MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Master I Biodiversité Végétale Tropicale (BVT)

Période de stage: Mars-Juin 2011

Laboratoires d'accueil: UMR AMAP/CIRAD (bd de Lironde, TA A-51/PS2, 34398 Montpellier cedex5) & DIADE/IRD (Montpellier 911, Avenue Agropolis , 34394 Montpellier cedex5)

Thème : ''Etude comparative de l'architecture et de la géométrie de l'inflorescence mâle et femelle du palmier dattier ''

Par : Oumarou ZANGO

Soutenu le 17 Juin 2011

Encadrement & maitres de stage:
Co encadré par : Mr. Hervé REY (CIRAD), Mr. Jean Christophe PINTAUD (IRD) et Mme Frédérique ABERLENC (IRD).

Première promotion BVT 2010-2011

SOMMAIRE

DEDICACES ii
ABREVIATIONS iii
REMERCIEMENTS iv
LISTE DES FIGURES v
LISTE DES TABLEAUX vi
RESUME vii
ABSTRACT viii
INTRODUCTION GENERALE 1
I. MARETIEL ET METHODES 4
1.1. Matériel 4
1.1.1. Matériel végétal 4
1.1.2. Logistique et matériels techniques 4
1.2. Méthodologie 5
1.2.1. Observation de l'architecture et de la structure des inflorescences 5
1.2.2. Dissection des couronnes 5
1.2.3. Mesures géométriques et métriques 6
1.2.4. Etude morpho-anatomiques des bourgeons et des jeunes inflorescences 8
1.2.5. Analyse et traitement des données 8
II. RESULTATS 9
2.1. Organisation de la couronne 9
2.2. Organisation des inflorescences matures 13
III. DISCUSSION 22
CONCLUSION ET PERSPECTIVES 25
BIBLIOGRAPHIE 26
Webgraphie 27
Annexes.

DEDICACES

Lorsque j'entreprenais ce travail, qui constitue pour moi un tournant décisif de mon cursus universitaire, j'étais engagé d'amour, de respect et de reconnaissance à l'égard de toutes les chères personnes qui m'ont soutenue.

Est-il aisé de les recenser et de les nommer ?

Les mots seront-ils éloquents pour en signifier leurs sacrifices ?

Je pense objectivement que non.

Alors à qui dédier ce modeste travail ?

- A mon père Zango MAINASSARA et à ma mère Talata KERAOU qui m'ont élevés, m'ont soutenus, m'ont appris à combattre dans la vie et ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui ;
- A mon cousin Tamo BARO pour le soutien psychologique qu'il n'a cessé de m'apporter durant toutes mes études ;
- A mon grand frère Banguére ZANGO pour le soutien durant toutes mes études universitaires ;
- A mes deux tuteurs ; dont respectivement, Mme Magagia BAGUE et Mr Idi ZAOUNA qui m'ont hébergés et nourris respectivement au collège et au lycée ;
- A mes frères, mes sœurs et mes cousins (es) pour leurs témoignages constants d'amour et d'assistance ;
- A tous les parents, amis et connaissances qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre, dont je ne peux à coût sur citer les noms.

Je dédie ce travail !

ABREVIATIONS

AMAP : BotAnique et bioinforMatique de l'Architecture des Plantes.

BVT : Biodiversité Végétale Tropicale.

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

CSRP : Centre Studi e Richerche per le Palme il paesaggio (centre d'étude et de recherche sur le palmier à Sanremo en Italie).

F : femelle.

FAA : Formaldéhyde-acide Acétique-Alcool.

IRD : Institut de Recherche pour le Développement.

IF : Inflorescence femelle.

IM : Inflorescence mâle.

M : Mâle.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le grand Dieu, l'omnipotent, l'omniprésent, l'omniscient, le tout puissant de nous avoir donné la santé, la vie et la chance de mener ce cursus universitaire.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, nous ont aidés à la réalisation de ce stage.

Nos vifs et chaleureux remerciements vont particulièrement à l'endroit de:

- Monsieur Hervey REY, AMAP/CIRAD;
- Monsieur Jean-Christophe PINTHAUD, IRD;
- Madame Frédérique ABERLENC ;
- Monsieur René LECOUSTRE, AMAP/CIRAD;
- Monsieur Robert CASTELLANA, CSRP, Sanremo;
- Monsieur Claudio LITTARDI, CSRP, Sanremo;

Je crois qu'au final, on peut dire que la mixité des méthodes et des opinions fait la force !

Je pense également à tous ceux avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer durant ce stage, aussi bien sur le terrain au laboratoire. Trop nombreux pour tous les citer, je pense qu'ils se reconnaîtront si ce document est un jour traduit (!), il est pour ma part impossible de les oublier.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Deux images du palmier dattier présentant les deux modèles possibles (A: Corner et B: Tomlinson) et deux autres montrant les inflorescences mâles (D) et femelles (C).

Figure 2: A et B : Emergence des inflorescences, C : Inflorescence avec des épillets en anthèse a la base du rachis et des boutons floraux au bout du rachis, D : Epillet en début d'anthèse.

Figure 3 : cycle de production des inflorescences chez le dattier femelle (F3, Sanremo)

Figure 4: cycle de developpement des inflorescence des dattiers en Tunisie.

Figure 5: A : Longueurs des bourgeons et l'ébauche foliaire axillante, B : Longueur de bourgeons et C : Zoom sur la dernière partie B à compter de la palme -40.

Figure 6 : Nombres moyen d'épillets par inflorescence par sexe.

Figure 7 : Longueur moyenne d'épillet par sexe.

Figure 8 : Proportion des longueurs fertile et stérile de l'épillet A : épillet femelle, et B : épillet male.

Figure 9: A : Longueur (cm) des épillets femelles en fonction de leur position sur le rachis ; B : Longueur des épillets mâles en fonction de leur position relative sur le rachis

Figure 10: Estimation du nombre de fleur par épillet par sexe (IM2, IF1, tableau 2)

Figure 11: Histogrammes de fréquence des distances entre deux fleurs mâles successives (A : Amplitude =0,5mm et B : Amplitude=3mm), (IM2, tableau 2)

Figure 12: Histogramme de différence des positions des fleurs femelle sur l'épillet (A : Amplitude = 0,1cm et B : Amplitude = 0,5cm) (Inflorescence absent au tableau 2)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Ordre des bourgeons et inflorescences des palmiers disséqués à Sanremo.

Tableau 2: Nombre d'épillet par inflorescence.

Tableau 3: Longueur des épillets des deux sexes.

Tableau 4 : Tests de vérification du modèle linéaire (longueur des épillets en fonction de leur position relative sur le rachis).

Tableau 5: Distances intra et intergroupes des fleurs mâles.

Tableau 6: Distance intra et intergroupe des fleurs femelles.

Tableau 7: Longueur et diamètre des fleurs mâles et femelles à l'anthèse.

RESUME

Le palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L. (Arecaceae), est un palmier subtropical largement cultivé pour ses multiples usages et ses services écosystémiques. Le palmier dattier est une espèce dioïque qui présente un dimorphisme inflorescentiel très poussé. Pour mieux cerner ce dimorphisme, la compréhension de la cinétique du développement inflorescenciel et la caractérisation de l'architecture et de la géométrie des inflorescences matures (mâles et femelles) font l'objet de cette étude. Pour atteindre ces objectifs, nous utilisons une approche visuelle à travers les observations directes de l'architecture des inflorescences des arbres *in situ* et une approche technique à travers l'évaluation des différents paramètres structuraux et géométriques de l'inflorescence. Sur toutes les plantes échantillonnées, le développement des inflorescences est acrotone. Chaque palme axile un bourgeon inflorescenciel. Les inflorescences et les épillets sont plus longs chez la femelle que chez le mâle. Chez la femelle, la longueur des épillets est liée à leurs positions relatives sur le rachis, le nombre des épillets est en moyenne de 62 par inflorescence, chaque épillet porte en moyenne 55 fleurs. Quant à son homologue mâle, la longueur des épillets semble indépendante de la position relative sur le rachis. Le nombre des épillets et des fleurs sont en général plus important, avec en moyenne 236 épillets par rachis et 81 fleurs par épillet. En conclusion l'architecture des épillets mâles est plus complexe que celle des épillets femelles.

Mots clés : Architecture, femelle, géométrie, inflorescence, mâle et palmier dattier.

ABSTRACT

The date palm, *Phoenix dactylifera* L. (Arecaceae), is a subtropical palm widely cultivated for numerous uses and ecosystematic services. The date palm is a dioecious species, which shows a marked dimorphism in inflorescence structure. To describe this dimorphism, architecture and geometry of male and female inflorescences were studied through kinetics of inflorescencial development and architectural and geometrical characterization of mature inflorescences. Two methodological approaches were used: a visual approach consisting of direct observations of inflorescence architecture of trees *in situ* and a technical approach through the valuation of different structural and geometric parameters of inflorescence. On every plant, inflorescence development is acrotone. Every palm leaf axils an inflorescencial bud. Inflorescence and female spikelets are longer than male ones. For female inflorescence, spikelets lengths are linked to their relative position on the rachis, the number of spikelets is on average 62, every spikelet carries 55 flowers on average. For male inflorescence, the length of spikelets seems independent of their relative position on the rachis. Number of spikes and flowers is higher with on average 236 spikes per rachis and 81 flowers per spike. In conclusion, architecture of male spikelets is more complex than female one.

Key Words: Architecture, geometry, inflorescence, date palm, sexual dimorphism.

INTRODUCTION GENERALE

Le dattier, *Phoenix dactylifera* L. (Arecaceae), est un palmier subtropical anciennement domestiqué (Munier, 1973). Il est largement cultivé pour ses multiples usages et ses services écosystémiques, en particulier pour ses fruits comestibles dont des milliers de variétés ont été sélectionnées (Bouguedoura, 1979) et pour sa capacité d'adaptation aux conditions des climats arides les plus sévères (Ben Aïssa, 2008). Sa présence crée un microclimat permettant le développement de diverses formes de vie animale et végétale indispensables pour le maintien et la survie des populations du désert (El Houmaizi, 2002).

Espèce pléonanthique (Bouguedoura, 1979), classée selon les botanistes Hallé et Oldeman (1970) dans le modèle de Corner (figure 1A) (ou le modèle de Tomlinson pour les arbres portant des rejets (figure 1B)), le palmier dattier est généralement caractérisé par un seul axe végétatif à croissance apicale et continue (développement monopodial, (Bouguedoura, 1979)), sur lequel les inflorescences sont produites de façon latérale à l'aisselle des palmes (figure 1C&D). L'allogamie stricte qui caractérise cette plante assure un brassage génétique favorable à la survie à long terme et à l'adaptation des espèces (Dellaporta et Calderon-Urrea, 1993).

Appartenant à la tribu Phoeniceae (Uhl et Dransfield, 1987), le palmier dattier comme de nombreuses espèces pérennes cultivées (papaye, kiwi, asperge, cannabis, etc.), est une espèce dioïque (Juarez et Banks, 1998). La dioécie implique la présence au sein d'une même espèce d'arbres portant des fleurs mâles et d'autres arbres portant des fleurs femelles. Ces organes reproducteurs sont organisés en inflorescences (figure 1C&D). Chaque inflorescence est formée d'un pédoncule, d'un rachis principal portant des épillets sur lesquels s'insèrent des fleurs mâles ou femelles, le tout contenu dans une pré-feuille (prophylle, figure 1C&D) ou spathe avant l'anthèse (Bouguedoura, 1991). L'étude du dimorphisme inflorescenciel présente un intérêt théorique en relation avec l'évolution de la dioécie dans une ancienne lignée de palmiers (tribu des Phoeniceae), et un intérêt appliqué en ce qui concerne les particularités architecturales des inflorescences femelles favorisant la récolte des fruits. La spécialisation morphologique des inflorescences du dattier est très accusée, avec la disparition de toutes les bractées sauf la plus basale (prophylle), et une différentiation marquée entre les inflorescences mâles et femelles. Si les inflorescences mâles conservent relativement bien une architecture classique d'inflorescence à un ordre de ramification, les inflorescences femelles présentent une élongation marquée du pédoncule ainsi qu'une bilatéralisation, et un raccourcissement du rachis accompagné d'un télescopage des épillets en pseudo-verticilles dont l'organisation et

les modalités de mise en place demeurent inconnues. Il est probable que certains de ces caractères comme l'architecture des inflorescences résultent d'une sélection au cours de la domestication du dattier. Les infructescences projetées hors de la couronne, par exemple, n'existent pas chez les espèces sauvages apparentées, mais facilitent grandement la récolte des fruits.

Les inflorescences mâles et femelles ont la même organisation structurale de base (rachis bilatéralisé à un ordre de ramification correspondant aux épillets). Cependant, la différentiation morphologique entre ces organes est extrêmement précoce puisque celle-ci est déjà marquée lorsque l'inflorescence ne mesure que 10 mm de longueur, avant même que n'intervienne la différentiation sexuelle des fleurs (Daher *et al.*, 2010). L'inflorescence mâle a une forme conique alors que l'inflorescence femelle a une forme arrondie au sommet, et le nombre de méristèmes floraux est plus élevé sur les épillets mâles que sur les épillets femelles (Daher, 2010).

