

**AFPP – COLLOQUE MÉDITERRANÉEN SUR LES RAVAGEURS DES PALMIERS  
NICE – 16, 17 ET 18 JANVIER 2013**

**L'ANATOMIE DES PALMIERS ET LES TECHNIQUES D'ENDOTHÉRAPIE : QUELLES  
CONSÉQUENCES PHYSIOLOGIQUES ?**

R. THOMAS<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>UMR 7207 (Centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements)  
MNHN CNRS UPMC – Muséum national d'Histoire naturelle – 8, rue Buffon – 75005 Paris.  
France

**RÉSUMÉ**

Les palmiers présentent une anatomie particulière : sans cambium, leur croissance en épaisseur ne peut s'effectuer que par des mécanismes n'engendrant que très peu de divisions cellulaires et se limitant à leur partie apicale où se trouve un méristème d'accroissement primaire. Ce méristème est indispensable pour la mise en place du système vasculaire et est facilement attaqué par le charançon rouge du palmier. Un des moyens de lutte possible contre ce charançon consiste à injecter un insecticide après avoir perforé le stipe. Une seule étude a permis de mettre en évidence les mécanismes de cicatrisation après perforation chez les palmiers : la zone endommagée est rapidement isolée du reste de la plante par formation de tylose, recloisonnement des cellules du parenchyme paravasculaire, sécrétion de composés phénoliques et de gel acide contenant de la pectine. Cependant les réactions diffèrent en fonction de la position verticale de la blessure.

Mots-clés : anatomie, cicatrisation, croissance, endothérapie, stipe.

**SUMMARY**

**THE ANATOMY OF PALM TREES AND THE ENDOTHERAPY TECHNIQUES: WHAT  
PHYSIOLOGICAL CONSEQUENCES?**

Palm anatomy is highly peculiar: without cambium, only few cellular divisions at the stem apex allow the stem diameter thickening. These anatomical modifications are restricted at the apical zone in a pericyclic region around the apical meristem: the primary thickening meristem (PTM). This meristem is responsible for primary stem thickening and vasculature linkage. The red palm weevil can easily damage this soft zone. A pest control method consists in injecting an insecticide after perforating the stem. One study highlights the palm stem wound response: the damaged area is quickly isolated from the safe tissues by tylose formation, ground parenchyma cells with septa in contact with vascular bundles, secretion of phenolic compounds and acid gel containing pectin. However, anatomical reactions depend on the vertical position of the wound.

Key words: anatomy, growth, injection, stem, wound response.

## INTRODUCTION

Les palmiers (Arecaceae) appartiennent au groupe des monocotylédones et se retrouvent être parmi les premières plantes structurantes des premières forêts tropicales d'angiospermes (Couvreur et al., 2011) : le plus ancien fossile de palmier provient du Turonien de l'Anjou (Maine-et-Loire, France), il y a 90 Ma (Crié, 1892 ; Dransfield et al., 2008). C'est sûrement leur port arborescent qui leur permet d'avoir cette importance au sein de ces forêts. C'est de ce port arborescent dont il sera question dans cet article. L'objectif de ce qui suit sera de présenter l'état des connaissances sur l'anatomie du stipe des palmiers, en la comparant aux troncs véritables connus chez les Lignophytes (par exemple les conifères et les autres plantes à fleurs). En effet, dans le cadre du programme de lutte contre le charançon rouge du palmier, il est indispensable de connaître les caractéristiques anatomiques du stipe (ou tronc) des palmiers afin de proposer les techniques d'injection les plus adéquates qui permettront aux régions infestées de conserver un patrimoine naturel souvent constitué de palmiers centenaires.

Beaucoup de questions et de controverses ont vu le jour au sujet des techniques d'injection et du processus de cicatrisation. Dans cet article, l'anatomie générale est présentée ainsi que les modes de défenses des palmiers (qui varient le long de l'axe du stipe) mises en place suite à une blessure. En effet, la cicatrisation est indispensable puisque c'est le processus par lequel la plante met en place des barrières permettant d'empêcher la pénétration et la progression de pathogènes.

