady et Couder (1996) proposent une expérience fondamentale basée sur d'hypothétiques forces de répulsion.

### II.3. Le principe de type de phyllotaxie :

Trois principaux types peuvent être observés :

A : Feuilles alternes réparties sur des lignes parallèles et verticales (orthostiques).

-alterne-distique : Orme (figure.8 (a)), et Lierre, *Zebrina*, *Bupleurum*, (figure8 (b)) avec 2 orthostiques, -alternes- tristique : carex avec 3 orthostiques (figure8 (c)) et -alternes- pentastique : Peuplier, Poirier (figure 8 (d)) avec 5 orthostiques.



**Figure 8:** disposition alterne distique verticale (arthostiques)

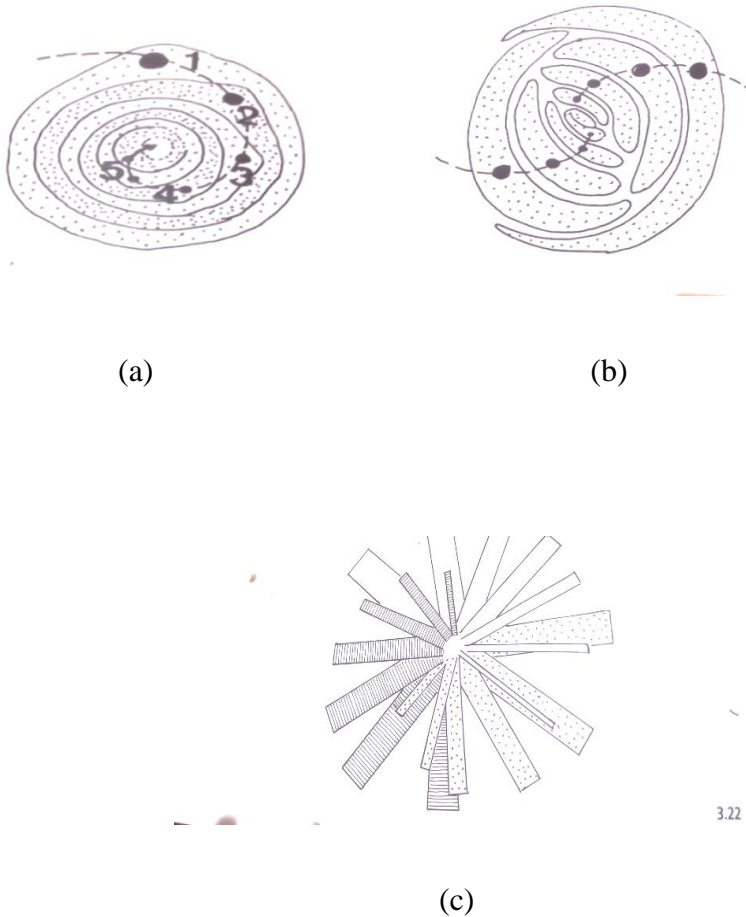
## Chapitre 2 : la phyllotaxie

---

**B** : Feuilles alternes réparties sur une ou plusieurs lignes courbes (spirostiques)

-spiromonostique : *Costus* avec 1 spirostique (figure 9 (a)), -spirodistique : *Scirpus*

(Figure 9 (b)) avec 2 spirostiques et spirotristrique : *Cyperusalternifolius* (figure 9(c)) avec 3 spirostiques.



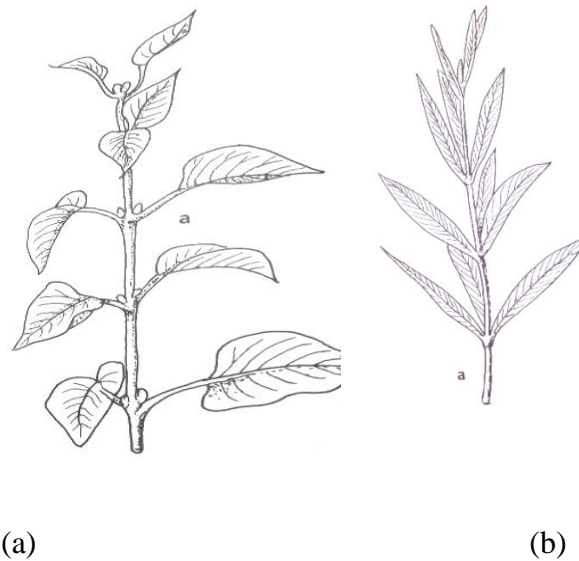
**Figure 9:** Type de Feuilles alternes (spirostiques)

## Chapitre 2 : la phyllotaxie

---

C : Feuilles opposées ou verticillées.

-opposée-décussée : Lilas (figure10(a)), Erables, Troène, avec feuilles opposées sur 4 orthostiques et-verticillée par 3 : Laurier rose (figure10(b)) avec feuilles par 3 sur 6 orthostiques.



**Figure 10:** Feuilles opposées ou verticillées.

On remarquera qu'il est difficile d'affirmer que deux feuilles sont vraiment superposées ; l'insertion de la feuille sur la tige est une surface plus ou moins grand et non un point, ce qui soulève la question de la réalité des orthostiques. Il est par ailleurs souvent difficile de prétendre que deux feuilles, ou plus, sont insérées à un même niveau ; de légers décalages sont souvent observés dans la réalité.

### II.4. Exemple de la phyllotaxie :

Quand nous regardons le cœur d'un tournesol, nous remarquons que les fleurons qui les composent forment deux familles de spirales (Figure 11). Une première famille qui s'éloigne du centre dans le sens anti-horaire. Chaque fleuron constitue l'intersection d'une spirale de chaque famille. Le nombre de fleurons des spirales du premier type et du second type sont consécutifs de la suite de Fibonacci : 21 dans un sens et 34 dans l'autre (Haubourdin, 2006).

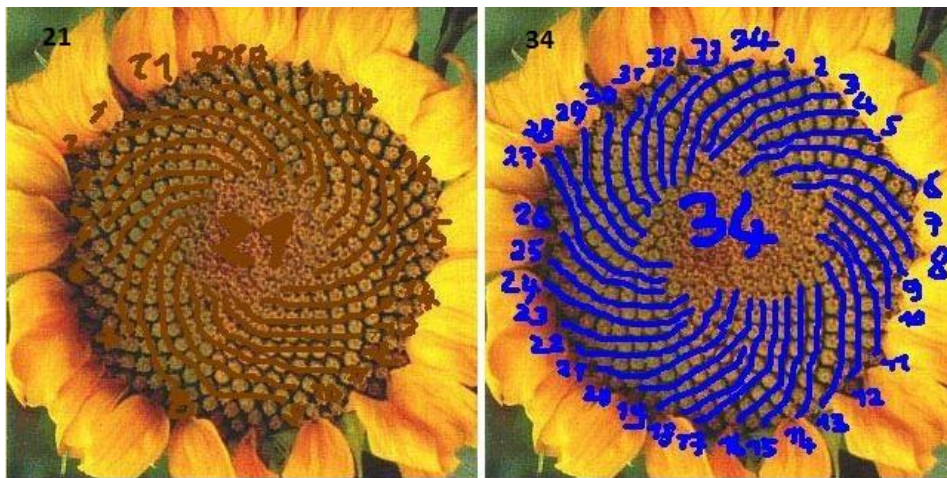
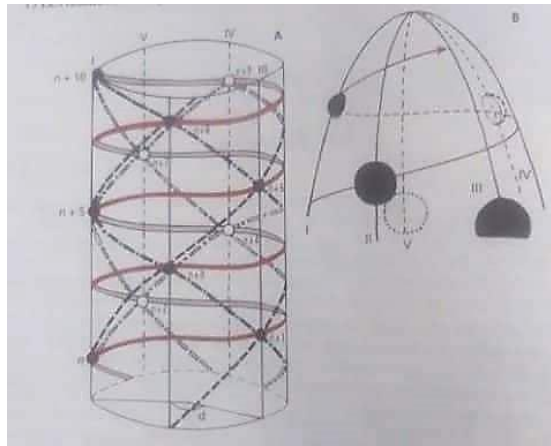


Figure 11: Les deux familles de spirales chez le tournesol (Haubourdin, 2006).

### II.5. La théorie classique :

Pendant rapidement de vue les échantillons naturels, ses auteurs (SCHIMPER, BRAUN, les frères BRAVAIS XIX<sup>e</sup> siècle) raisonnent sur un modèle géométrique, la tige étant assimilée à un cylindre et une insertion foliaire, c'est-à-dire la surface de fixation d'une feuille sur la tige, à un point.