Les fleurs initialement bisexuées se différencient en fleurs mâles ou femelles à partir d'un certain stade de développement par avortement de l'un des verticilles sexuels: androcée chez les pieds femelles et gynécée chez les pieds mâles (Bouguedoura, 1979). A l'état mature, la taille du pédoncule mâle est plus courte, porte beaucoup d'épillets courts avec une densité plus importante des fleurs que le pédoncule femelle dont les caractéristiques sont différentes (Daher *et al*., 2010).

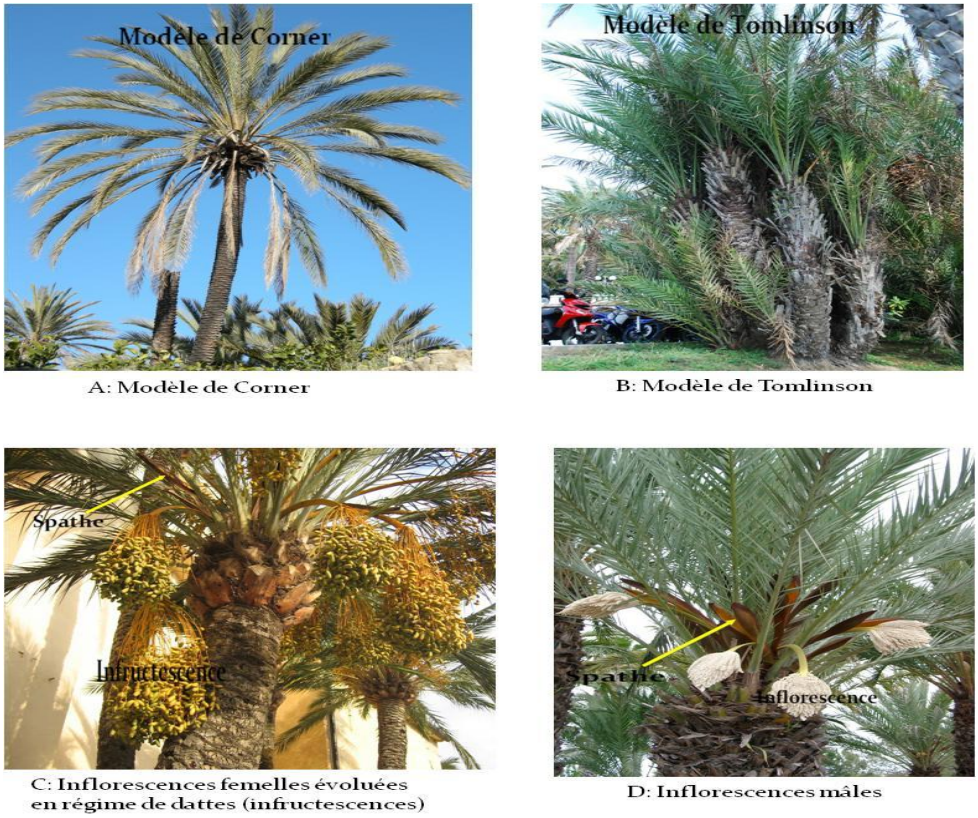
Dans le contexte de l'étude présente, nous nous focalisons sur l'architecture et la géométrie des inflorescences mâles et femelles de cette espèce. L'architecture végétale est définie comme l'ensemble des formes structurales que présente la plante tout au long de son existence, la topologie la manière dont ses organes sont disposés les uns par rapport aux autres, tandis que la géométrie décrit la taille et l'arrangement dans l'espace de ces organes (Barthelemy et Caraglio, 2007). La connaissance de ces paramètres au niveau des organes reproducteurs servira à comparer les caractéristiques morphologiques des deux sexes.

Par ailleurs, la compréhension du mécanisme de la mise en place de ces paramètres permettra de construire un modèle capable de simuler des inflorescences mâles et femelles du palmier dattier depuis leur émergence jusqu'à la maturation des fruits, tendis qu'une approche développementale sera conduite parallèlement, afin de préciser le rythme de production et de croissance des inflorescences, ainsi que leur ontogénèse, et l'impact de cette dynamique sur la production de dattes.

Notons que la question de l'architecture et de la géométrie de l'inflorescence du dattier n'a pas encore reçu l'attention qu'elle mérite pour mieux comprendre la dynamique du développement de l'espèce. Si les chercheurs ont aujourd'hui développé des modèles capables de simuler le dattier depuis la germination jusqu'à l'âge adulte grâce aux données sur la structure, la topologie et la géométrie de l'appareil végétatif aérien, il reste à incorporer l'appareil reproducteur (et racinaire), en vue d'une modélisation complète de l'espèce. Dans le cadre de l'étude présente, l'objectif principal est de comprendre l'organisation des épillets sur le rachis et des dates sur l'épillet afin de proposer un modèle standard de l'inflorescence du palmier dattier. Cet objectif général se basera sur deux objectifs spécifiques:

Le premier est centré sur la caractérisation de la cinétique du développement inflorescenciel du dattier et le second vise à caractériser l'architecture et la géométrie des inflorescences matures et élaborer un protocole descriptif standardisé en vue de modéliser l'architecture inflorescencielle du palmier dattier.

Plusieurs études (Bouguedoura, 1979 et 1991, Daher *et al.*, 2010, El Houmaizi, 2002) ont rappelé la structure et l'organisation inflorescentielle du palmier dattier, cependant l'architecture et la géométrie de cet organe n'a pas été étudiée de façon précise.



A: Modèle de Corner

B: Modèle de Tomlinson

C: Inflorescences femelles évoluées en régime de dattes (infructescences)

D: Inflorescences mâles

Figure 1: Deux images du palmier dattier présentant les deux modèles possibles (A: Corner et B: Tomlinson) et deux autres montrant les inflorescences mâles (D) et femelles (C).

I. MARETIEL ET METHODES

1.1. Matériel

1.1.1. Matériel végétal

Les inflorescences matures sur lesquelles ont porté les mesures pour la calibration du modèle conçu pour ces organes ont été prélevées dans les palmeraies de Sanremo en Italie au cours de deux séjours dans le cadre du projet Euromed MOCAF, et dans la palmeraie de Gabès en Tunisie pour ce qui est d'une inflorescence mâle récoltée par Jean-Christophe Pintaud.

Les bourgeons inflorescenciels ont été obtenus au cours de la dissection de plusieurs arbres à Sanremo et les inflorescences jeunes proviennent quant à elles soit de Sanremo, soit de Tozeur en Tunisie, ces dernières ayant été apportés par Madame Frédéric Aberlenc.

1.1.2. Logistique et matériels techniques

Les opérations de terrain qui ont permis d'aboutir aux résultats ci-dessous ont pu être réalisées grâce à la direction des espaces verts de Sanremo en Italie, en ce qui concerne notamment le matériel de dissection des palmiers et les supports pour les observations de l'architecture des inflorescences sur pied :

- Nacelle ;
- Tronçonneuses ;
- Scies ;
- Scalpels ;
- Haches ;
- Matériels de protections : lunettes, gans, casques…. ;
- Echelles.

Les opérations de laboratoire ont été réalisées au laboratoire de biomécanique AMAP/CIRAD, à savoir les mesures métriques et géométriques, la dissection du méristème, des bourgeons, et des jeunes inflorescences :

- Fiches de saisie (annexe1) ;
- Appareils photos ;
- Matériels de dissection ;
- Matériels de conservations des échantillons ;

- Loupes binoculaires ;
- Microscopes ;
- Matériels de mesures métriques et géométriques ;
- Logiciels de mesure (Mesurim, Olympus Cell^A) et logiciels de traitement des figures (photofiltre).

1.2. Méthodologie

Compte tenu de la rareté des informations sur le protocole des mesures métriques et géométriques des inflorescences du palmier dattiers, plusieurs méthodes ont été imaginées pour permettre d'avoir un protocole standard pour ces dernières. Les méthodes suivantes ont été retenues, cette méthodologie suit l'itinéraire technique de ce travail.

1.2.1. Observation de l'architecture et de la structure des inflorescences

C'est une étape délicate compte tenue de la hauteur des palmiers (jusqu'à 30m selon Bouguedoura 1979) et de leur système de développement monopodial avec un seul axe végétatif et une couronne massive de feuilles épineuses à la base. Ces observations ont été possibles grâce à une nacelle élévatrice de 18 m permettant d'accéder à la couronne des arbres adultes. Cependant il est également possible d'observer de jeunes pieds et des rejets de 2 à 5m qui peuvent porter des inflorescences, mais dont la structure n'est pas aussi bien développée que chez les plantes âgées. Après les observations de l'architecture et de la structure des inflorescences sur la plante mère, un échantillon est prélevé pour les mesures des différents paramètres nécessaires au développement du modèle capable de simuler les organes reproducteurs du dattier.

1.2.2. Dissection des couronnes

Quatre palmiers cassés par une violente tempête début Mars 2011, ont servi à cette opération, avec l'aide des techniciens de la direction des espaces verts de Sanremo. A l'aide de tronçonneuses, d'un outil tranchant conçu pour cette opération et des scalpels, les palmes ont été prélevées et numérotées de 1 à n dans l'ordre inverse de leur apparition sur la spire phyllotaxique. Le bourgeon axillaire, ainsi dégagé, porte le numéro de la feuille axillante. Pour trois des quatre palmiers, la numérotation a commencé à la palme émise après la dernière inflorescence émergée de la saison 2010. Pour la quatrième plante, la numérotation des palmes a commencé dans le bas de la couronne à l'apparition d'un premier bourgeon

nécrosé. L'opération se poursuit du bas vers le haut en direction du méristème apical, en relevant à l'aisselle de chaque feuille la présence ou l'absence du bourgeon ou d'inflorescence. Chaque bourgeon ou inflorescence rencontré est mesuré. Les inflorescences jeunes et les bourgeons axillaires sont récupérés et conservés dans de l'alcool à 70% pour dissection au laboratoire.

A la fin de la dissection, la numérotation des palmes axillantes et celle des bourgeons ont été reprises en considérant comme feuille zéro la palme qui axile le dernier bourgeon du cycle inflorescentiel de 2011. A partir de ce repère, les palmes situés vers l'extérieur de la couronne ont été notées positivement (1, 2 etc.) et les palmes et ébauches situées vers l'intérieur de la couronne ont été notées négativement (-1, -2 etc.) jusqu'au méristème apical. Les plantes ont été notées Fn ou Mn (F=femelle, M=mâle, n=numéros dans l'ordre du déroulement de la dissection en fonction du sexe) et les inflorescences IFn ou IMn (IF=inflorescence femelle, IM=inflorescence mâle et n=numéros dans l'ordre du déroulement de l'opération des mensurations).

Notons à ce niveau, l'importance de la différence de taille entre deux bourgeons successifs et l'étendue de la zone nécrosée sur les bourgeons, ont servi de critère pour les assigner soit au cycle 2010 soit au cycle 2011.

1.2.3. Mesures géométriques et métriques

Les mesures géométriques ont concerné la déviation latérale, la torsion et le ploiement « bending » au niveau du pédoncule, du rachis et des épillets, l'angle d'insertion (pédoncule et épillet), l'angle de divergence entre épillet d'un même pseudo-verticille et l'angle de phyllotaxie des épillets et des fleurs :

- La déviation latérale est l'angle formé par la direction principale de l'inflorescence à la base de la palme, par rapport à l'axe de celle-ci, et sa direction à l'apex. Pour l'évaluer, on utilise des photos de la palme vue de dessus et on mesure l'angle formée par les directions citées ci-dessus dans un plan horizontal.
- Le ploiement « bending » est la courbure de l'inflorescence sous l'effet de la pesanteur. Il s'évalue en plusieurs points de contrôle sur les photos prises sur pied ou tout simplement l'angle formé par la tangente à la base du pédoncule et la tangente au bout du rachis dans un plan vertical.

- La torsion est la différence entre le plan horizontal à la base de l'organe et le plan horizontal à son extrémité. Elle s'évalue à l'aide d'un dispositif qui permet de projeter les deux plans sur papier A3 (voir annexe 2) afin de mesurer l'angle formé par les deux plans horizontaux.
- L'angle de divergence moyen des épillets est l'angle formé par les deux épillets externes d'un pseudo-verticille divisé par le nombre d'épillets du pseudoverticille. L'évaluation de l'angle de divergence moyen des épillets a consisté à projeter l'angle externe sur papier et à le mesurer à l'aide d'un rapporteur.
- L'angle d'insertion (pédoncule ou épillet), c'est l'angle formé entre l'axe du stipe et l'axe du pédoncule, ou bien entre le rachis et l'épillet. L'angle d'insertion du pédoncule a été mesuré sur photo grâce au logiciel Mesurim (logiciel libre).
- L'angle de phyllotaxie est l'angle entre les plans verticaux d'insertion de deux organes successifs sur un même support. Après avoir retiré les épillets ou les fleurs, le rachis ou l'épillet est tenu suspendu en position verticale au centre d'un cercle gradué en degrés (voire annexe 2), a l'aide d'une équerre, les différentes références d'insertion de ces organes sont projetées sur le cercle afin d' évaluer l'angle qu'elles forment avec le point d'insertion du premier organe choisi comme référentiel (point 0).