## LE PORT ARBORESCENT CHEZ LES PALMIERS

### LE STIPE DES PALMIERS

#### Les différents ports chez les palmiers

Les stipes des palmiers présentent une grande variabilité en fonction des genres et il est possible de définir plusieurs ports (Tomlinson, 1961) :

1. palmiers à tige solitaire en colonne, de type *Ceroxylon* Bonpl. ex DC. ou *Roystonea* O.F.Cook ;
2. palmiers à tige cespiteuse (clustered), de type *Phoenix* L., *Rhapis* L.f. ex Aiton ou *Chamaedorea* Willd. ;
3. palmiers à tige souterraine comme *Sabal etonia* Swingle ex Nash, ou comme *Sabal minor* (Jacq.) Pers. Il est plus exact d'utiliser le terme de rhizome pour ces palmiers sans tige aérienne ;
4. palmiers à tige rampante comme *Serenoa repens* (W.Bartram) Small ;
5. palmiers à tige grimpante (port lianescent), de type *Calamus* L. et autres rotins.

Il existe donc une grande variabilité au niveau de la tige des palmiers. Celle-ci peut être quasiment inexistante ou très réduite (quelques centimètres de hauteur) comme chez *Guihaia* J.Dransf., S.K.Lee & F.N.Wei ou atteindre 50–60 mètres chez *Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl. Le diamètre peut être de quelques millimètres comme chez *Dypsis tenuissima* Beentje in J.Dransfield & H.Beentje ou de plus d'un mètre chez *Borassus* L. ou chez *Jubaea*

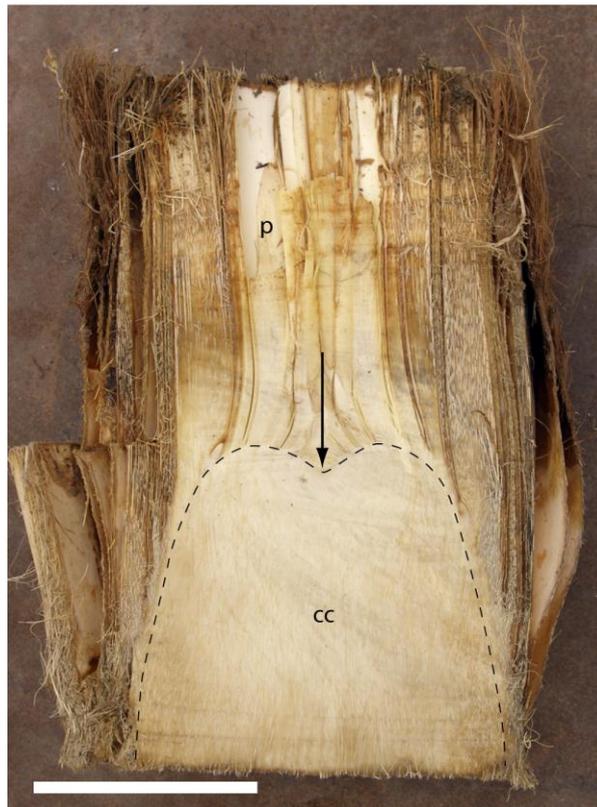
*chilensis* (Molina) Baill. La tige la plus longue est rencontrée chez les rotins et peut atteindre 200 m avec *Calamus manan* Miq. (Burkill, 1966).

#### Les différentes phases de développement

Les palmiers présentent une anatomie particulière : comme les monocotylédones, il n'y a pas de cambium et ces derniers ne se développent donc pas par une croissance secondaire comme les autres Lignophytes (plantes à cambium). Leur croissance en épaisseur ne peut s'effectuer que par des mécanismes n'engendrant que très peu de divisions cellulaires et se limitant à leur partie apicale où se trouve un méristème d'accroissement primaire (Figs. 1–2). Tomlinson (1990) a défini plusieurs phases de développement lors de la croissance des palmiers et notamment la phase d'établissement lors de laquelle la tige se met en place. C'est durant celle-ci que le stipe atteint son diamètre « adulte ». Pour certains palmiers, ce diamètre continuera de s'accroître pendant la vie adulte. C'est ce que Schoute (1912), Waterhouse et Quinn (1978) ont défini comme :