- 1) Les feuilles sont disposées suivant une spirale unique, la spirale génératrice (figure 12)



**Figure 12:** La spirale génératrice pour une divergence de  $2/5$ .

A, fragment de tige théoriquement rectifiée à un cylindre (de I à v : 5 orthostiques, de  $n+10$  : insertion de 11 feuilles ; — spirale génératrice, --- parastiques dextres ; --- parastiques sénestres) ; B, le sommet d'une tige de ce type : la spirale génératrice se termine en flèche au point où doit apparaître l'ébauche nouvelle (B, modifié d'après Plantefole, 1948).

Pour Schimper, « la nature produit seulement une unique spirale de feuilles, qui pourtant peut ne pas apparaître particulièrement à l'œil, tandis que celles qui naissent nécessairement d'une ordonnance régulière sont nettement remarquées ». Il peut paraître assez surprenant de négliger, parmi toutes les spirales reconnaissables, celles qui sont souvent les plus visibles, pour n'en retenir qu'une, par ailleurs difficile à mettre en évidence dans bien des cas.

Conséquence de l'unicité de la spirale génératrice, « les pièces foliaires naissent nécessairement une à une au point végétatif » (Braun).

### 2) Les feuilles divergence entre elle.

Schimper définit la divergence (d) comme une fraction de circonférence séparant deux feuilles successives sur la spirale génératrice, c'est-à-dire les projections des points correspondant à ces deux feuilles sur un plan perpendiculaire à la tige.

Pour cet auteur et Braun, constante pour une espèce donnée, la divergence varie d'une espèce à l'autre. Pour le châtaignier, par exemple, elle est de  $2/5$ . Il faut donc parcourir deux tours de tige de la spirale génératrice pour rencontrer deux insertions foliaires sur une même génératrice.

La plupart des divergences s'insèrent entre  $1/2$  et  $1/3$ , suivant la série de Fibonacci :  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $3/8$ ,  $5/13$ ,  $8/21$ ,  $13/24$ ,  $21/55$ ,  $34/89$ ,  $55/144$ , etc. Mais il en existe d'autres chacune étant l'une des réduites successives d'une fraction continue du type :

$$1/n+1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \dots (n = 2 \text{ dans la série de FIBONACC})$$

Une telle divergence est obligatoirement rationnelle avec la circonférence, ce qui signifie, en pratique, que l'on doit toujours trouver une insertion foliaire exactement superposée à celle prise pour origine, ceci après un nombre de tours variable de la spirale génératrice.

Sur des coupes transversales de bourgeons répondant à la série de Fibonacci, les frères Bravais mesurent des angles de divergence échelonnés entre  $137^{\circ} 15'$  et  $138^{\circ}$  pour eux, la divergence est constante pour toutes les espèces, sa valeur étant celle vers.

Laquelle tend la fraction continue pour un nombre infini de termes, soit. Dans ce cas, puisque la divergence est irrationnelle avec la circonférence, on ne pourrait jamais rencontrer deux insertions foliaires exactement placées sur une même génératrice contradiction flagrante avec les vues de Schimper et Braun.

### 3) Critiques de cette théorie. Elles sont de trois ordres.

Eté théorie ne tient pas compte des réalités phyllotaxiques, puisque la tige est assimilée à un cylindre et les insertions foliaires à des points :

-il est souvent impossible de tracer une spirale génératrice unique à laquelle corresponde une divergence constante.

--enfin, une telle conception phyllotaxique ne rend pas compte de tous les cas normaux et encore moins des cas anormaux.

### II.6. Interprétation phyllotaxiques :

#### II.6.1. La théorie de la spirale génératrice unique :

Développée par Schimper (1829) et Braun (1832) (*In* Vallade, 1999) s'appuie sur deux lois : (1)-celle de la spirale unique, dite génératrice ou ontogénique, suivant un mouvement de déplacement hélicoïdal unique ; (2)-celle de l'existence d'un angle de divergence (indice de divergence ou divergence) ; c'est l'angle qui sépare deux feuilles successives sur la spirale unique ; par exemple, pour la disposition alterne-distique, l'angle est de  $360^\circ \times \frac{1}{2} = 180^\circ$ , tandis que pour la disposition alterne-pentastique, l'angle est de  $360^\circ \times \frac{2}{5} = 144^\circ$ .

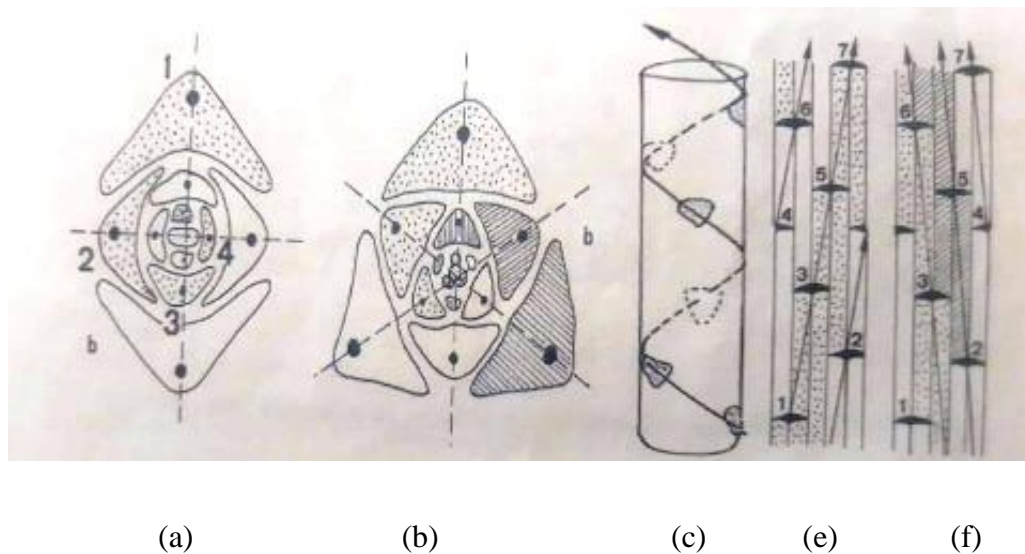
#### II.6.2. La théorie des hélices foliaires multiples :

Cette théorie développée par Plantefol (1948) est basée sur la réalité structurale des plantes. La phyllotaxie, revient à « reconnaître les rapports qui existent sur la tige réelle entre les éléments réels, insertion foliaire, segment foliaire, cordon libéraux ligneux foliaires ». La disposition des feuilles n'est plus considérée comme un problème théorique, les études sont faites à partir de cas concrets. Lorsqu'on considère les dispositions opposées ou verticillées, il n'est pas possible de faire passer une seule spirale par toutes les feuilles successivement initiées puisque deux feuilles ou plus se forment simultanément. Dans le cas de feuilles opposées, il est, par contre, facile de concevoir l'existence de deux « spirales génératrices » (2 hélice dans l'espace) le long desquelles se déplacent deux centres générateurs de feuilles diamétralement opposés au niveau du méristème caulinaire ; ces centres générateurs correspondent aux initiums foliaires situés dans la zone latérale du méristème ; lors de chaque plastochrone, les centres générateurs se déplacent d'un angle  $90^\circ$  (position décussée de feuilles) ; les plans foliaires successifs se situent à angle droit et les feuilles sont réparties sur 4 orthostiques (figure.13a), les centres générateurs diamétralement opposés fonctionnent habituellement des façons synchrones (feuilles opposées) ; une légère asynchrone des deux centres générateurs entraîne un décalage entre les feuilles qui ne sont plus totalement opposées, ce qui est assez souvent observable, chez le Lilas par exemple. Dans le cas des Laurier rose

## Chapitre 2 : la phyllotaxie

(*Neriumoleander*), les feuilles sont verticillées par trois, il existe donc trois centres générateurs synchrones à l'origine de trois hélices foliaires (figure.13b).

Cette interprétation peut étendre aux cas où les feuilles sont alternées : même lorsqu'il est possible de faire passer une seule ligne courbe par toutes les feuilles successivement formées (figure 13c), cette courbe ne correspond pas à la réalité phyllotaxique ; il existe en fait, généralement, plusieurs hélices foliaires (figure 13d et e) ; sur une même hélice, deux feuilles successivement formées se situent nécessairement sur deux orthostiques voisins (critère de contigüité), ce qui correspond à un déplacement minimum d'un centre générateur, ce déplacement s'effectuant dans le sens dextre l'hélice posé par cette alternative ne peut être effectué qu'après observation du mode de formation des feuilles au niveau de l'apex (Vallade, 1999).