Les mesures métriques concernent la longueur, la largeur et la hauteur du pédoncule, du rachis, la longueur et le diamètre des épillets, des fleurs et des fruits à plusieurs points de contrôle:

- La longueur du pédoncule est la distance depuis son point d'attache sur le stipe jusqu'à l'insertion du premier épillet, mesurée avec un mètre ruban. Quant à la largeur et la hauteur, elles ont été mesurées au moyen d'un pied à coulisse numérique à trois points de contrôle différents à savoir : la base qui est la première partie visible du pédoncule sur la plante, le milieu et l'extrémité ; juste avant l'insertion du premier épillet.
- La longueur du rachis est la distance depuis l'insertion du premier épillet jusqu'à l'insertion de l'avant dernier, car le rachis lui-même se termine par un épillet. Les variations de largeur et de hauteur du rachis sont mesurées tous les cinq centimètres le long de cet axe.

Au niveau des épillets, nous avons mesuré la longueur dite totale qui est la longueur depuis le point d'attache sur le rachis jusqu'au bout de l'épillet, la longueur dite stérile du point d'attache à l'insertion de la première fleur et le reste est qualifié de longueur fertile,

obtenue par différence. Le diamètre a été mesuré à la base des épillets puis à la base de la partie fertile et ensuite tous les 10 cm jusqu'à l'extrémité.

Au niveau des fleurs et des fruits, la longueur et le diamètre ont été mesurés. Il faut noter que les fleurs n'étant pas arrondies, nous avons considéré comme diamètre la largeur de la face située contre l'épillet.

1.2.4. Etude morpho-anatomiques des bourgeons et des jeunes inflorescences

La dissection commencée *in situ* à Sanremo en Italie a été poursuivi au laboratoire de biomécanique de L'AMAP au CIRAD, où le bourgeon apical du quatrième palmier a été transporté pour y être disséqué. A l'aide de matériel de dissection, d'une loupe binoculaire et d'un microscope optique équipés d'une caméra numérique et connectés à un écran d'ordinateur, les ébauches foliaires ainsi que les bourgeons axillaires ont été séparées individuellement. Les bourgeons ont pu être isolés jusqu'à celui situé à l'aisselle de la dix-septième ébauche foliaire avant le dôme méristématique. L'isolement des ébauches foliaires a été poursuivi sans séparer le bourgeon axillant, jusqu'à la 5ème ébauche. Les quatre premières ébauches ont été laissées en place. Les organes isolés ont été photographiés et la longueur des ébauches foliaires et des bourgeons axillaires a été mesurée grâce au logiciel Olympus Cell^A. Les jeunes inflorescences ont été disséquées avec le même dispositif et des photos ont été prises. Les organes externes ont été prélevés sur le frais et conservés en alcool à 70%. Afin d'assurer la conservation des tissus délicats, la partie centrale du bourgeon a en revanche été fixée en FAA pendant 5 jours, puis reprise dans de l'alcool à 50% pendant 24h avant dissection.

1.2.5. Analyse et traitement des données

Le traitement des données est effectué au laboratoire AMAP sous les logiciel Excel et son extension XLStat et R. Les résultats obtenus pour les caractères morphologiques de l'appareil reproducteur ont été traités par analyse des tests statistiques et des régressions linéaires ou non linéaires. Cela permet de visualiser les relations qui peuvent exister entre ces caractères et de voir s'ils peuvent être utilisés pour comparer les deux sexes. Après l'analyse et le traitement sous ces logiciels, ces données seront introduites dans le modèle conçu pour la simulation d'inflorescence du palmier dattier sous XPLO comme logiciel de simulation.

II. RESULTATS

2.1. Organisation de la couronne

L'observation de la couronne des palmiers dattiers sur pied, rendue possible grâce à l'usage d'une nacelle élévatrice, a permis de constater que l'émergence des inflorescences commence de l'intérieur de la couronne au niveau des feuilles les plus jeunes et se poursuit vers l'extérieur de la couronne au voisinage des feuilles les plus vieilles, donc selon une séquence basipète (figure 2A et 2B). La poussée des inflorescences conduit à l'ouverture de la spathe (prophylle) qui est l'enveloppe qui lui sert de protection. L'ouverture de la spathe se produit par fendage sur la face abaxiale (figure 2A). L'anthèse, plus ou moins concomitante de l'ouverture de la spathe, commence au niveau des épillets de la base du rachis et se poursuit en direction des épillets du sommet (figure 2C). De plus, sur chaque épillet, l'ouverture des fleurs se produit du bas vers le haut (figure 2D). L'anthèse est donc acropète.

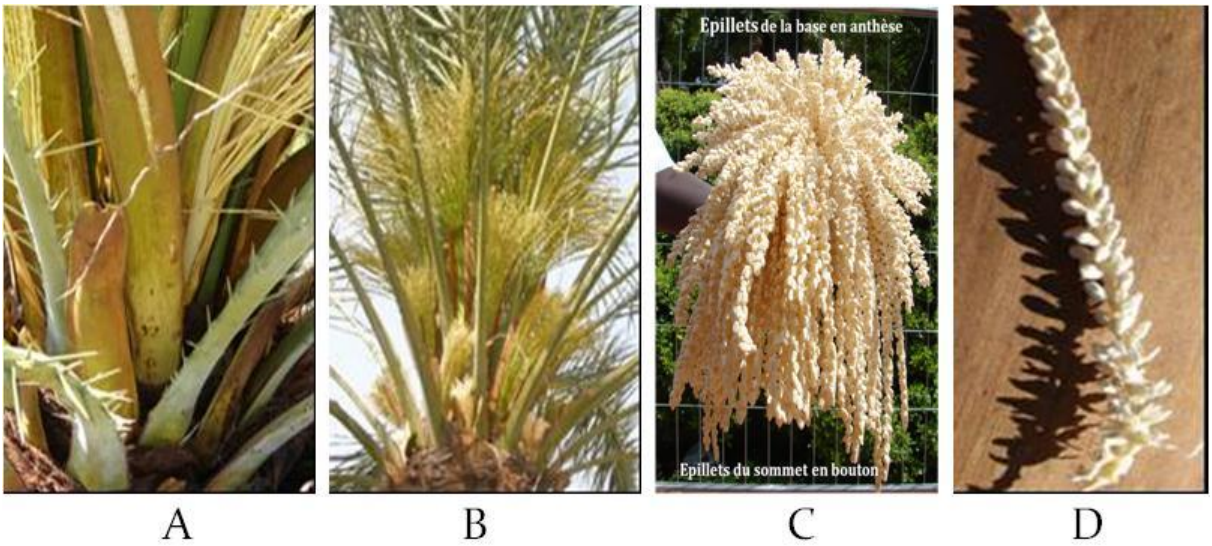
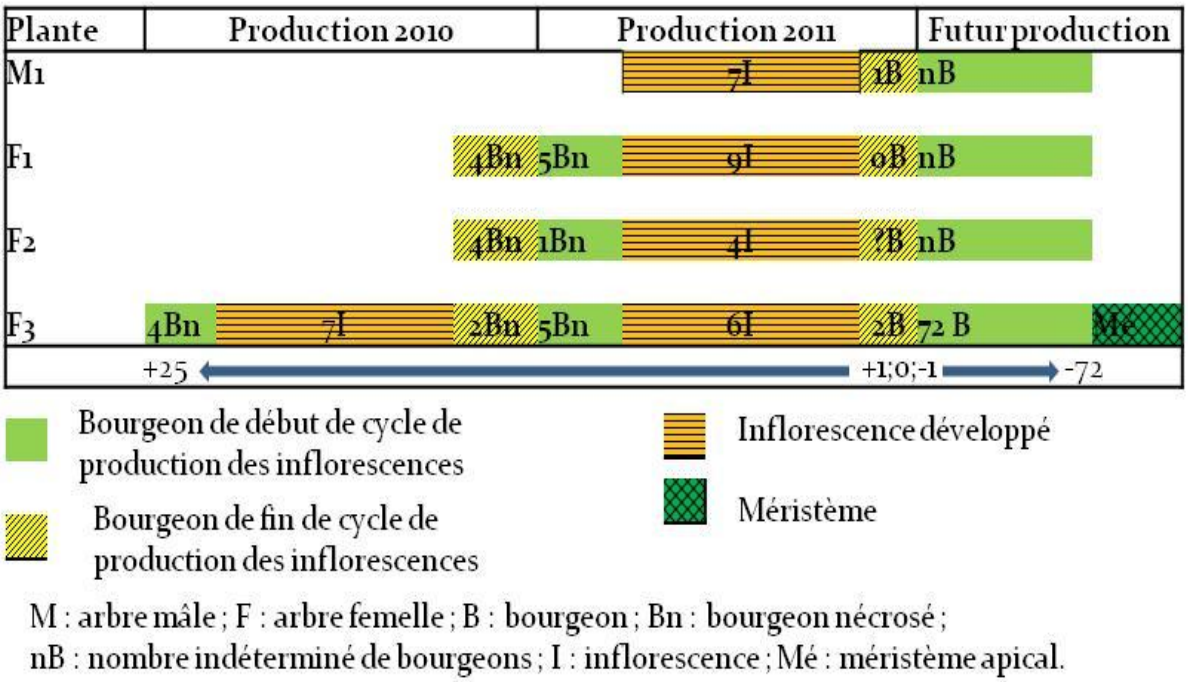


Figure 2: A et B : Emergence des inflorescences, C : Inflorescence avec des épillets en anthèse a la base du rachis et des boutons floraux au bout du rachis, D : Epillet en début d'anthèse.

La dissection de la couronne a permis de voir que chaque feuille porte à son aisselle un et un seul bourgeon, dont le devenir est variable (quiescence, nécrose ou développement en inflorescence). Il y a entre deux cycles successifs de production des inflorescences, un certain nombre de bourgeons dont le développement est arrêté, produisant ainsi une zone de transition stérile entre deux séquences de production successives. Le tableau (1) donne le nombre de bourgeons indifférenciés et d'inflorescences au cours des cycles de 2010 et 2011. Pour la première plante (M1), la dissection a commencé à partir de l'inflorescence 2011 la

plus basale jusqu'au troisième bourgeon après l'inflorescence la plus haute. Il en a été de même pour la deuxième et la troisième plante (F1 et F2, tableau 1), à la différence que la dissection a commencé à partir de l'inflorescence 2010 la plus haute. Par contre pour la quatrième plante (F3, tableau 1), la dissection a été étendue pour prendre en compte l'intégralité des cycles de production de deux années successives (2010 et 2011), et a été poursuivie jusqu'au méristème apical afin d'évaluer le nombre de cycles de production des inflorescences en préparation.

Tableau 1: Ordre des bourgeons et inflorescences des palmiers disséqués à Sanremo



En considérant la quatrième plante (F3, tableau 1) dont la dissection a été la plus complète, le tableau (1) montre qu'elle a produit treize (13) bourgeons par cycle de production des inflorescences soit deux cycles nettement identifiée (0 à +25, tableau 1, figure 3). Par conséquent, étant donné que chaque feuille axillante porte un bourgeon et chaque année ne comporte qu'un seul cycle productif, on peut dire que cette plante a produit treize palmes par an. Par ailleurs, d'après le nombre total de bourgeons comptabilisés de la fin du cycle 2011 jusqu'au dôme du méristème (-1 à -72, tableau 1), on peut dire que ce dattier amorce déjà plus de cinq cycles de production inflorescentielle.

Notons également sur l'arbre F1 l'absence d'un bourgeon visible (0B, tableau 1) au niveau de la palme suivant celle qui axile l'inflorescence la plus haute du cycle 2011. Tous les bourgeons, toute plante confondue, datant d'avant le cycle d'inflorescences de 2011 sont nécrosés (Bn, tableau 1).

Le cycle de production du quatrième dattier (F3, tableau 1) disséqué à Sanremo représenté par la figure (3), montre un développement acrotone des inflorescences. Les petits triangles de la figure (3) représentent les bourgeons du début d'un cycle de production d'inflorescences qui ne parviennent pas au bout de leur développement. Ils sont nécrosés et sont notés « Bn » dans le tableau (1). Les grands rectangles qui viennent juste après les petits triangles représentent les inflorescences matures du cycle et enfin les petits carreaux représentent les bourgeons du cycle 'n' n'ayant pas aboutit à la production d'une inflorescence et qui se nécroseront l'année suivante. Après les deux périodes qui concernent les cycles de production des inflorescences 2010 et 2011 sur la figure (3), les petits triangles représentent les onze premiers bourgeons (11) sur les 72 bourgeons prélevés jusqu'à la 17ème ébauche foliaire (tableau 1), et qui feront partie des prochains cycles de production.