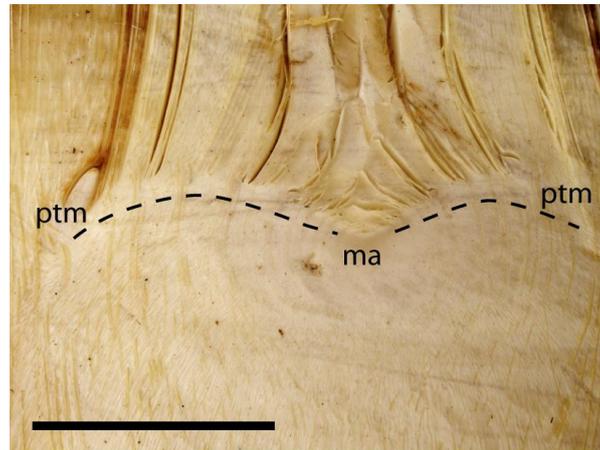
- palmiers de Type A (Figs. 3–4, Cocos-Type) dont le diamètre n'augmente pas après la phase d'établissement. Le diamètre maximal est atteint au niveau de la base de l'apex, c'est à dire au niveau de la base du cylindre formé par les gaines foliaires plus ou moins tubulaires (crownshaft). En deçà, le diamètre n'évolue que très peu (exemple : *Phoenix*) ;
- palmiers de type B (Figs. 3, 5, Mauritia-Type) dont le diamètre augmente sous la base de l'apex. Cet accroissement est connu sous le nom d'accroissement post-primaire (Monoyer 1924) ou sustained growth, et est le résultat des modifications anatomiques suivantes : la croissance des cellules du parenchyme fondamental et une modification de la partie fibreuse dorsale des faisceaux fibro-vasculaires (Fig. 6) (exemple : *Pseudophoenix* H.Wendl. ex Sarg. ou *Ravenea* H.Wendl. ex C.D.Bouché). Ces deux modes de croissance sont donc définis par l'anatomie du stipe et plus particulièrement par celle du parenchyme fondamental qui présente parfois un accroissement post-primaire (Monoyer, 1924). Il faut souligner que ce mode d'accroissement ne présente aucune corrélation avec le diamètre, en effet, certains palmiers au stipe parfaitement cylindrique et au diamètre maximal atteint dès la base de la gaine des feuilles présentent une très forte croissance post-primaire avec de très larges lacunes dans le parenchyme fondamental (*Gaussia* H.Wendl., *Pseudophoenix*) et d'autres présentent un stipe très large dès la base de la gaine des feuilles avec un parenchyme fondamental compact sans aucune lacune (*Phoenix*, *Hyphaene*).

**Fig. 1.** Coupe longitudinale dans la partie apicale d'un stipe de *Phoenix dactylifera*. cc : cylindre central, p: pétiole, pointillés : limite entre le cortex et le cylindre central, flèche : zone encaissée du méristème apical (point végétatif). Échelle : 5 cm.  
(Longitudinal section in the stem apex of *Phoenix dactylifera*)



**Fig. 2.** Coupe longitudinale dans la partie apicale d'un stipe de *Phoenix dactylifera* (détail). ma : méristème apical, ptm : méristème d'accroissement primaire (indiqué par les pointillés). Échelle : 5 cm.

(Detail of the longitudinal section in the stem apex of *Phoenix dactylifera*)