**Figure 13:** Théorie des hélices foliaires multiples (Vallade, 1999).

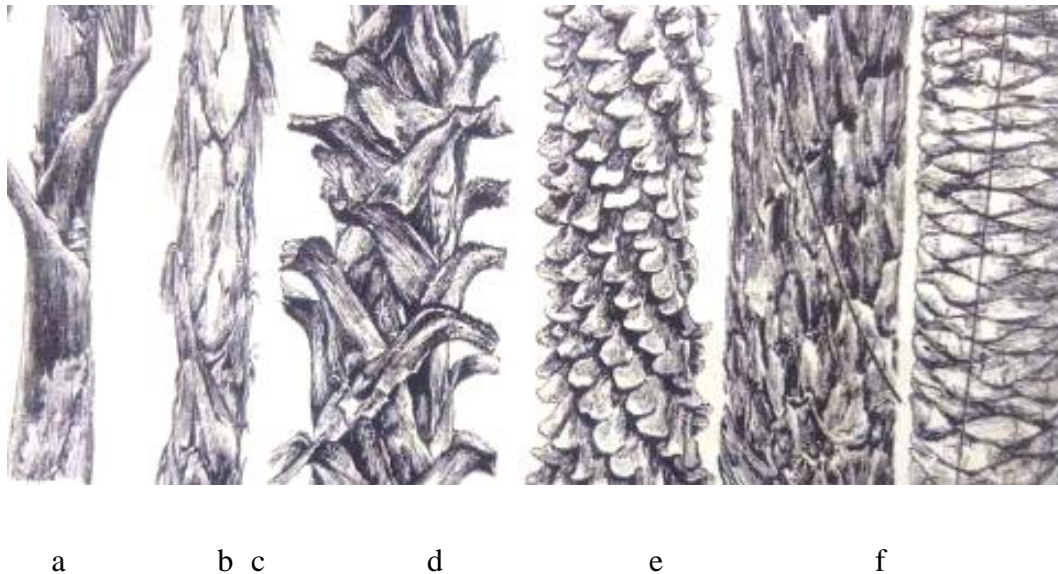
### II.7. Les hélices foliaires :

#### II.7.1. Les différents ordres des parastiques de contact chez les palmiers :

pour les palmiers il existe des différents ordres spirales, mais cet ordre est toujours en relation avec la suite de Fibonacci, cette différence apparaît à plusieurs aspects, par exemple, il y a une seule spirale pour *Areca catchu* (Figure 2 a) et *Ptychosperma macarthuru* par contre pour l'espèce *Arengapinnata* (Figure 14 b) il existe deux spirales, et pour

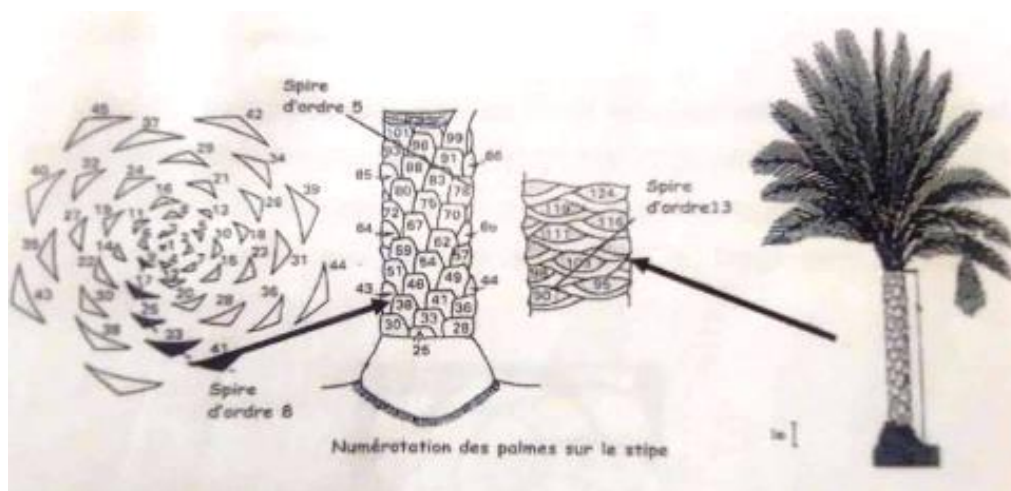
## Chapitre 2 : la phyllotaxie

L'espèce *Borassus flabillifer* (Figure 14 c) il existe trois spirales et il ya cinq spiral pour le palmier de coconut *Cocos nucifera* (Figure 14 d) et pour le palmier d'huile *Elaeis guineensis* (Figure 14 e) il ya huit spirales pour l'espèce *Phoenix canariensis* (Figure 14 F) on observer 13 spirales et dans dernière espèce on observe 21 spirales. On remarque que les ordres trouvés donnent les déterminants de la suite de Fibonacci (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...) (Davis, 1971).



**Figure 14:** Variation de nombre des hélices de palmier (Davis, 1971).

. Selon Ferry (1998) et Elhoumaizi (2002) il y'a quater types des hélices foliaires chez le palmier *Phoenix dactylifera* L. sont 3, 5, 8 et 13 (Figure 15).



**Figure 15:** Repérage des parasites d'ordre 5, 8 et 13 (Elhoumaizi, 2002).

### II.7.2. Le sens des hélices foliaires :

Les études phyllotaxique montre qu'il y a deux sens phyllotaxique sénestre et dextre. Par exemple on distingue chez l'Ananas, le tournesol ou le con de pin deux familles de parasitiques s'enroulant dans des directions opposées. La figure (16) montre une section transversale d'un bourgeon de cône, où les primordiaux, soit les futures écailles, sont distribués sur 8 parasitiques dextres et 5 parasitiques senestre (Gouy et Martinez, 2005).

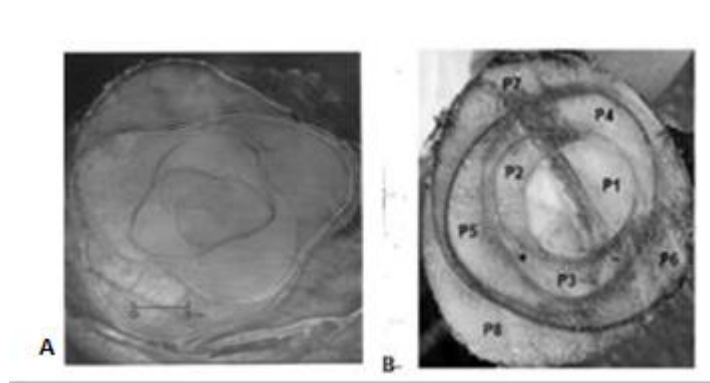


**Figure 16:** Sens des hélices 5 et 8 dans cône de pin (Roger, 1983).

### II.8. Phyllotaxie et l'organisation foliaire chez le palmier dattier

L'organisation foliaire du palmier dattier est généralement similaire à tous les autres palmiers à tige dressée comme *Elaeis guineensis* et *Euterpe oleracea* (Plantefol, 1948).

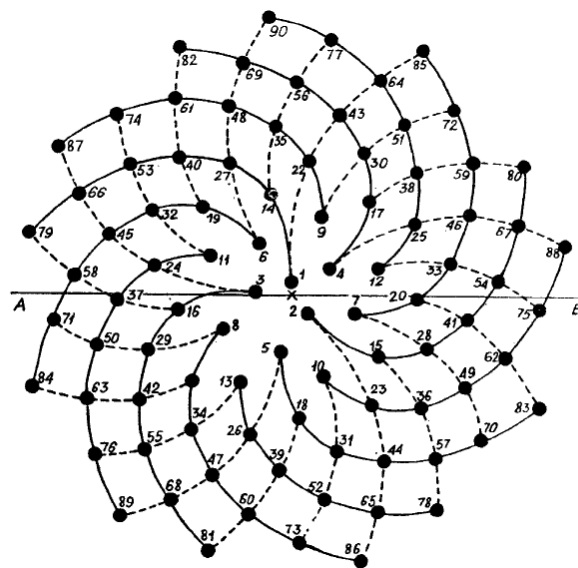
Les feuilles de palmier dattier se forment à partir du point végétatif suivant une spirale unique (Figure 17). On sait que le point végétatif d'un palmier a des caractères extrêmement particuliers. Le sommet de la tige, débarrassé de ses feuilles, offre une dépression profonde au fond de laquelle émerge un bouton conique qui ne porte aucune ébauche foliaire ; les plus jeunes ébauches foliaires se présentent relativement loin de lui (Plantefol, 1948).



**Figure 17:** Cœur du palmier.

A : Coupe transversale d'un cœur de palmier au niveau de bourgeon terminal (Hack, 1974). B : Observation microscopique d'un cœur de palmier (Brabe et al, 2010).

La disposition successive des palmes sur le stipe par rapport au bourgeon terminal est induite par le sens phyllotaxique (spirale chronologique) (Fig.18) d'une part et par l'anglephyllotaxique qui sépare deux feuilles successives d'autre part (Davis, 1971).