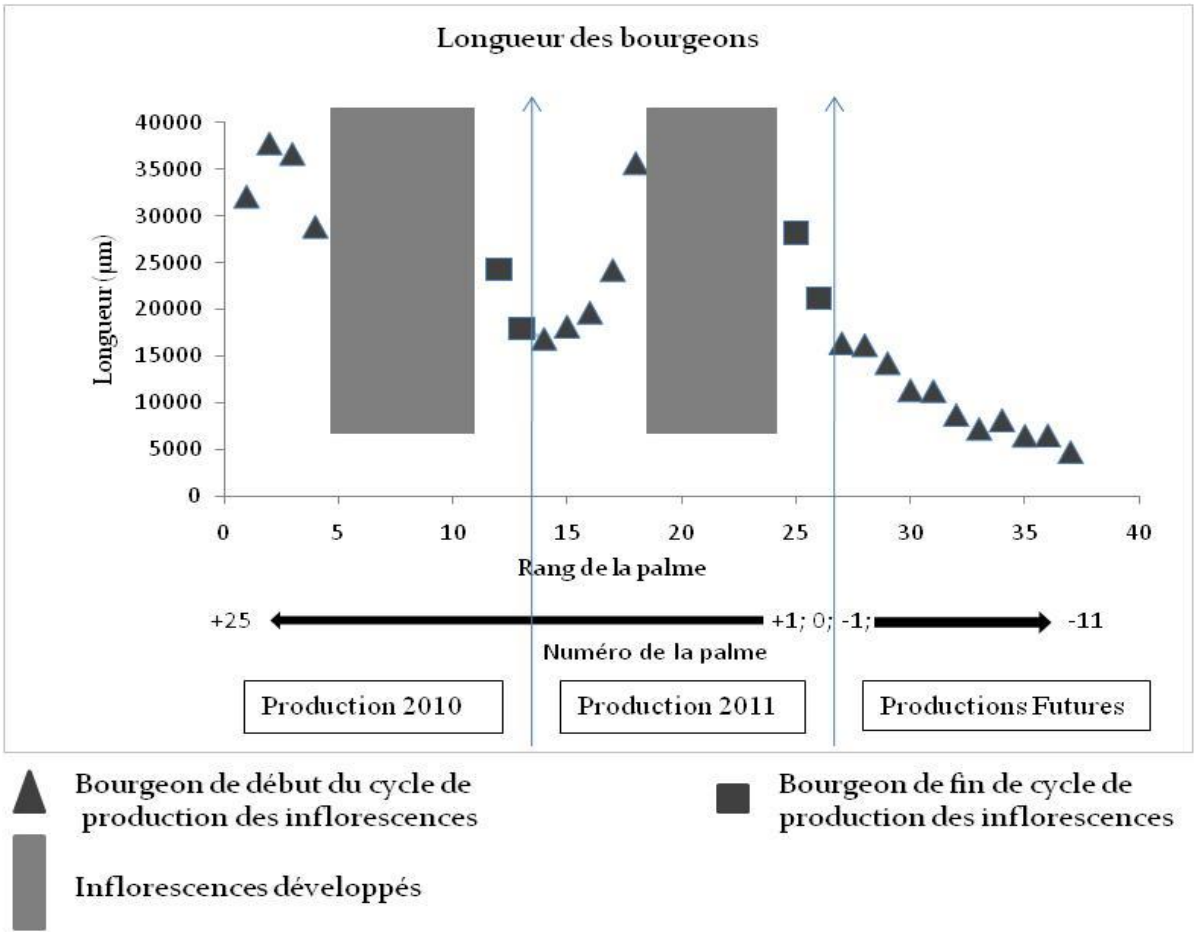
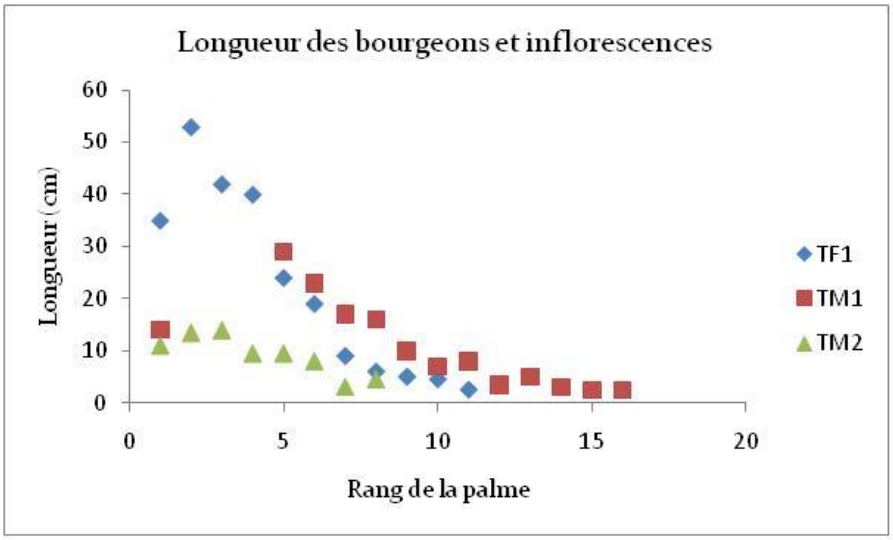


Figure 3 : cycle de production des inflorescences chez le dattier femelle (F3, Sanremo)

Le même type de développement du palmier dattier que celui observé à Sanremo a été constaté sur les dissections de Tunisie (figure 4). Ces plantes ont été disséquées vers la fin du cycle de développement des inflorescences. L'écart ou le vide au niveau de la courbe TM1

(premier palmier mâle de Tunisie, figure 4) entre le point d'abscisse x=1 et celui d'abscisse x=5 représente trois inflorescences matures qui n'ont pas fait l'objet de mesure à cause de leur état de maturité avancé. La position de la courbe TM1 (figure 4) peu au-dessus des deux courbes TF1 (premier palmier femelle de Tunisie, figure 4) et TM2 (deuxième palmier mâle de Tunisie, figure 4) est due à l'état d'avancement du cycle de production d'inflorescences de TM1 par rapport aux deux autres plantes au stade de développement observé. Par contre toutes les trois courbes donnent la même évolution du développement ci-dessus décrit avec la plante femelle de Sanremo en Italie



TF : plante Femelle disséqué en Tunisie ; TM : plante Mâle disséqué en Tunisie.

Figure 4: cycle de developpement des inflorescence des dattiers en Tunisie.

La taille du bourgeon est très petite en relation à la taille de l'ébauche foliaire axillante (annexe 3). Les bourgeons axillaires sont aplatis du fait de leur compression entre la gaine de la feuille axillante et l'axe du stipe, et allongés dans ce même axe. Ces organes présentent un développement exponentiel en fonction de leur position (figure 5A). Les nuages de points montrant l'évolution des tailles des ébauches foliaires et des bourgeons inflorescenciels dans la palmeraie de Sanremo en Italie (F3, tableau 1 et figure 5A) donnent en effet un bon ajustement avec un modèle de croissance exponentielle. En ce qui concerne la taille des ébauches foliaires successives, le modèle exponentiel explique plus de 95% de la variation observée (Rf^2, figure 5A), et un peu moins de 95% en ce qui concerne les bourgeons (Rb^2, figure 5A).

Afin de préciser la courbe des données concernant les bourgeons, cette dernière a été reprise sur la figure 5B. Ainsi on constate des perturbations ou discontinuités dans la régression selon la taille des bourgeons axillaires, jusqu'au niveau de l'ébauche foliaire N°-40, où un agrandissement de la partie correspondante a été effectué (figure 5C), afin d'en préciser la tendance. Ceci confirme le même constat que la figure 5B.

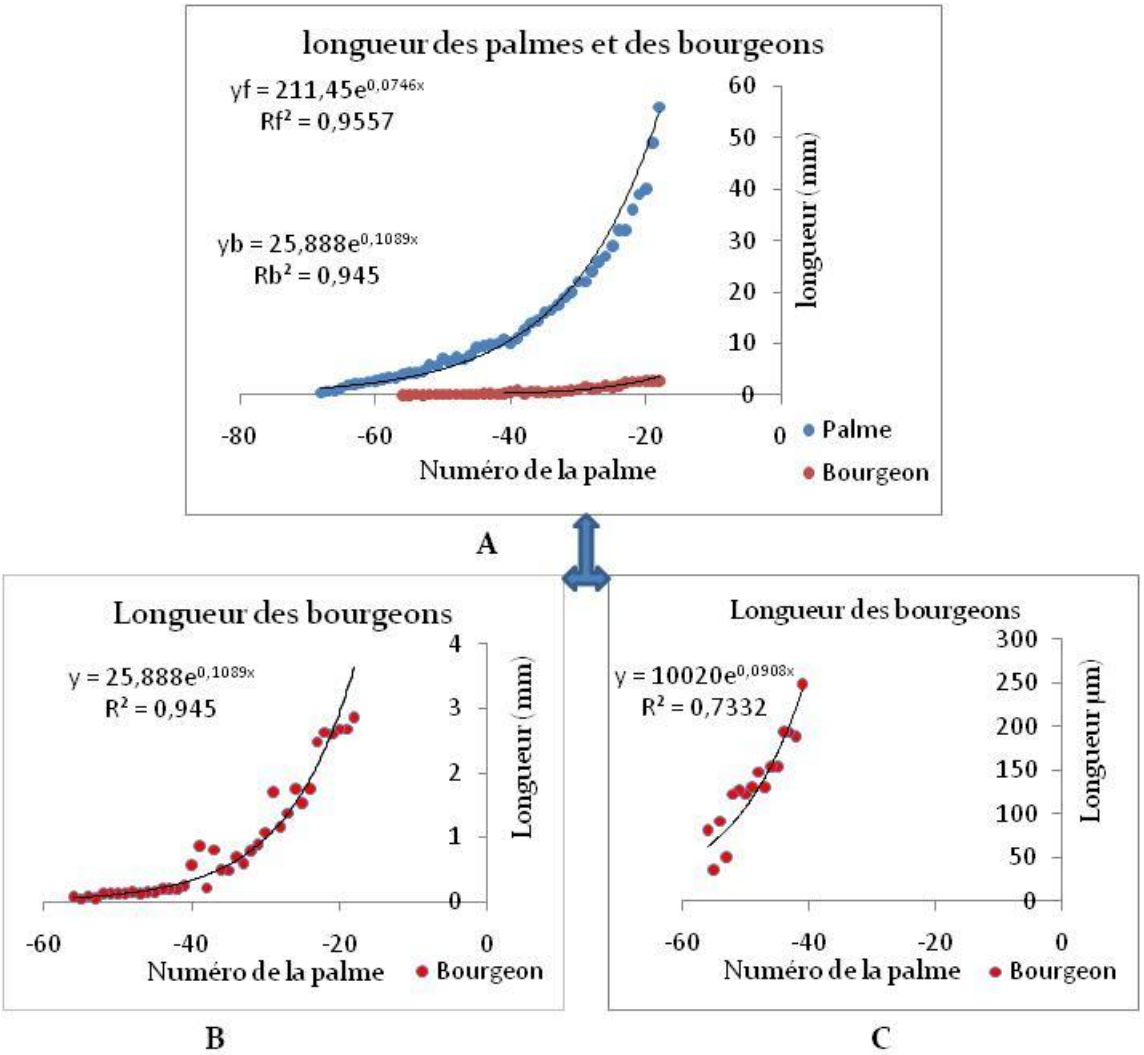


Figure 5: A : Longueurs des bourgeons et l'ébauche foliaire axillante, B : Longueur de bourgeons et C : Zoom sur la dernière partie B à compter de la palme -40.

2.2. Organisation des inflorescences matures

Les éléments considérés ici sont des inflorescences matures formées d'un pédoncule (rachis inclus) et des épillets portants des fleurs mâles ou femelles ou fruits selon le sexe de la plante et l'état des infructescences (c'est-à-dire des inflorescences évoluées en régime de dattes, figure 1C). Les données recueillies sur ces organes sont présentées ci-après :

Nombre d'épillets par inflorescence selon le sexe

Dans la palmeraie de Sanremo, le nombre d'épillet par inflorescence échantillonnée (Tableau 2) varie avec le sexe. Ainsi, chez les mâles, sur trois échantillons (IM1, IM2, IM3), le nombre varie de 142 à 268 épillets par inflorescence. L'échantillon IM4, beaucoup plus dense, provient de la palmeraie de Gabès en Tunisie. La moyenne du nombre d'épillets par inflorescence sur ces 4 échantillons est de 236 épillets (figure 6) avec un écart-type de 108 (tableau 2). Chez la femelle, le nombre est moins important que chez le mâle, avec une moyenne de l'ordre de 62 épillets (figure 5) par inflorescence et un écart-type de 13 (tableau 2).

Tableau 2: Nombre d'épillet par inflorescence

N° plante	Provenance	Nombre d'épillet	Moyenne	Ecart type
IM1	Italie	142	236	108
IM2	Italie	159		
IM3	Italie	268		
IM4	Tunisie	375		
IF1	Italie	72	62	13
IF2	Italie	63		
IF3	Italie	57		
IF4	Italie	46		
IF5	Italie	46		
IF6	Italie	78		
IF7	Italie	72		

IM: Inflorescence mâle; IF: Inflorescence femelle

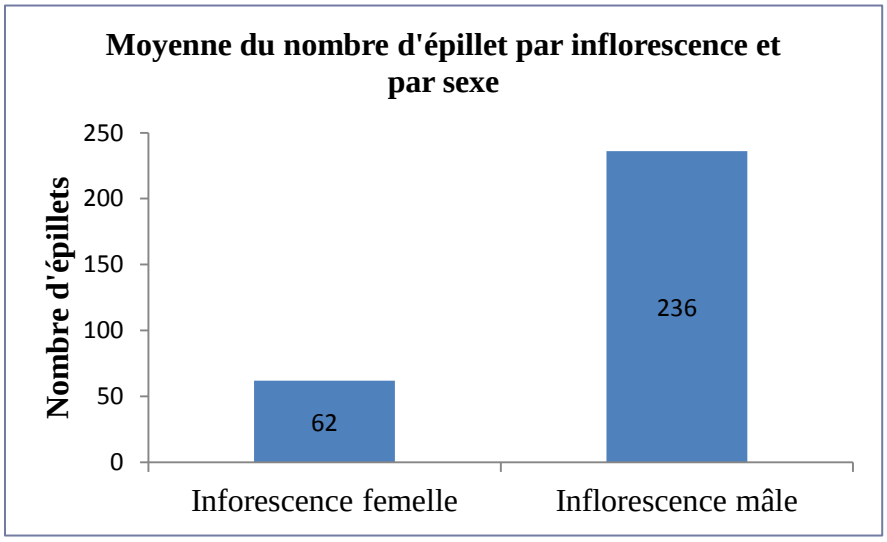


Figure 6 : Nombres moyen d'épillets par inflorescence par sexe.

Longueur des épillets par sexe

Des quatre inflorescences échantillonnées (2 mâles et 2 femelles, tableau 3) pour évaluer les longueurs totales des épillets par sexe, il ressort que les épillets mâles sont plus courts que les épillets femelles (figure 7).

Chez les mâles, la moyenne est respectivement de 18,03 et 19,59 cm pour IM1 et IM2 avec tous deux presque le même écart-type de l'ordre de 4. Par contre, malgré les variations très proches des deux inflorescences mâles, le test de comparaison des moyenne de Wilcoxon (avec une p-value = 0.01138) montre que les deux moyennes ici présentes sont différentes au seuil de 5%. Chez les femelles, la moyenne est respectivement de 39,66 et 40,24 cm pour IF1 et IF2 avec les écart-types respectifs de l'ordre de 13 et 14. D'après le test non paramétrique d'égalité des moyennes de Wilcoxon des longueurs des épillets des deux inflorescences femelles échantillonnées (avec une p-value = 0.9286), les deux moyennes ne sont pas significativement différentes.

Tableau 3: Longueur des épillets des deux sexes

N° plante	longueur max épillet	longueur mini épillet	moyenne	Ecart-type
IM1	26,5	10	18,03	3,55
IM2	23,7	7	19,59	3,54
IF1	61	12	39,66	13,35
IF2	57	11	40,24	14,39

IM: Inflorescence mâle; IF: Inflorescence femelle

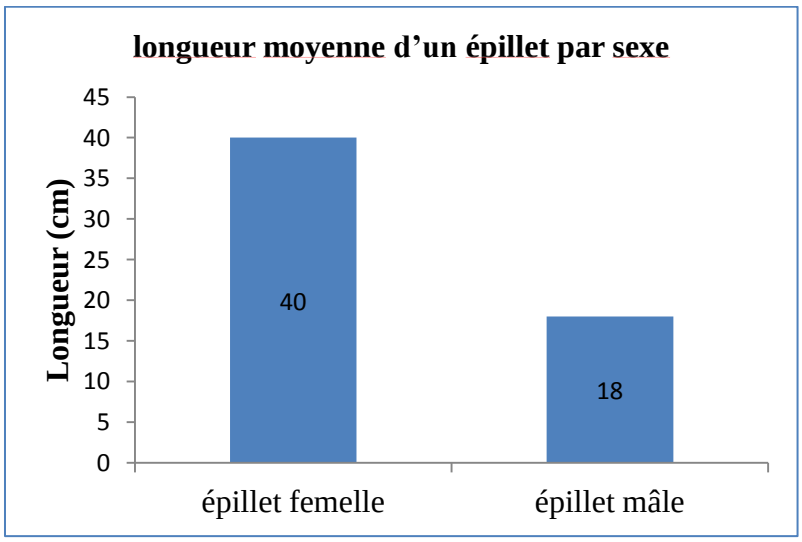


Figure 7 : Longueur moyenne d'épillet par sexe.

Longueurs stériles et fertiles des épillets

Les épillets présentent deux parties, une partie ne portant pas des fleurs que nous qualifions de partie stérile et une autre porteuse des fleurs nommée partie fertile.

Sur les inflorescences femelles, la longueur stérile représente près de 50% de la longueur totale de l'épillet au niveau des pseudo-verticilles de la base. La longueur stérile décroit en direction de l'apex de l'inflorescence plus vite que la longueur fertile et devient pratiquement nulle au voisinage de l'extrémité (figure 8A).

Le constat n'est pas le même chez les épillets mâles (figure 8B) ; sur ceux-ci, la proportion des longueurs stérile et fertile ne semble pas dépendre de la position relative de l'épillet sur l'axe inflorescentiel. En effet, la partie stérile basale est très réduite tout au long du rachis. Il faut noter que les deux figures donnent la proportion de longueur stérile et fertile des épillets en fonction de leur position relative sur le rachis, c'est-à-dire ramenée à la longueur totale du rachis.

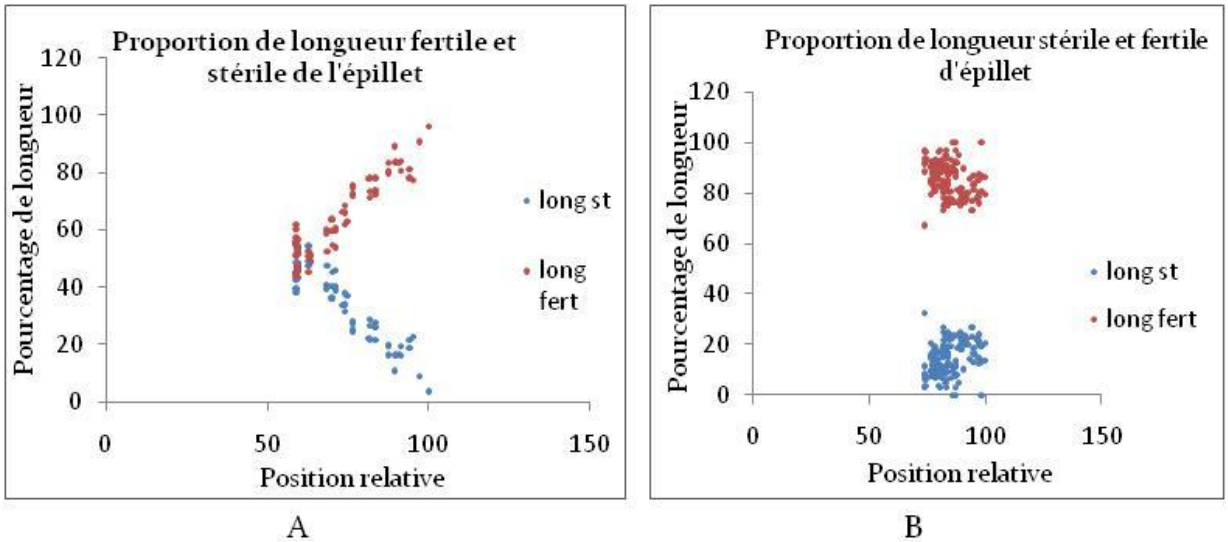


Figure 8 : Proportion des longueurs fertile et stérile de l'épillet A : épillet femelle, et B : épillet male (Ces deux proportions sont complémentaires).

Les mesures métriques des inflorescences femelles et mâles.

Chez les palmiers femelles, la longueur des épillets est négativement corrélée avec leur position relative sur le rachis (figure 9A), avec un coefficient de corrélation qui est d'environ -0,97 (tableau 4). Le test de significativité de ce coefficient (avec une p-value < 2,2e-16, tableau 4) confirme une forte corrélation entre les épillets et leur position relative. Au total quatre inflorescences ont fait l'objet des mesures, et toutes les quatre révèlent cette corrélation. En appliquant un modèle linéaire à ces informations, l'équation y= -0,81x + 55,28

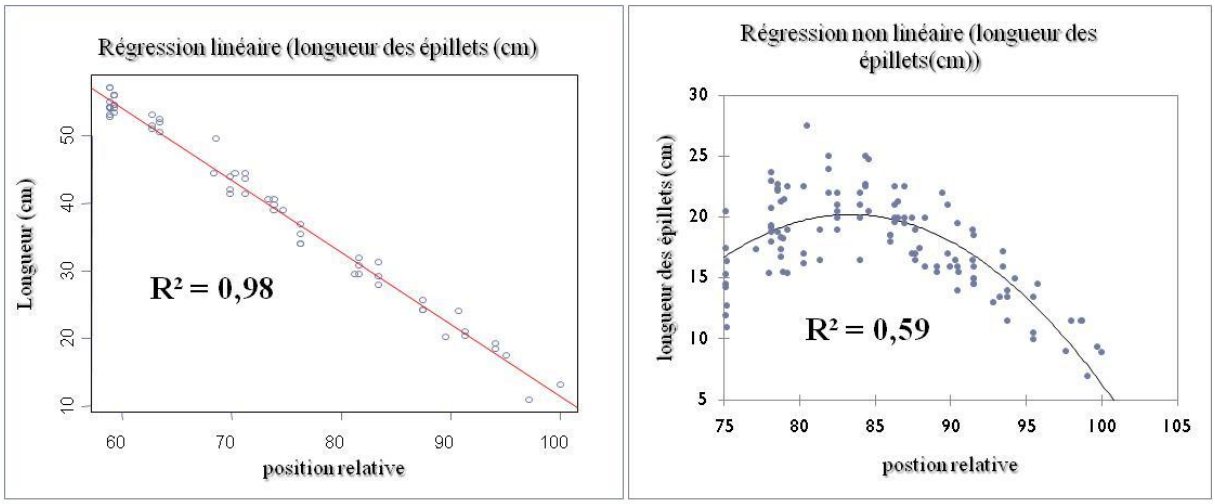
s'ajuste mieux au modèle, avec un coefficient de variation $R^2 = 0,98$. Le test de normalité des résidus de Shapiro (avec une p-value = 0,86), le test d'homogénéité des variances de Harrison-McCabe des résidus (avec une p-value = 0,631) et le test d'indépendance des résidus de Durbin-Watson (avec une p-value = 0,3623) (tableau4), au seuil de 5% confirme que la longueur des épillets est liée à la position de ces derniers. D'après le test de significativité du modèle (avec, $R^2 = 0,98$, p-value: < 2,2e-16, tableau 4), plus de 98% de variation de la longueur est expliquée par la position de l'épillet sur le rachis. En conclusion, chez les inflorescences femelles, la position relative de l'épillet a un effet très indicatif sur sa longueur, c'est-à-dire que la longueur de l'épillet est dépendante de sa position relative.

Tableau 4 : Tests de vérification du modèle linéaire (longueur des épillets en fonction de leur position relative sur le rachis).

Variables	Tests	Code R	Valeur	P-value	Significativité
X, Y	Corrélation	cor.test	r_s=-0,97	$2,2.10^{-16}$	H_0 rejetée
Résidus du modèle	Normalité des résidus	shapiro.test	-	0.869	H_0 maintenue
	Homoscédasticité des résidus	hmctest	-	0.631	H_0 maintenue
	Indépendance des résidus	dwtest	-	0.3623	H_0 maintenue
Modèle	Significativité du modèle	summary	R^2=0,98	$2,2.10^{-16}$	H_0 rejetée

X = position relative, Y = longueur des épillets, Ho = Hypothèse nulle, rs = coefficient de corrélation de Spearman, R^2= coefficient de variation

Chez les plantes mâles, les épillets, avec une longueur plus courte que celle des épillets femelles, semblent avoir des longueurs non corrélées à leur position sur le rachis. Le nuage des points représentant les longueurs des épillets en fonction de leur position relative sur le rachis est représenté sur la figure (9B). Sur ce graphique en cloche, on ne peut pas appliquer un modèle linéaire, on retient seulement que la longueur des épillets croit avec la position dans un premier temps avec un rythme qui semble être linéaire et fini par décroitre à un certain point jusqu'à l'extrémité terminale du rachis. En appliquant un modèle non linéaire, une fonction d'équation $Y = -329,46 + 8,39x - 0,05x^2$ s'ajuste au mieux au modèle, avec un coefficient de variation $R^2 = 0,59$ Ce coefficient montre que près de 60% de variation de la longueur des épillets, est expliquée par le modèle.