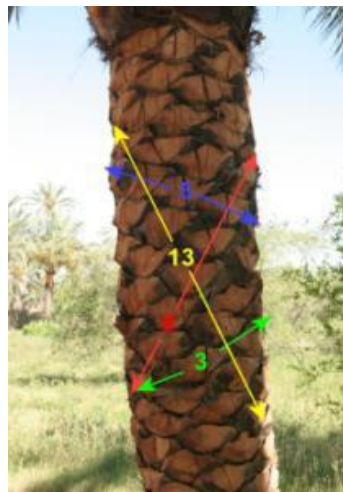
**Figure 18:** Diagramme de phyllotaxie chez les palmiers. (Davis et Mathai, 1973).

Le palmier a un modèle phyllotaxique en spirale. Des caractéristiques de phyllotaxie de palmier dattier ont été étudiées par Elhoumaizi et al, 2002a et Ferry, (1998) Elhoumaizi et al. (2002a) ont constaté que l'angle de divergence des feuilles consécutives est semblable pour le même cultivar et est approximativement l'angle de Fibonacci de 137,5.

## Chapitre 2 : la phyllotaxie

---

Spires apparentes ou parastiches sur lesquelles s'organisent les palmes s'observent sur la couronne foliaire et le stipe (Davis et Mathai, 1973).



**Figure 19:** Parastiches apparentes sur le stipe d'un palmier dattier. (Lecoustre, 2014b)

Pour des raisons géométriques, le palmier dattier possède 3 hélices de trois palmes, 5 hélices de cinq palmes et 8 hélices de huit palmes. On peut rencontrer aussi les hélices de type 13. Les hélices 3 et 8 tournent dans le même sens que la spirale chronologique, l'hélice 5 est enroulée dans la direction inverse. Parfois, l'hélice 13 possède une position verticale constituant par fait orthoparastiche (Bouguedoura, 1979 ; Ferry, 1998 et عودة إبراهيم, 2011).

L'ordre chronologique des formations des feuilles ou la spirale chronologique tourne suivant les arbres tantôt dans le sens des aiguilles d'une montre tantôt dans le sens inverse (Henry, 1955).

Selon Elhoumaizi, (2002) et Elhoumahizi et *al.* (2002a) ; les proportions de phyllotaxie gauche ou droite demeurent proches de 50% chez le palmier dattier.

### II.9. Mathématique et phyllotaxie :

La Botanométrie est l'étude mathématique du phénomène de la phyllotaxie des plantes. C'est à dire la phyllotaxie est l'expression d'une loi fondamentale d'organisation chez les plantes (Roger, 1983)

## Chapitre 2 : la phyllotaxie

### II.9.1. L'angle de divergence :

L'angle de divergence, ou divergence, est un autre paramètre issu de l'observation des plantes, nécessaire à leur description. La plupart du temps cet angle est égal à  $137.5$ . La divergence d'une plante est l'angle au centre, dans la section transversale du bourgeon, déterminé par les centres de deux primordia consécutifs. C'est l'angle entre les points 24 et 25. (Figure 20) (Roger, 1998).

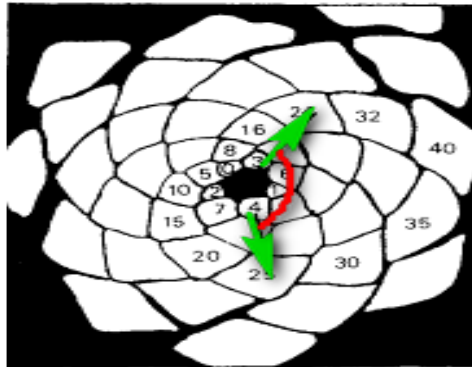


Figure 20 : l'angle de divergence de *pinus pinea* (Roger, 1983).

### II.9.2. La fraction phyllotaxique :

La fraction phyllotaxique d'une tige feuillée, obtenue en déterminant deux feuilles sur un orthostique (Fig. 21), est le rapport du nombre de tours de tige au nombre de feuilles rencontrées le long de la portion de spirale génétique entre les deux feuilles on obtient les fractions suivantes :  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{5}$ ,  $\frac{3}{8}$  qui constituent la suite de Fibonacci (Roger, 1983).

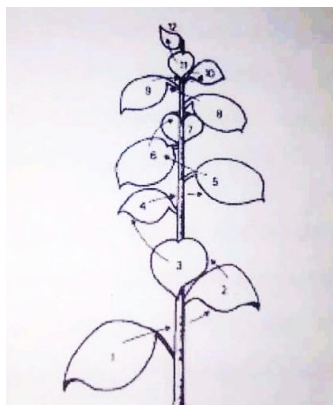


Figure 21: Illustration de la notion de fraction phyllotaxique (Roger, 1983).

### II.9.3. La suite de Fibonacci :

L'ensemble de suite de Fibonacci débute de la manière suivante : 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, ... Cette suite est caractérisée par le fait que chaque nombre à partir du troisième est la somme des deux précédents (Berglund, 2005). Cette suite a été introduite par Leonard de Pise (surnomme Fibonacci), qui a vécu approximativement de 1170 à 1250. Il est l'un des plus grands mathématiciens du moyen-âge. C'est lui qui a introduit la numération décimale et l'écriture arabe des chiffres en Occident, en ramenant dans son livre *Liberabaci*, les connaissances acquises en Algérie où travaillait son père, mais il est aussi connu pour avoir mis en évidence la série porte désormais son nom. (Michion, 1977)

### II.10. Phyllotaxie de palmier dattier :

#### II.10.1. Les phases de formation des palmes avec les lois phyllotaxiques :

La division et le développement des cellules de méristème caulinaire accompagnent à la propagation et le développement progressif des feuilles, la disposition spiralée des feuilles et leur chevauchement conduit le cœur (sommets) de palmier dattier à prendre sa forme conique (Fig.22).



**Figure 22:** Dissection du bourgeon terminal au laboratoire (Pintaud, 2011).

**A-Première phase :** Constitué par la formation des première sept feuilles méristématiques initiales qui sont disposées autour du méristème apical de palmier, la longueur de ces feuilles variées entre 0 à 08 mm, et leurs âges variés de 0 jusqu'à 04

## Chapitre 2 : la phyllotaxie

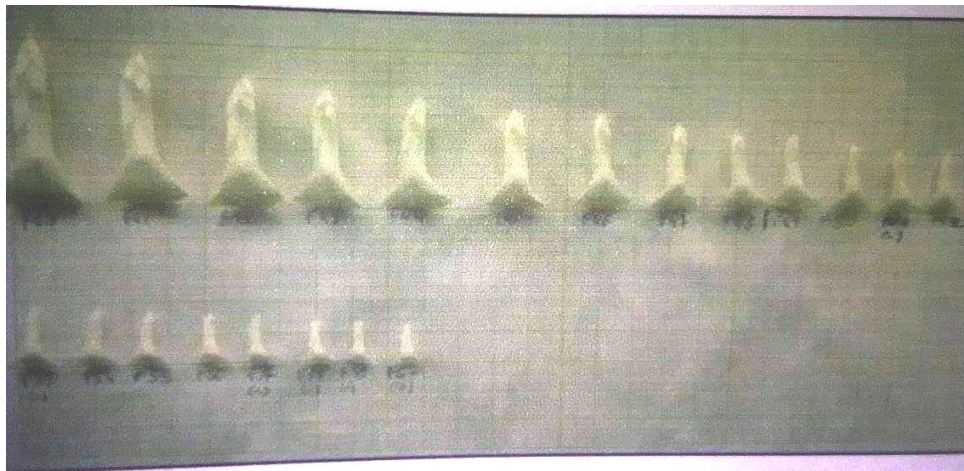
---

mois(Fig.23). La division cellulaire assure le développement de ces feuilles juvéniles sont entourées par les fibres.



**Figure 23:** Méristème apicale et bourgeon au niveau de la 7<sup>ème</sup> ébauche (Pintaud, 2011).

**B-Deuxième phase :** Caractérisé par l'apparition de 2<sup>ème</sup> couche de feuilles dont le nombre de feuilles et de 08 jusqu'à 60 feuilles, elles disposent autour de 1<sup>ère</sup> couche, et leurs tailles variées entre 2-45 mm, et leurs âges variés entre 5 à 35 moins, ces feuilles sont développées par la division rapide et l'extension lente` (figure24) (عودة إبراهيم, 2011).



**Figure 24:** Ebauches foliaires disséquées au laboratoire (mesurées en millimètre) (Pintaud, 2011).

Variés entre 4.5 cm, jusqu'à 250 cm, et leur âge varié entre 36 et 48 moins. Ces feuilles prennent leurs tailles terminales, mais les folioles restent disparues. A Ce stade.

## **Chapitre 2 : la phyllotaxie**

---

**B-Troisième phase :** C'est l'étape de formation de 3<sup>em</sup> couche de feuille, Constituée de 20 feuilles qui sont disposées rapidement autour des deux précédentes, leur ordre entre 20 jusqu'à 80 et leur longueur on remarque une augmentation rapide division cellulaire de méristème

**D-Quatrième phase :** Constituée de 25 palmes adultes, leurs ordres entre 80 à 115, 48 à 66 mois, les feuilles adultes dirigées vers l'extérieur. Les derniers dix palmes commencent à sécher et perdre leur chlorophylle à la fin de leur vie, ou elles peuvent être coupées et enlevées (عودة إبراهيم, 2011).

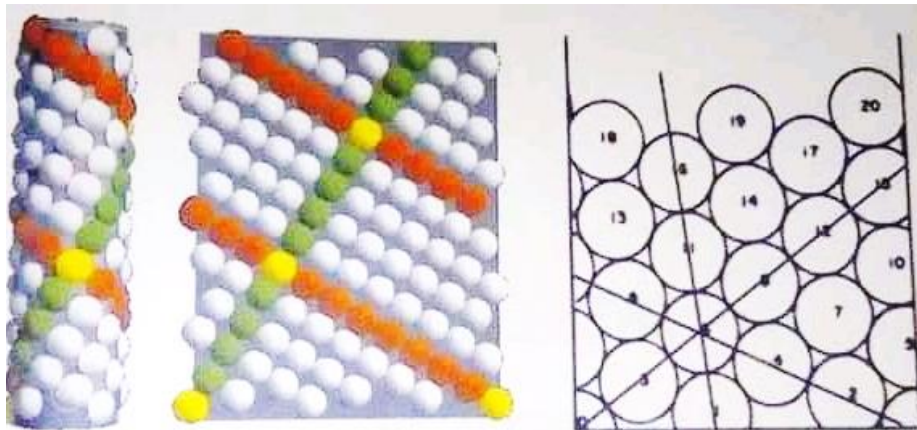
### **II.11.Représentation de la phyllotaxie de palmier dattier :**

#### **II.11.1.Les types de représentation phyllotaxiques :**

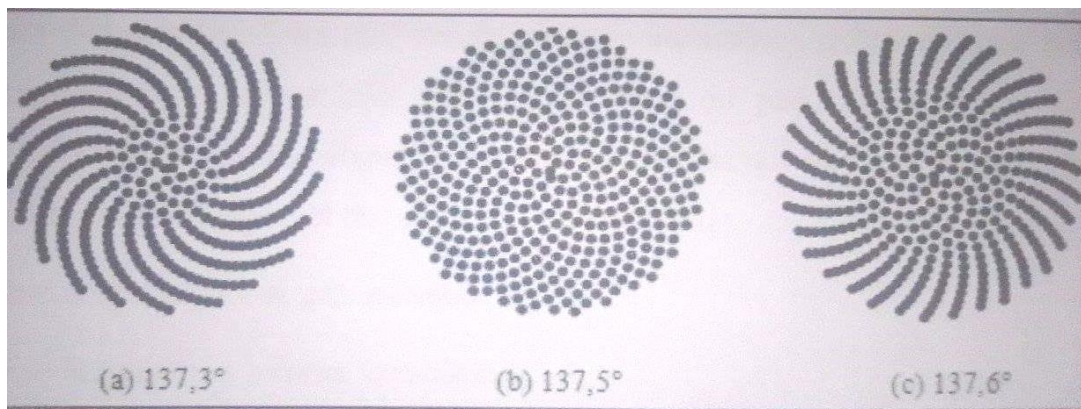
Dans les trois principaux types de représentation phyllotaxique trouvée dans la nature, le plus répandu est la représentation de phyllotaxique en spirale. Les modèles phyllotaxique sont formés au niveau microscopique. Les Unités botaniques telles que les feuilles et les pétales sont générées au méristème comme renflements de cellules à croissance rapide appelés ébauches. De plus les ébauches sont développées, ils sont poussés de plus en plus loin de l'apex développant ainsi dans les éléments familiaux.

Plusieurs représentations phyllotaxiques mathématiques ont été développées par des chercheurs de l'infographie dans le but de simuler des images de plantes réalistes. Images de synthèse de structures végétales à géométries essentiellement plates (Prusinkiewicz et al. 1990).

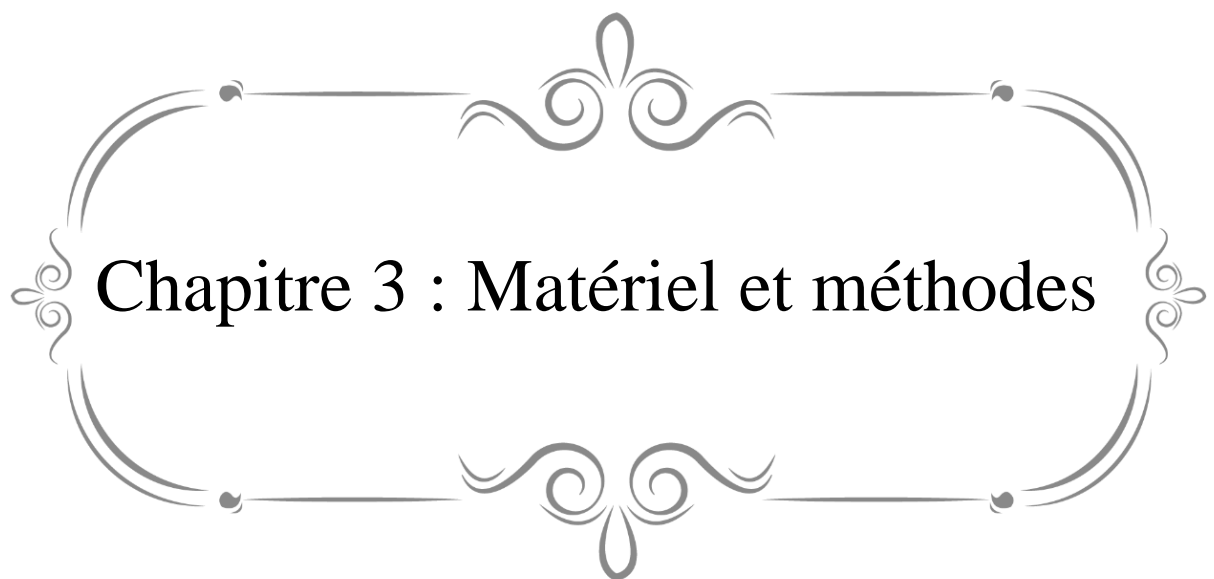
Inspiré par le travail de Airy, van Iterson (1907) in Reuille, 2005 a étudié même détail les motifs obtenus en empilant des disques de taille variables sur la surface d'un cylindre. Le cylindre représente la tige de la plante et chaque disque représentant un organe. (Fig. 25).



**Figure 25:** La phyllotaxie comme empilement de disques (Reuille, 1990).



**Figure 26:** Ces trois représentations ne diffèrent que par la valeur de l'angle de divergence (Prusinkiewicz et al. 1990).

A decorative frame with ornate scrollwork and flourishes, enclosing the chapter title. The frame consists of a central horizontal line with curved ends, topped and bottomed by symmetrical scroll designs.