A B

Figure 9: A : Longueur (cm) des épillets femelles en fonction de leur position sur le rachis ; B : Longueur des épillets mâles en fonction de leur position relative sur le rachis

Organisation des fleurs sur les épillets

Chez le palmier dattier, les fleurs sont reparties le long de la partie fertile de l'épillet. Dans le cas des résultats présents, un épillet femelle porte en moyenne 55 fleurs contre 81 fleurs pour un épillet mâle avec respectivement un écart-type de 11 et de 7 (figure 10).

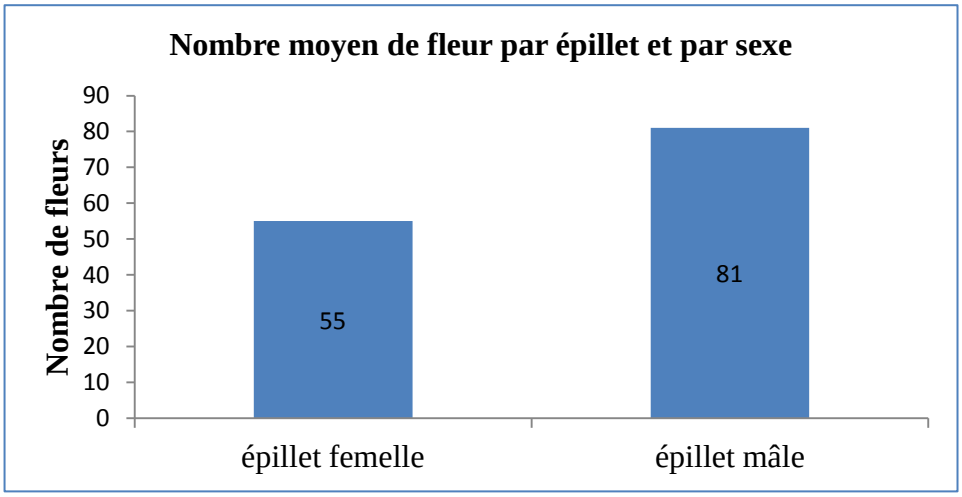
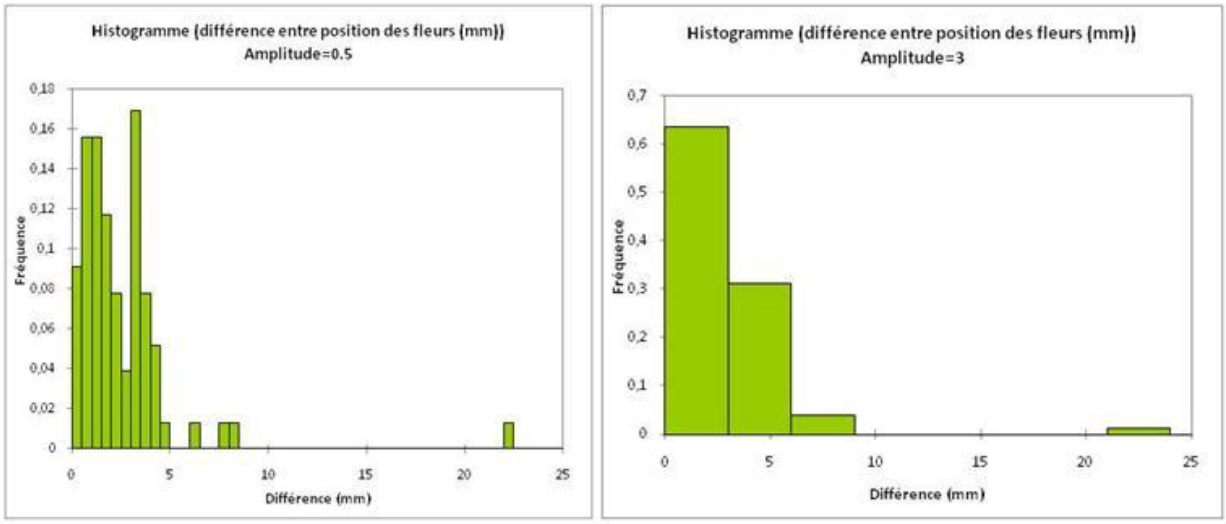


Figure 10: Estimation du nombre de fleur par épillet par sexe (IM2, IF1, tableau 2)

La distance entre deux fleurs successives a été calculée ; chez le dattier mâle, l'histogramme de cette différence (en choisissant comme amplitude, la distance minimale entre deux fleurs, différente de zéro et de l'ordre de 0,5mm), montre une rupture au niveau du point x=3mm (figure 11A), cette rupture donne l'impression que les fleurs sont reparties en groupes ou parfois de manière solitaire sur le rachis. En reprenant la figure avec une

amplitude de 3mm, on obtient deux grands groupes (figure 11B) qui totalisent plus de 90% des observations. Ces deux groupes sont constitués d'un groupe de fréquences importantes des distances inferieurs à 3mm et d'un autre de distances supérieurs. L'analyse de ces observations permettent de dire que la distance intragroupe est en moyenne de 1,28mm et varient de 0 à 3mm avec un écart-type de près de 1 (figure 11 et tableau 5), alors que les distances intergroupes varient de 4 à 22,5mm avec une moyenne de 4,67 mm et un écart-type de près de 4 (figure 11 et tableau 5).



A B

Figure 11: Histogrammes de fréquence des distances entre deux fleurs mâles successives (A : Amplitude =0,5mm et B : Amplitude=3mm), (IM2, tableau 2)

Tableau 5: Distances intra et intergroupes des fleurs mâles (IM2, tableau 2)

Statistique	Distance intergroupe (mm)	Distance intragroupe (mm)
Moyenne	4,677	1,281
Ecart-type	3,704	0,787

Chez le *Phoenix* femelle, l'histogramme de différence de longueur entre deux fleurs successives avec une amplitude de 0,1 cm, qui est la différence minimale, est représenté sur la figure (12A). L'analyse de cette figure montre une rupture des fréquences au niveau de l'abscisse x = 0,5. Cette chute et une reprise brusque de fréquence constatée sur la figure (12A), montrent que ces dimensions sont reparties en groupe. L'histogramme des mêmes données a été repris avec une amplitude de 0,5cm (figure 12B). Cette figure montre deux groupes bien distincts qui totalisent près de 90% des fréquences observées. Ces observations

permettent d'affirmer que ces fleurs sont disposées en groupe avec des moyennes de distances intra et intergroupes de l'ordre de 0,31 et 0,99cm respectivement, avec des écart-types respectifs de 0,16 et 0,64 (tableau 7).

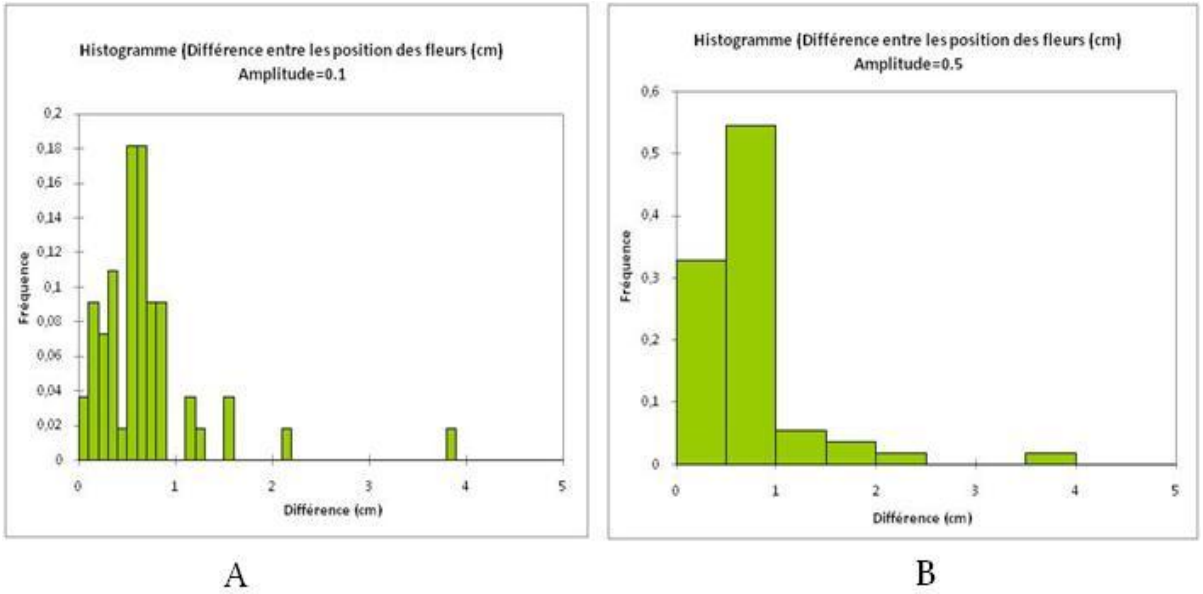


Figure 12: Histogramme de différence des positions des fleurs femelle sur l'épillet (A : Amplitude = 0,1cm et B : Amplitude = 0,5cm) (Inflorescence absent au tableau 2)

Tableau 6: Distance intra et intergroupe des fleurs femelles (Inflorescence absent au tableau 2)

Statistique	distance intergroupe (cm)	distance intragroupe (cm)
Moyenne	0,996	0,319
Ecart-type	0,647	0,166

Taille des fleurs

A l'anthèse, les dimensions des fleurs différent suivant le sexe. Ainsi, chez les plantes mâles, la moyenne de longueur et de diamètre des fleurs sont respectivement de 7,21 et 7,63mm avec des écart-type respectifs de 0,65 et 0,38 (tableau 7). Par contre chez la femelle ces dimensions sont plus réduites avec des moyennes de l'ordre de 4,13 et 4,26mm pour la longueur et le diamètre avec les écart-types respectifs de 0,59 et 0,56 (tableau 7). Notons par ailleurs que les inflorescences qui ont servi à ces mesures ne font pas partie des inflorescences du Tableau (2).

Tableau 7: Longueur et diamètre des fleurs mâles et femelles tous à l'anthèse (Inflorescence absent au tableau 2)

Sexe	Statistique	Longueurs des fleurs	Diamètre des fleurs
Male	Moyenne	7,213	7,630
	Ecart-type	0,652	0,383
Femelle	Moyenne	4,134	4,264
	Ecart-type	0,597	0,560

III. DISCUSSION

La dissection de la couronne des quatre palmiers dattiers effectuée à Sanremo en Italie, a permis de confirmer les résultats obtenus par Sachs (1874), Duchartre (1885), Bouguedoura (1979 et 1991), El Houmaizi (2002) et Daher (2010). Résultats selon lesquels toutes les palmes axilent un bourgeon, qui est soit inflorescenciel, soit végétatif. Cependant, elles sont en désaccord avec les travaux de Plantefol (1938) qui ne font état que de l'existence d'un bourgeon terminal du fait de son développement unicaule. L'ensemble des travaux cités permet de dire que les deux dernières observations sont incomplètes. Le développement successif des inflorescences du haut vers le bas de la couronne confirme les résultats de Bouguedoura en 1979. Selon elle, tous les bourgeons restent à l'état latent jusqu'au début du stimulus déclenchant la période de production des inflorescences. Ces organes émergent d'abord au niveau des feuilles les plus jeunes entièrement déployées, et cette séquence se poursuit vers le bas de la couronne de telle sorte que les inflorescences les plus avancées sont les plus proches du méristème apical. Ce phénomène pourrait être lié au mode d'allocation des ressources qu'accorde la plante, préférentiellement à la partie apicale (acrotonie), du fait de son activité intense, plutôt que vers les feuilles les plus vieilles. La présence des bougeons avortés entre chaque cycle d'inflorescence et jamais en son sein corrobore cette hypothèse de privilège de ressources nutritionnelles, même si Daher en 2010 a trouvé des exceptions à Djibouti.

Nos résultats montrent l'existence d'un certain nombre de bourgeons nécrosés entre deux cycles de production d'inflorescences. La nécrose de quelques bourgeons au début du cycle peut être due à une compétition dans le développement, puisqu'il n'a été remarqué aucun bourgeon nécrosé à la fin des inflorescences 2011 et que tous les bourgeons antérieurs à cette date ont été nécrosés. Par ailleurs, les deux cycles de production d'inflorescence de la plante femelle (F3, N° 0 à +25, tableau 1) montre un développent acrotone, résultats confirmés avec les données provenant de Tunisie. La forme aplatie du bourgeon, qui persiste jusqu'à l'inflorescence mature résulterait des forces de pression exercées d'une part par le stipe et d'autre part par la palme axillante. Une autre conséquence de ces contraintes est la déviation du pédoncule d'un côté de la palme, depuis le point d'insertion au stipe, donnant ainsi naissance à un angle de divergence latérale entre la palme axillante et l'inflorescence axillaire. La spathe fusiforme facilite l'émergence des inflorescences et contribue à garder les épillets dans leur plan de symétrie, même si des cas de malformation de ces derniers ont été constatés sous la pression de cette enveloppe, surtout chez certains mâles.