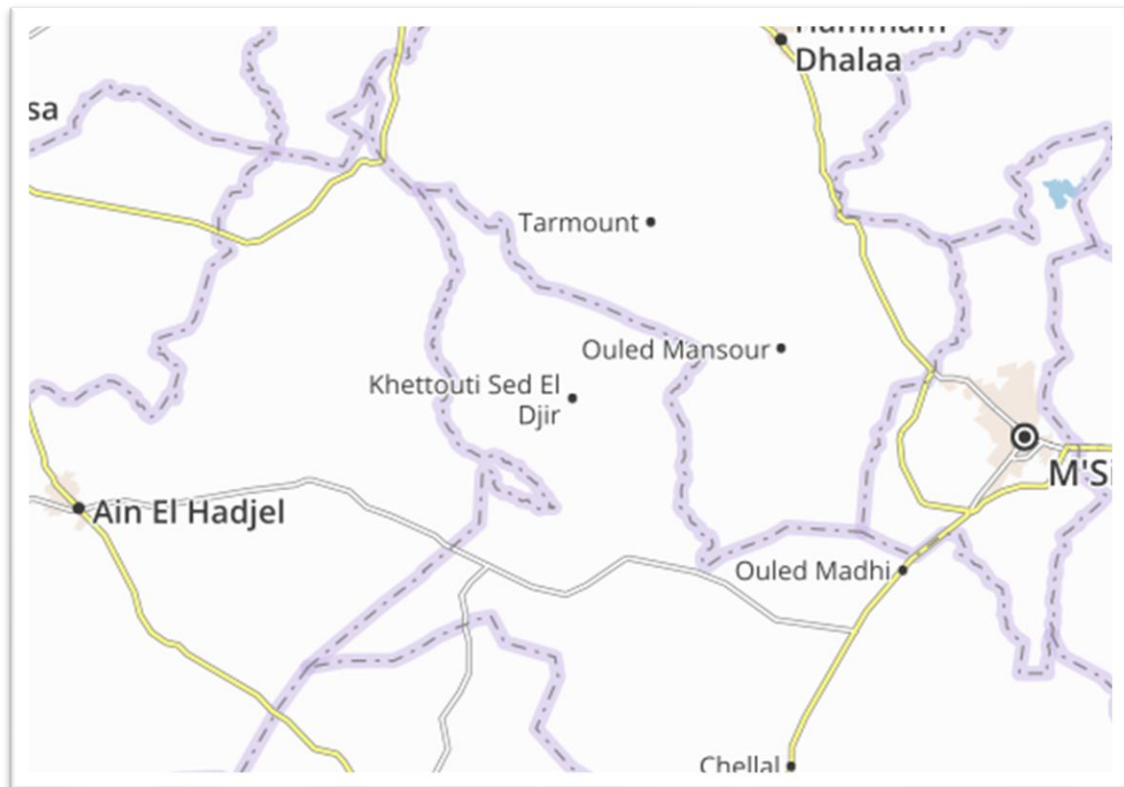
**Chapitre 3 : Matériel et méthodes**

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

### III. Matériel et méthodes

#### III.1 Région d'étude

Nos prélèvements ont été faite au niveau de la commune du Khattoute Sed Eldjir à 40 km sud de la wilaya de M'sila. Cette commune couvre une superficie de 32490hectares délimitée de l'Est par la commune de Chlalet Ouled Mansour, à l'Ouest par la commune de Sidi Hadjras au Nord par la commune de Tarmounte et ouannoughaet et Sud par la commune d'Ouled Sidi Ibrahim et Benzouh.



**Figure 27:** Situation géographique de la zone d'étude.(googlemaps)

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

---

### III.2. Matériel végétal

Nous avons manipulé six (06) pieds de palmier dattier spontanés (*Phoenix dactylifera*L.) ces palmiers, retrouvés dans morte zone d'étude, se différencient suivant l'âge : ce sont de petits palmiers de dizaines à trentaine de palmes, comme ils sont spontanés, leur origine (variété) est inconnue.

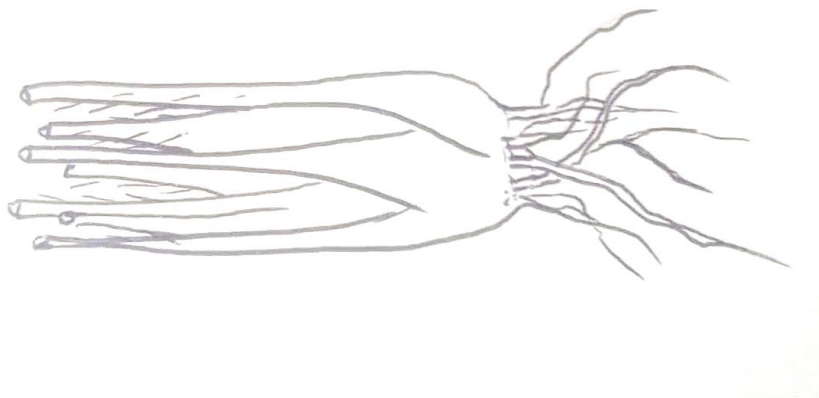
### III.3. Méthodes

Après que les pieds sont prélevés, ils sont amenés au laboratoire. Pour chaque pied nous avons éliminé les racines qui sont encore sur le pied. Nous avons fait des coupes transversales sur des jeunes pieds sur plusieurs niveaux jusqu'à l'arrivée au méristème à l'aide d'un gros couteau. Le début de cette manipulation est simple mais devient délicat notamment au niveau des dernières coupes.

Deux paramètres ont été utilisés dans cette étude.

#### III.3.1. Nombre de feuille (âge de pieds) :

Nous avons dénombré les feuilles apparentes sur les pieds et même les ébauches foliaires situées là-dedans (non apparentes) afin d'estimer l'âge des pieds.



**Figure 28:**Schéma de nombre de feuilles.

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

---

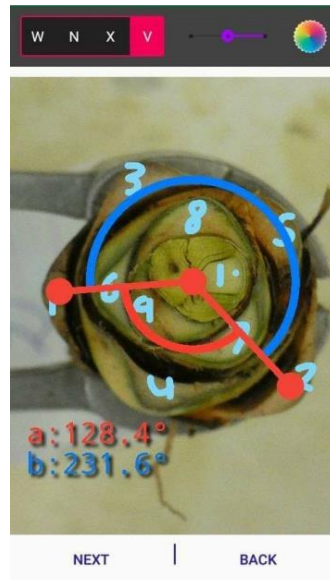
### III.3.2. Angle de divergence :

Chaque coupe a été photographiée afin de mesurer les angles entre les feuilles (angle de divergence). (Figures 29 et 30)



**Figure 29:** une photographie de coupe transversale proche du méristème.

Cette mesure a été effectuée par une application "Angulus.4.0". dédiée à ce genre de mesure:

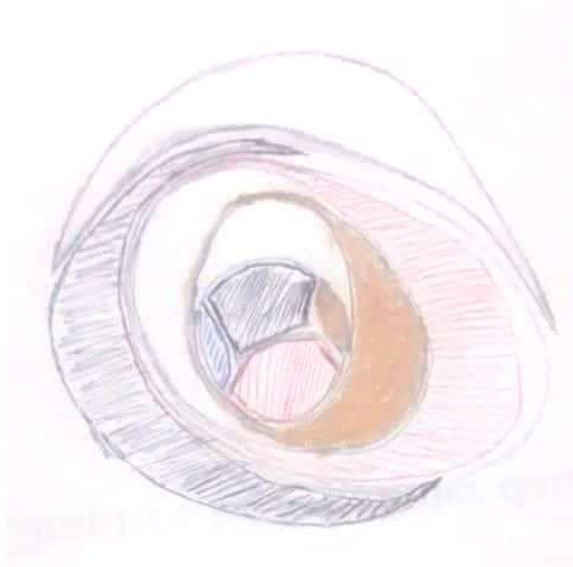


**Figure 30:** Un exemple montrant la mesure à travers l'application *Angulus*.

### **Chapitre 3 : Matériel et méthodes**

---

La figure 31 montre la disposition des ébauches foliaires au niveau cône végétatif. On peut remarquer la présence d'une dizaine de feuilles. Difficilement ; nous avons marqué le centre de ce cône pour qu'on puisse mesurer l'angle de divergence. Nous avons pu compter 12 ébauches foliaires. Pour chaque ébauche foliaire nous avons marqué le point central à travers lequel nous avons mesuré l'angle de divergence.



**Figure 31:** Schéma de la disposition l'ébauches foliaires.

### IV. RESULTATS ET DISCUSSION

#### Iv.1. Nombre des feuilles :

Le tableau suivant (tableau 1) montre le nombre des feuilles rencontrées lors de notre manipulation.

**Tableau 1** : Nombre des feuilles par pied.

Les pieds	Les feuilles
Pied 1	11
Pied 2	10
Pied 3	13
Pied 4	12
Pied 5	13
Pied 6	14

Il est à signaler qu'il y a trois autres, ou plus, ébauches foliaires au centre de chaque pied. Pratiquement, cette différence nous donne une indication approximative de l'âge des jeunes plants. On remarque que le pied 6 est plus âgé que le pied 1, et que les pieds 3 et 5 ont le même âge.

#### IV.2. Angle de divergence :

Après avoir mesuré l'angle de divergence entre les feuilles de tous les pieds étudiés, on présente tout d'abord l'angle globale de toutes les mesures effectuées, puis les angles de divergence pour chaque pied.

##### IV.2.1. Angle de divergence globale :

Le tableau suivant (tableau 2) représente les valeurs globales de l'angle de divergence sur les différents pieds étudiés :

**Tableau.2** : l'angle de divergence globale

Les pieds	Angle de divergence
Pied 1	128,11±35,53
Pied 2	125,77±32,38
Pied 3	132,20±30,16
Pied 4	130,34±20,79
Pied 5	113,11
Pied 6	133,70±22,01

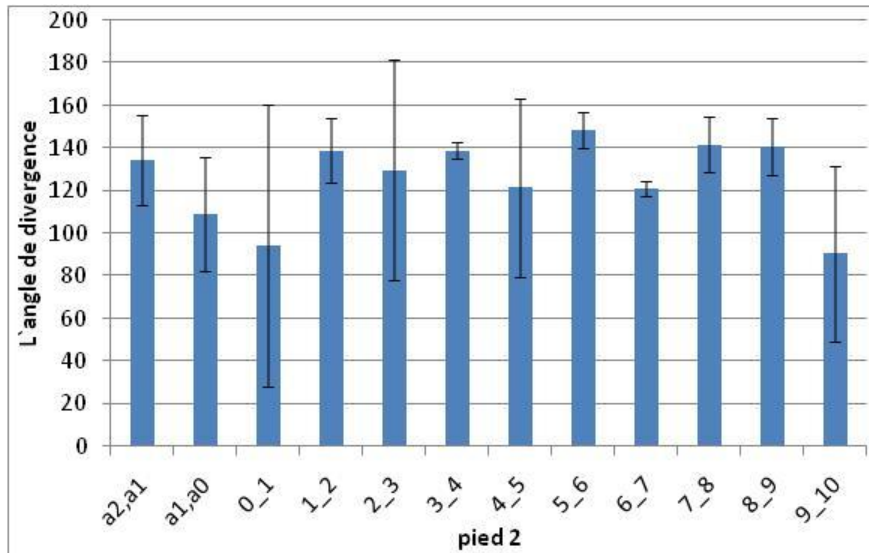
L'angle de divergence se varie entre  $113,11 \pm 46,46$  et  $133,70 \pm 22,01$ . Il est signalé que l'écart type dans ces valeurs globale est important vu la différence de l'angle de divergence entre les feuilles dans le même pied. L'angle global de divergence est de l'ordre de  $128,16 \pm 31,36$ .

### IV.2.1. Angle de divergence par pied :

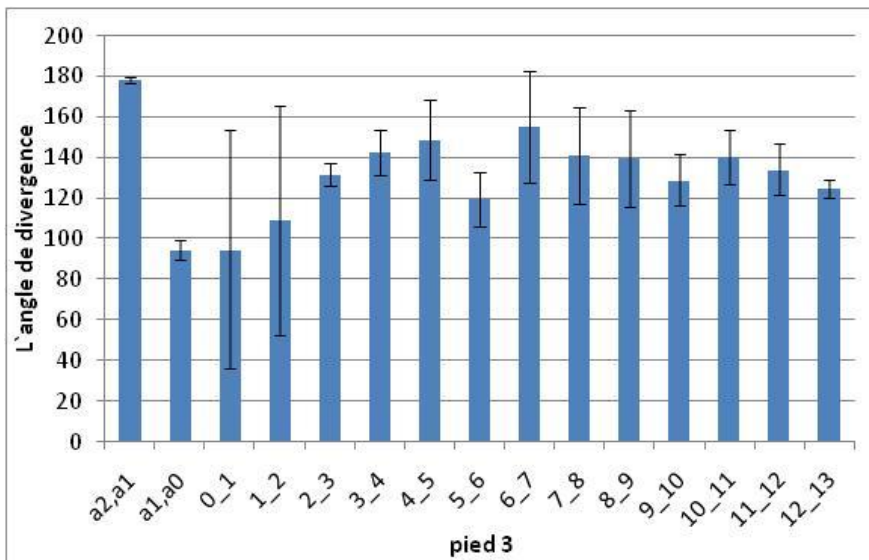
La figure (32) présente la variation d'angle de divergence suivant l'ordre d'insertion des ébauches foliaires dans l'apex et jusqu'à l'extérieurs de la plante.



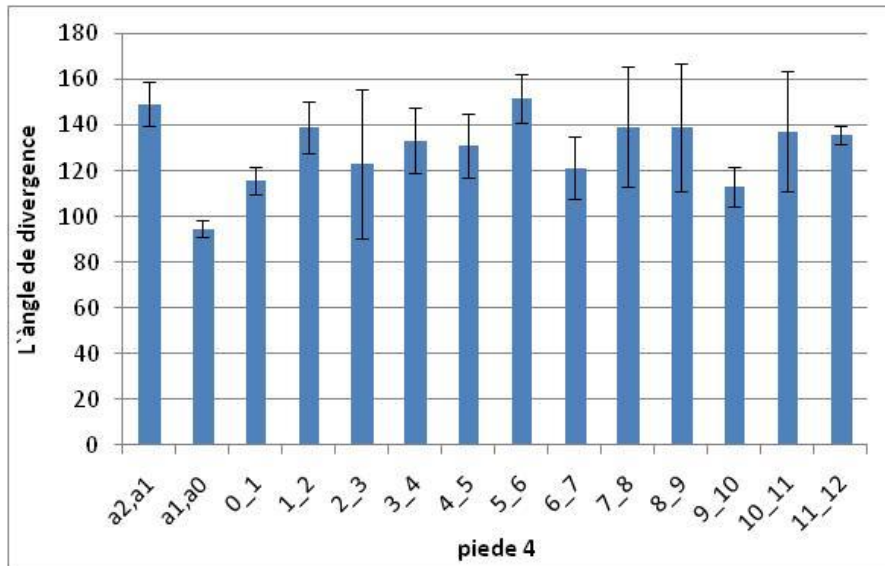
(a)



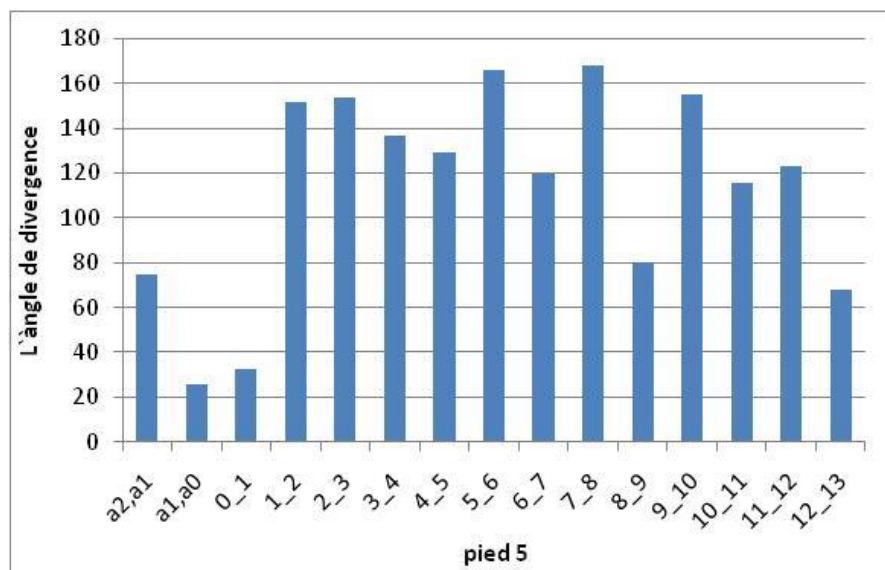
(b)



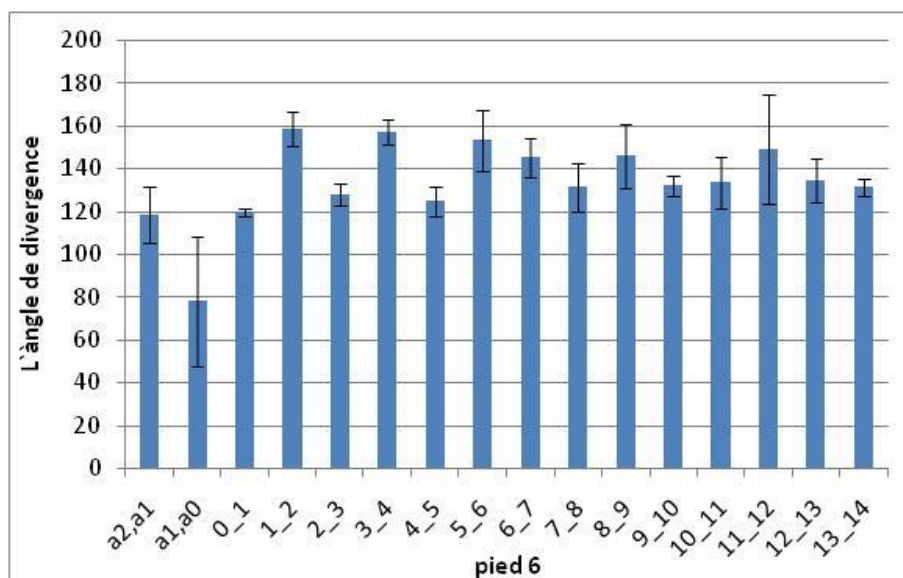
(c)



(d)



(e)



(f)

**Figure 32:** L'angle de divergence suivant l'ordre d'insertion des ébauches foliaires

L'angle de divergence à une allure descendante les trois premières feuilles, la quatrième présente un angle divergent semblable à l'angle de divergence standard. L'angle divergence se varie entre  $39 \pm 2,59$  (la feuille 0-1), et  $161 \pm 8,63$  la plus faible est de l'ordre 13(10-11).