Chez la femelle (F3, tableau 1), au-delà du dernier cycle de production des inflorescences, la courbe de taille des bougeons axillaires en fonction de leur position par rapport au méristème apical montre des irrégularités (figure 5B et 5C). En direction du méristème apical, la décroissance de taille des ébauches foliaires est plus régulière que la décroissance de taille des bourgeons. Ce résultat confirme le constat de Bouguedoura (1979) qui affirme que le développement des bourgeons axillaires n'est pas forcement lié à la dimension de la feuille axillante (figure 5A). Les longueurs des bourgeons (F3, N° -1 à -72) supérieures à celles attendues par le modèle de régression pourraient s'expliquer par leur naissance pendant les mois de croissance intense de la plante au cours de la période estivale. En prolongeant ce raisonnement, on devrait s'attendre à trouver des longueurs inférieures à celles attendues durant les mois d'hiver lorsque la croissance de la plante est ralentie, mais ce n'est pas le cas. Il est possible que le plastochrone soit moins affecté par ces variations, peut-être en relation avec la particularité du climat de la Côte d'Azur où a eu lieu l'étude, caractérisé par des températures clémentes et une luminosité exceptionnelle durant l'hiver (http://www.nice-panorama.com/Informations-Pratiques/).

Chez *Phoenix dactylifera*, le nombre d'épillets est plus important chez le mâle que chez la femelle, phénomène observé chez le palmier à huile *Elaeis guineensis* (Adam *et. al*. 2005) et chez le palmier à ivoire végétale, *Phytelephas aequatorialis* (Uhl et Dransfield, 1984).

La corrélation constatée entre la taille des épillets femelles et leur position relative sur le rachis est peut-être due à la domestication. Du fait de la valeur nutritionnelle des dattes et surtout leur valeur économique, les hommes ont sans doute été amenés à sélectionner des individus qui produisent les régimes, les mieux développés.

Alors que l'épillet femelle est beaucoup plus long que le mâle, nos résultats montrent que l'épillet femelle porte beaucoup moins de fleurs que le mâle, ces observations confirment celles de Daher (2010), Bouguedoura (1979) et Peyron (1990). Ce contraste pourrait s'expliquer par la réponse de la plante à l'action de la pesanteur suite à la charge des fruits que pourraient comporter les épillets. Car si le nombre des épillets et des fleurs était aussi important chez la femelle que chez le mâle, le risque du point de vue support et nutritionnel serait élevé. En général le dimorphisme morphologique entre le dattier mâle et femelle concerne seulement les inflorescences (Daher, 2010). Cependant, il faut noter que chez la femelle, le nombre de fleurs entre les épillets des premiers pseudo-verticilles et celui des

épillets apicaux est sensiblement le même, car la diminution de la longueur des épillets femelles est due à la seule réduction des parties stériles.

L'analyse des distances entre deux fleurs successives tant au niveau des épillets mâles que femelles, montre que ces fleurs sont organisées en groupes ou de manière solitaire sur l'épillet, ce qui est partiellement en désaccord avec les résultats de Daher (2010) qui ne mentionne que des fleurs solitaires sur l'épillet. Les distances intergroupes et intragroupes sont plus petites chez le mâle que chez la femelle, ce qui se justifie par la longueur plus importante de l'épillet femelle que de l'épillet mâle, alors que le nombre de fleurs est inverse. S'agissant de la longueur et du diamètre des fleurs, nos observations montrent que ces paramètres sont plus élevés chez le mâle que chez la femelle. Mais curieusement on constate un léger dépassement de la dimension en diamètre par rapport à la longueur. Ce dimorphisme pourrait être le résultat du développement unisexué de l'organe. Ainsi, l'absence de la compétition des deux sexes pour l'espace, l'androcée et le gynécée, augmente plus leur croissance en diamètre qu'en longueur.

Compte tenu du caractère réduit du rapport et du temps, les mensurations des différents angles au niveau des inflorescences n'ont pas été présentés dans ce document, mais notons que ces paramètres nous serviront pour la simulation de cet organe.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le palmier dattier est une espèce dioïque, chez qui les fleurs mâles et femelles sont portées par différents individus. Notre étude a porté sur la cinétique du développement des inflorescences de cette espèce et sur la structure et l'architecture des organes reproducteurs. Nous en avons conclus que chez *Phoenix dactylifera*, chaque palme axile un bourgeon. La production inflorescentielle est acrotone. Entre deux cycles de production des inflorescences, se trouvent quelques bourgeons avortés.

Du point de vue de la structure, l'inflorescence mâle est très dense en comparaison de l'inflorescence femelle. En ce qui concerne l'architecture, on retiendra que le nombre des épillets mâles est plus important que celui des épillets femelles. En revanche la longueur des épillets femelles est supérieure à celle des mâles et le nombre de fleurs est plus élevé sur les épillets mâles que sur les épillets femelles. En conclusion, la géométrie de l'inflorescence mâle est beaucoup plus complexe que celle de son homologue femelle. Chez cette dernière, les premiers épillets s'organisent en pseudo-verticilles alors que chez le premier, ils sont extrêmement nombreux et non aussi nettement groupés. Pour les deux sexes, les fleurs semblent être disposées en groupes pour certaines et solitaires pour d'autres sur l'épillet.

En ce qui concerne les perspectives, cette étude mérite d'être poursuivie, tant sur le plan du questionnement scientifique que des méthodes descriptives. Un travail important de développement méthodologique reste à faire afin de décrire précisément la phyllotaxie des épillets et des fleurs, ainsi que la déviation latérale du pédoncule.

Le développement très particulier des inflorescences du dattier, caractérisé par une initiation de la morphogenèse très tardive et un développement extrêmement rapide, demeure mal connu. Un suivi phénologique (d'ailleurs déjà entrepris par l'équipe du CSRP) accompagné de dissections serait intéressant pour mieux cerner le déclenchement de l'activité reproductive chez le dattier, identifier les stimuli environnementaux sous-jacents, et comprendre la mise en place de l'architecture complexe de la ramification

BIBLIOGRAPHIE

Adam H. L. N., Jouannic S., Escoute J., Duval Y., Verdeil J.-L., and Tregear J. W., 2005. Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*, arecaceae). American Journal of Botany 92(11): 1836–1852. 2005;

Barthelemy D. and Caraglio Y., 2007. "Plant Architecture": A dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny", Annals of Botany, 99:375-407;

Ben Aïssa I., Bouarfa S., Perrier A., 2008 Utilisation de la mesure thermique du flux de sève pour l'évaluation de la transpiration d'un palmier dattier "Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb, Mostaganem : Algérie (2008) ;

Bouguedoura N., 1979. Contribution à la connaissance du palmier dattier. *Phoenix dactylifera l.* j, étude des productions l\axillaires. Thèse de fin de 3ème cycle en science biologique, Université Montpellier II, France ;

Bouguedoura N., 1991. Connaissance de la morphogénèse du palmier dattier (phoenix dactilifera L.). Etude *in situ* et *in vitro* du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteur. Thèse d'état, spécialisation en sciences biologiques, U.S.T.H.B. Alger;

Daher A., 2010. Détermination du sexe chez le palmier dattier : Approches histo-cytologiques et moléculaires. Thèse de fin de 3ème cycle en science biologique, Université Montpellier II, France ;

Daher A., Adam H., Chabrillange N., Collin M., Mohamed N., Tregear J.W. and Aberlenc-Bertossi F., 2010. Cell cycle arrest characterizes the transition from a bisexual floral bud to a unisexual flower in Phoenix dactylifera. Annals of Botany 106: 255-266;

Duchartre P., 1885. Eléments de Botanique.Ed. J.P. BAILLERE, Paris 199 p;

El Houmaizi M. A., 2002. Modélisation de l'architecture du palmier dattier (phoenix dactylifera L.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis. Thèse de fin d'étude du troisième cycle, Université Cadi-Ayyad, Marrakech au Maroc;

Halle F. et Oldeman R A., 1970. Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. Paris, Masson 178p;

Juarez C. and Banks A., 1998. Sex determination in plants. Current opinion in plant Biology, 1, 68-72;

Munier P., 1973. Le Palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales; Maison Neuve et Larose, Paris, 217 p ;

Peyron G. 1990. Importance du male pour la production dattière, Mémoire de DEA. Université Montpellier II, France;

Plantefol L., 1938. Cours de botanique et de biologie végétale.Paris, 2è Ed ;

Ringersma J., Mechergui M., Ensink J., 1997. Transpiration in Date Palm and Apricot. In: Evapotranspiration in an oasis agricultural system, Proc. du séminaire sur l'amélioration des paramètres d'irrigation dans les oasis de l'Afrique du Nord, 24 avril 1997, Tozeur, Tunisie, 31-37 ;

Sachs J. T., 1874. Traité de Botanique. Lib. F. SAVY-Paris t p. 712 ;

Uhl NW, Dransfield J. 1984. Development of the inflorescence, androecium, and gynoecium with reference to palms. *In* R. A. White and W. C. Dickison [eds.], Contemporary problems in plant anatomy, 397–449. Academic Press, New York, USA;

Uhl N. W. and Dransfield J., 1987. Genera palmarum. Allen Press,lawrence. Kanas. 610p.

Webgraphie

http://www.nice-panorama.com/Informations-Pratiques/. text/html UTF-8 lundi 6 juin 2011 12:50:18

Annexes

Annexe 1: Fiche de saisie ;

Annexe 2: Protocole de mesure ;

Annexe 3: Taille des bourgeons et celle des ébauches foliaires axillantes ;

Annexe 4: Photos de quelques bourgeons inflorescentiels sains ou nécrosées.

ALL SPIKELETS on PEDUNCLE : Localisation & Insertion & Geometry

FICHE 1

Observer Name		Date (jj/mm/aaaa)		Localisation		Palm Id. Number						
Axillant Frond Number		Inflorescence Id. Number		Inflorescence Sexe		Pheno stage						
Spikelets Number												

	Pseudo-Verticille Rank	Pseudo-Verticille Position	Pedunce Phylotaxy	Spikelets in Pseudo-Verticille	Spikelets Divergence Angle	Spikelet rank	Spikelet Position	Spikelet Length	1st Flower Insertion Position	Spikelet Base Diameter	Spikelet Flowers Nb	Spikelet Fruits Nb	Spikelet Insertion Angle
	Char	cm	degree	Nb	degree	nb	cm	cm	cm	mm	nb	nb	degree
1	**Insertion**												
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													

PEDUNCLE on STEM : Localisation & Insertion & Geometry — *FICHE 2*

Observer Name		Date (jj/mm/aaaa)		Localisation	
Palm Id. Number					
Axillant Frond Number		Inflorescence Id. Number		Inflorescence Sexe	
Peduncle Insertion Angle (°)		Peduncle Length (cm)			

	Control Points	Length from Peduncle base (cm)	Width (mm)	Height (mm)	Lateral Deviation Angle (°)	Rotation Angle (°)	Bending Angle (°)
1	**Base**						
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							

ALL FLOWERS & FRUITS on SPIKELET : Localisation & Insertion & Geometry — *FICHE 3*

Observer Name		Date (jj/mm/aaaa)		Localisation		Palm Id. Number			
Axillant Frond Number		Inflorescence Id. Number		Inflorescence Sexe		Pheno stage			
Spikelet Id. Number		Spikelet Localisation		Spikelet Insertion Angle		Spikelet Length		Spikelet Flower Nb	

	Control Point	Flower Position	Fruit Rank	Insertion Angle	Flower / Fruit Length (max)	Flower / Fruit Diameter (max)	Phylotaxy	Spikelet Diameter	Spikelet Bending	Spikelet Lateral Deviation	Spikelet Rotation
FR	Char	cm	nb	degree	mm	mm	degree	mm	degree	degree	degree
0	**Insertion**										
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											

BRACT on PEDUNCLE : Localisation & Insertion & Geometry — *FICHE 4*

Observer Name		Date (jj/mm/aaaa)		Localisation	
Palm Id. Number		Inflorescence Id. Number		Inflorescence Sexe	
Bract Localisation (cm)		Bract Length (cm)		Bract Insertion Angle (°)	

	Control Points	Length from Bract base (cm)	Width (mm)	Height (mm)	Lateral Deviation Angle (°)	Rotation Angle (°)	Bending Angle (°)
1	**Base**						
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							

<u>Annexe 2</u>: Protocole de l'itinéraire technique de mesure des inflorescences