L'analyse de variance a 5% ne montre pas une différence significative entre les pieds étudiés, c'est-à-dire jusqu'à ce stade il n'y a pas une évolution significative de l'angle de divergence sur des pieds de différents âges (à préciser que la différence d'âge est de l'ordre de quelques feuilles)

Alors que l'analyse de variance a 5% montre une grande différence significative entre les feuilles de chaque pied étudié. Cette grande différence est dû peut être à l'incorporation des ébauches foliaires compactées au cœur des plants étudiés.

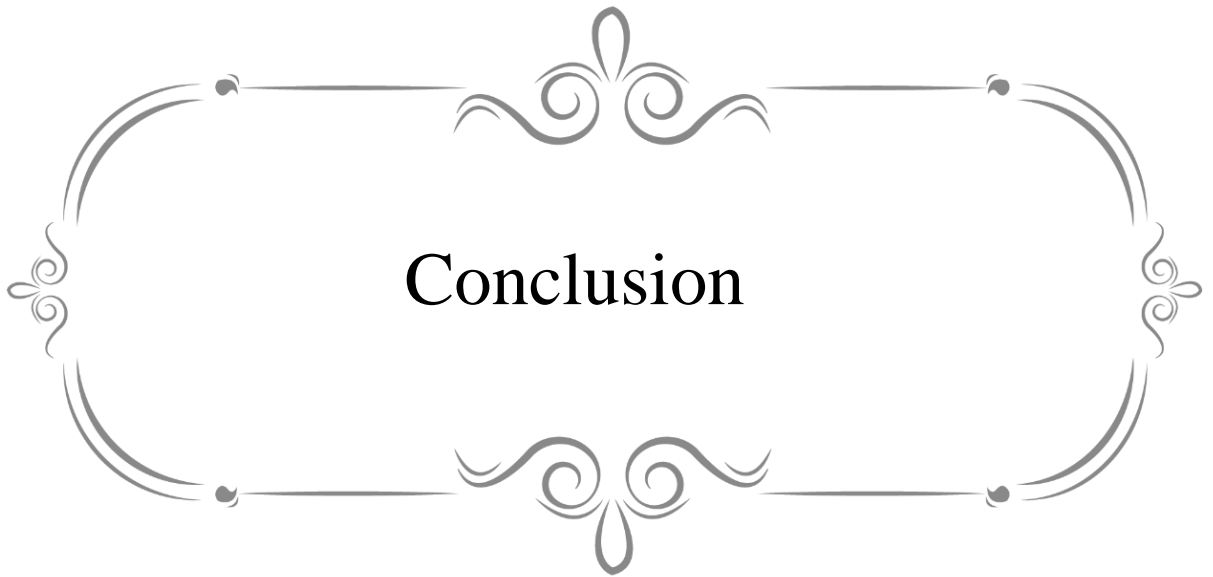
Malheureusement, nous n'avons pas trouvé des études sur l'angle de divergence à ce stade de développement. Cependant, les moyennes de l'angle de divergence pour des plants plus âgées (plants de 5 ans) sont de  $136.97 \pm 0.35$  pour les jeunes palmiers et  $137.39 \pm 0.27$  pour ceux en pleine maturité. (El Masoudy, et *al.* 2015). Encore plus âgées (plants de 15

### **Chapitre 3 : Matériel et méthodes**

---

ans) l'angle phyllotaxique pour les deux variétés ('DegletNour' et 'Litima') sont respectivement 137.88 et 138.21. (Atallaoui, et al. 2016 ; Elhoumaizi, et al. 2002).

Cet angle est un peu précis sur des plants âgés, cependant dans notre cas, où notre étude est menée sur des jeunes plants, nous avons rencontré une fluctuation énorme dans l'angle de divergence. Cette fluctuation est dû peut être développement de croissance en diamètre qui a sans doute une influence sur la valeur angulaire. En outre, la détermination de du centre de mesure nous présente un entrave pour une précise mesure.



**Conclusion**

## **Conclusion :**

Au terme de ce travail est basé sur l'étude de l'évolution de l'angle de divergence plant de palmier dattier *Phœnix dactylifera* L. (de 10 à 14 feuilles). A travers les résultats obtenus, nous pouvons constater que l'angle de divergence se varie énormément du centre et commence à se stabiliser relativement vers l'extérieure (les dernières feuilles), par contre on ne constate pas une variation d'angle de divergence entre les plants étudiés. Concluant qu'il n'y a pas une évolution de l'angle de divergence aux ces stades étudiés. Cette étude peut être reconduit sur des plants plus âgés (un an et plus) et sur des différents cultivars pour mieux comprendre l'évolution et la variation de l'angle de divergence au fil des stades juvéniles de développement.



# Références bibliographiques

## Références bibliographiques :

Adler I., Barabé D. et Jean R. V., 1997. History of the study of phyllotaxis. *Annals of Botany*. Pp. 231-244.

Albert T., Cavallaro J. et Morchese E., 2004. La phyllotaxie spirale, Rapport Lycée Thierry Mauln. 21 p.

Atallaoui, K., Benmehaia, R., Simozrag, A., Lecoustre, R., & Rey, H., 2016. Modeling Vegetative and Reproductive Architecture of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) The Case of Two Algerian Cultivars 'Deglet Nour' and 'Litima'.

Davis T A et Mathai A M., 1973. A mathematical explanation of the emergence of foliar spirals in Palms. Indian Statistical Institute. Calcutta. Vol 39 A, N° 3. India. Pp. 194-202.

Davis T A., 1971. Why fibonacci sequence for palm leaf spirals ?. Indian Statistical Institute. Calcutta. India. Pp. 237-244.

El Masoudy, H., Gammoudi, S., Bennaceur, M., Elhoumaizi, M. A., & Lecoustre, R. (2015). La fluctuation de l'angle de divergence  $d$  dans la pousse aérienne de trois cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) à deux âges de la production. PHC Maghreb.

Elhoumaizi, M. A. (2002). Modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis.

Elhoumaizi, M. A., Lecoustre, R., & Oihabi, A. (2002). Phyllotaxis and handedness in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Fruits*, 57(5-6), 297-303.

Ferry, M. (1998, March). The phyllotaxis of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). In *Proc. Inter. Conf. on Date Palms, Al-Ain, UAE*. pp. 559-571.

Gorenflot, R., de Foucault, B., & de Foucault, B., 2005. Biologie végétale: les cormophytes: cours et questions de révision. Ed. Dunod. Pp. 31-33.

Gouy.,M et Martinez.M., 2005. La phyllotaxie spiralee,Rapport.LycéeTierry Maulnier(Mathématiques).pp.4-5.

Haubourdin J., 2006 .Le mythe du nombre d`or : Une esthétique mathématique.Edition Biospheric. Paris.V .pp56\_57.

Kaouther D. and Mahmoud D., 2019. Study of the quality of the fruit of the palm date tree *Phoenix dactylifera*L." Deglet-noor" in different regions of the wilaya of Biskra. *Algerian Journal of Arid Environment (AJAE)*, 9(1)

Lecoustre R, 2014. Croissance et architecture des plantes. Modélisation et Simulation:Aperçu de l'architecture des Arecaceae. Modèles architecturaux. Angles et arrangements phyllotaxiques. Conférence présentée à la journée de Formation. Univ. Biskra.

Michison G., 1977.phyllotaxy and Fibonacci.April. Franch.p 1.

Munier, P. 1973. *Le palmier dattier*. Maisonneuve & Larose. Paris.P.22\_32.

Neuchâtel k., 2010.plantes spirales et nombre. Universities Friburgensis. France. P 10.

Peyron, G. (2000). *Cultiver le palmier-dattier*. Editions Quae. P.11\_18.

Pintaud J.C., 2011.Phénologie du palmier dattier. Protocoles pour la caractérisation des cycles végétatifs et reproducteurs élaborés au site italien de Sanremo.MOCAF-Phoenix, pp.14-15.

Prusinkiewicz, P., & Lindenmayer, A. (2012). *The algorithmic beauty of plants*. Springer Science & Business Media.Pp. 99\_111.

Jean, R. V. (1983). *Croissance végétale et morphogénèse*. PUQ.

Roger V., 1998. *Phyllotaxis A systemic Study in plant morphogenesis*.University press the United States of Amrica.p2.

Tourer N, G. (1967). Le palmier dattier culture et production. *Al awamia*.

Vallade, J. 1999. Structure et développement de la plante : Morphogénèse et biologie de la reproduction de Angiospermes.Dunod.p.55\_59

مراجع باللغة العربية:

عبد الباسط عودة ابراهيم. 2011. نظام ترتيب الاوراق (السعف) في نخلة التمر. 11 ص.