1. Préparation des fiches de saisie pour le terrain ;
2. Repérer les plantes ainsi que les inflorescences qui serviront d'échantillons pour le travail ;
3. Faire des marques sur des inflorescences sur les arbres retenus pour l'échantillonnage afin de permettre leur identification sur les photos pour compléter les mesures sur les organes ;
4. Prendre des photos permettant d'évaluer les angles d'insertion, de ploiement (bending) et de la déviation latérale de l'inflorescence ;
5. Couper soigneusement les inflorescences (déjà marquées et photographiées) à la base d'insertion sur la plante mère et mesurer la partie restant sur le stipe en enfonçant un régler entre le stipe et l'inflorescence en question ;
6. Mesurer la longueur du pédoncule, la largeur et la hauteur de pédoncule à trois points contrôle à savoir la base, le milieu et à la première insertion des épillets (début Rachis) ;
7. Projeter horizontalement sur un papier A3, les deux plans verticaux en les maintenant fixe avec deux pieds à coulisse. L'angle formé par les deux plans (figure 1 ci-dessus) est la mesure de la torsion de l'élément considéré ;

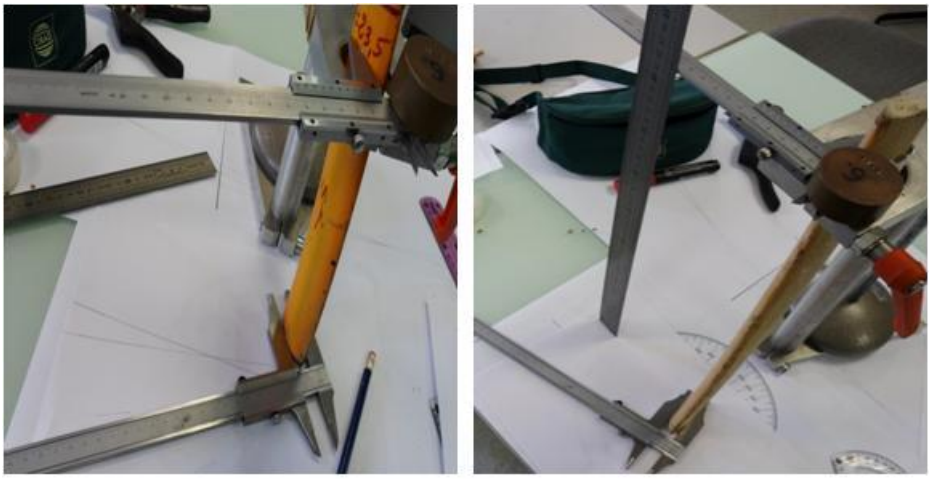


Figure 1: Evaluation de la torsion du pédoncule

8. Repérer le premier pseudo-verticille sur le rachis et les autres si possible ;
9. Mesurer la longueur totale et la longueur stérile des épillets, puis les couper à deux centimètres au dessus de leur insertion pour permettre une éventuelle mesure d'angle de divergence et d'insertion des épillets dans un pseudo-verticille. Numéroter les

épillets du bas vers le haut de chaque pseudoverticille en commençant par le pseudoverticille le plus basal (numéroter également les pseudoverticilles du bas vers le haut du rachis).

10. Une fois le rachis dégagé des épillets, on projette les directions principales des épillets extrêmes d'un pseudo-verticille sur un plan afin de mesurer l'angle de divergence de ces épillets. Pareil entre chaque épillet et le rachis pour déterminer l'angle d'insertion de cet épillet sur le rachis ;
11. Estimer les différentes positions de chaque épillet sur le rachis ;
12. Mesurer la largeur et la hauteur du rachis à cinq centimètre (5cm) (point de contrôle dont la position est repérée à partir de la base du rachis) ;
13. Evaluer la phyllotaxie des pseudo-verticilles, qu'on peut estimer de manière simple en imaginant un cercle trigonométrique subdivisé en secteurs de 45° et faire correspondre chaque point d'attache d'un pseudo-verticille à une valeur approximative. Alternativement, une méthode plus précise mais plus difficile à mettre en oeuvre, est de dresser le rachis au centre d'un cercle trigonométrique et projeter les différents points d'attaches des pseudo-verticilles sur le cercle. Cette méthode s'applique aussi aux épillets pour évaluer la phyllotaxie des fleurs et des fruits (voir point 17).
14. Ces mesures finies, on utilise la même procédure que celle décrite pour le pédoncule, afin de mesurer la torsion du rachis (figure 1) ;
15. Placer les épillets collés à un mètre avec du scotch à la base et évaluer la position de chaque fleur en tenant compte des deux centimètres déjà laissés sur le rachis. Il faut éviter d'attacher trop fort pour permettre d'éventuelles rotations car les fleurs se situent tout autour de l'épillet ;
16. Estimer le diamètre de l'épillet en question tous les 10cm (comme point de contrôle) ;
17. Evaluer la phyllotaxie des fleurs ou fruits selon l'une des deux méthodes indiquées au point 13 (figure 2).
18. photographier les épillets pour évaluer leur « bending ».

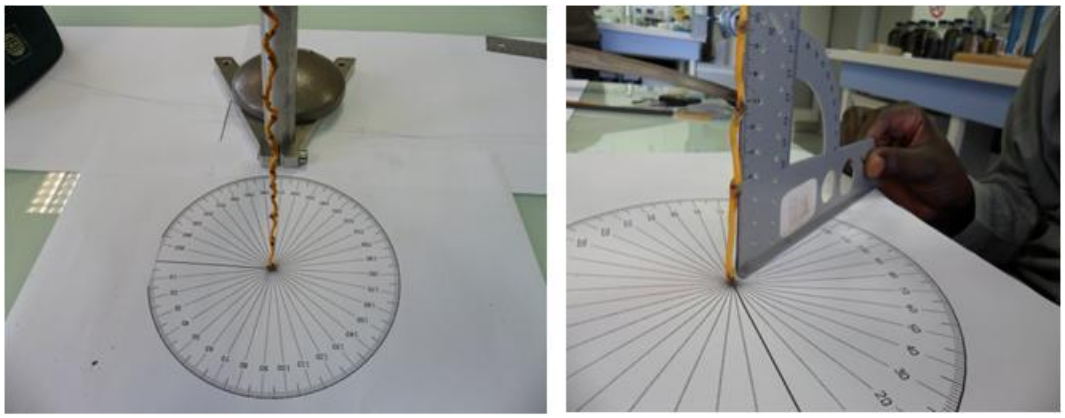


Figure 2: Evaluation de la phyllotaxie des fleurs

Annexe 3: Liste de longueurs d'ébauche foliaire axillantes et des bourgeons axillaires

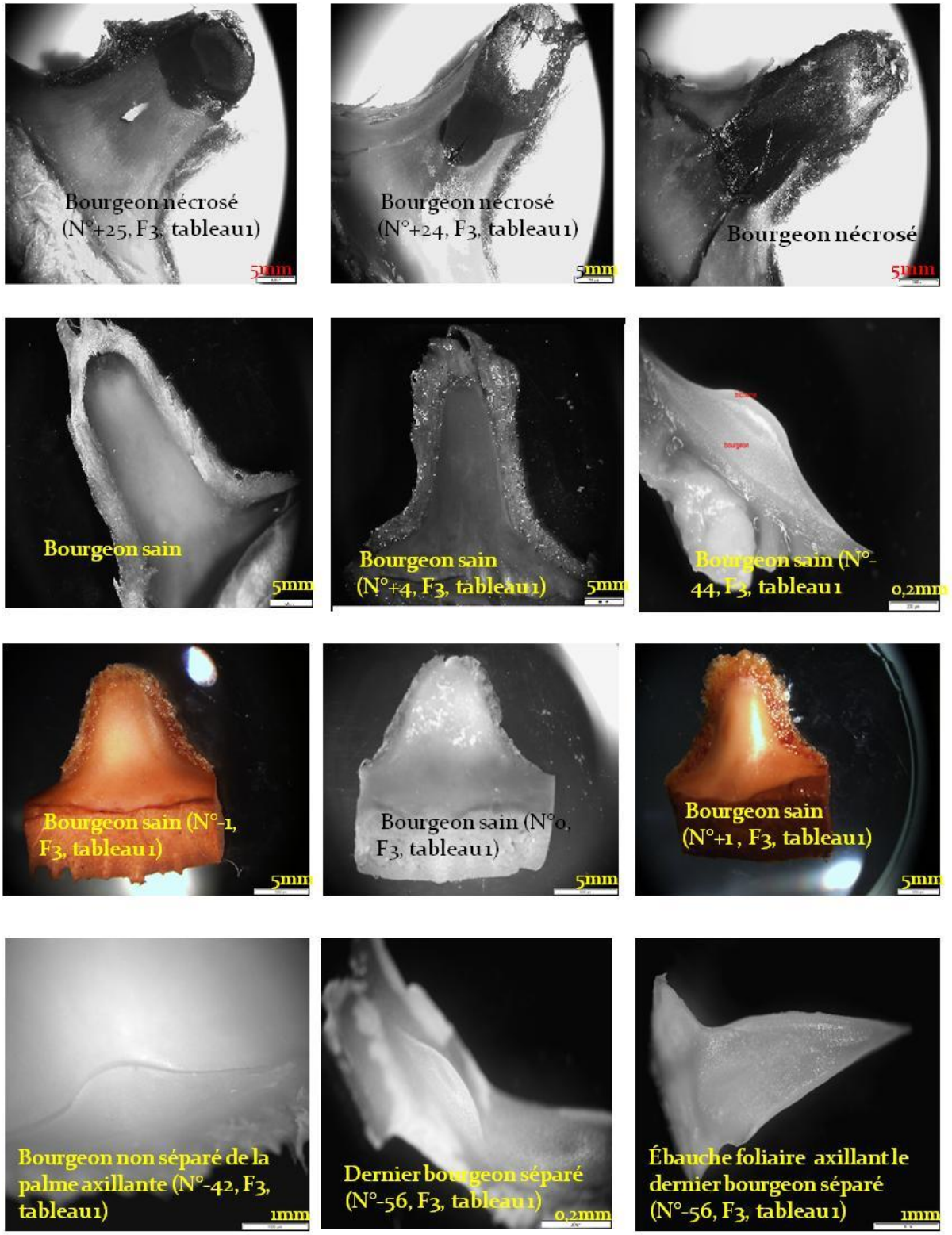
Numéro de la palme	Longueur de la feuille	Longueur du bourgeon
27	x	x
26	x	x
25	x	32177,87
24	x	37880,92
23	x	36761,31
22	x	28936,96
21	x	Inflorescence
20	x	Inflorescence
19	x	Inflorescence
18	x	Inflorescence
17	x	Inflorescence
16	x	Inflorescence
15	x	Inflorescence
14	x	24309,95
13	x	17919,94
12	x	16928,18
11	x	18231,54
10	x	19744,96
9	x	24302,93
8	x	35762,28
7	x	Inflorescence
6	x	Inflorescence
5	x	Inflorescence
4	x	Inflorescence
3	x	Inflorescence
2	x	Inflorescence
1	x	28180,15
0	x	21169,6
-1	x	16466,97
-2	x	16242,5
-3	x	14317,28
-4	x	11405,59
-5	x	11325,61
-6	x	8775,18
-7	x	7263,27
-8	x	8209,67
-9	x	6524,24
-10	x	6587,35
-11	x	4780,99
-12	x	5508,73
-13	x	4822,29
-14	x	4123,71
-15	x	4003,11

-16	x	2620,34
-17	x	2322,72
-18	56000	2860,68
-19	49000	2675,35
-20	40000	2677,97
-21	39000	2602,44
-22	36000	2625,62
-23	32000	2484,68
-24	32000	1758,14
-25	29000	1534,47
-26	27000	1750,22
-27	26000	1370,85
-28	24000	1153,6
-29	22000	1700,64
-30	22000	1079,04
-31	20000	890,94
-32	19000	798,86
-33	17500	585,76
-34	16500	694,8
-35	16000	480
-36	14500	500
-37	14000	806
-38	12696,14	215,07
-39	11053,27	864,21
-40	10183,62	566,12
-41	10741,34	248,54
-42	9994,99	188,45
-43	9814,11	193,2
-44	9475,85	194,08
-45	9138,52	154,12
-46	7619,47	154,64
-47	6959,86	130,8
-48	7346,61	147,79
-49	6512,61	130,4
-50	7068,63	122,36
-51	5741,85	126,86
-52	5787,53	122,3
-53	4566,59	50,37
-54	4381,58	91,37
-55	4281,86	35,74
-56	4025,05	81,14
-57	3445,15	x
-58	3358,36	x
-59	3154,96	x
-60	2699,03	x
-61	2616,57	x
-62	2281,55	x

-63	2052,01	x
-64	1984,77	x
-65	1385,3	x
-66	800,64	x
-67	724,21	x
-68	475,91	x
-69	x	x
-70	x	x
-71	x	x
-72	x	x

X = longueur non évaluée.

Annexes 4 : Quelques images des bourgeons séparés à Sanremo (F3, Table



F3, tableau1 sont référés au niveau résultats de ce document