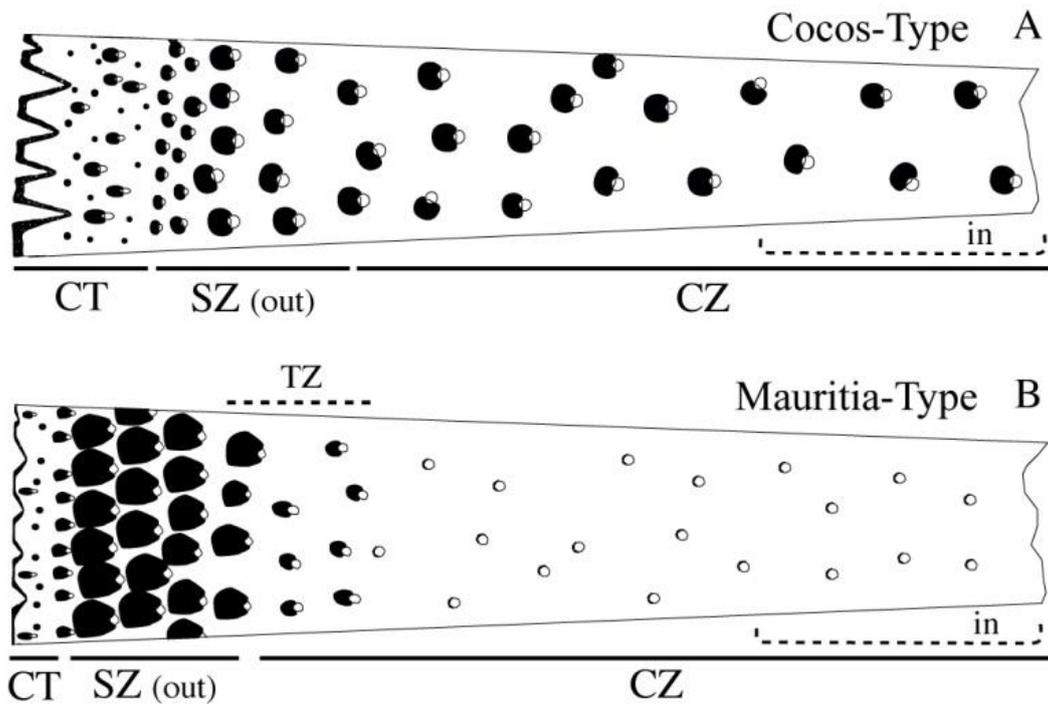


### Anatomie générale

Une tige de palmier (Figs. 3–6) possède toujours la même organisation générale (Thomas, 2011). Un épiderme qui est rapidement dégradé dans la plupart des cas et qui est structurellement insignifiant. Un cortex plus ou moins développé (de quelques cellules à plusieurs centimètres pour les tiges âgées) contenant des faisceaux exclusivement fibreux et faisceaux fibro-vasculaires formant un système vasculaire cortical relativement indépendant de celui du cylindre central (Zimmermann et Tomlinson, 1972). Il est traversé par les traces foliaires. Le cylindre central est démarqué du cortex par une zone où apparaissent de façon assez dense les faisceaux fibro-vasculaires qui vont constituer le système vasculaire central. Ce cylindre central peut présenter différentes organisations (Figs. 3–5) en fonction du mode de croissance. Ce cylindre central est constitué d'un parenchyme fondamental. Celui-ci a originellement un rôle de stockage des glucides et les cellules contiennent, généralement dans les parties jeunes du stipe, beaucoup d'amidon. Ce parenchyme fondamental peut être compact ou lacuneux avec des cellules sphéroïdes de petite taille ou des cellules géantes ou très allongées (Fig. 7). Dans les parties âgées du stipe, ce parenchyme devient plus ou moins sclérifié et joue ainsi un rôle dans le soutien de la plante.

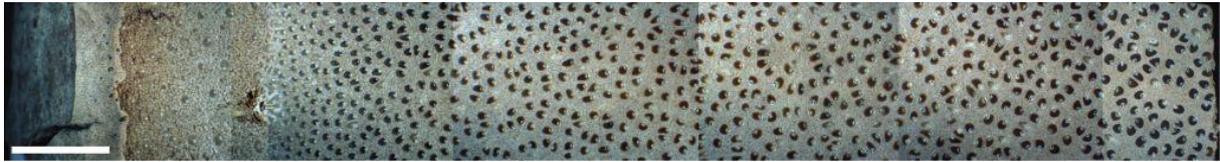
**Fig. 3.** Schéma des deux principales organisations du stipe. (D'après Thomas, 2011). A : Cocos-Type avec une organisation homogène du cylindre central. Les faisceaux fibro-vasculaires (ffv) ont une taille constante. Une légère diminution de la taille et de la densité peut parfois s'observer vers le centre et ceux de la zone subcorticale (SZ) en contact avec le cortex sont de taille plus petite. B : Mauritia-Type avec des ffv dont la taille et la densité sont beaucoup plus importantes au niveau de la zone subcorticale qu'au niveau de la zone centrale. CT : cortex, CZ : zone centrale, TZ : zone de transition, SZ : zone subcorticale.

(General stem organisations)



**Fig. 4.** Polissage transversal d'un stipe de *Phoenix dactylifera*. (D'après Thomas, 2011). L'organisation du stipe est très homogène, les faisceaux fibro-vasculaires ont la même structure sur l'ensemble de la surface présentée (cf. Fig. 6). Échelle : 1 cm.

(Polished surface of transverse section of the stem of *Phoenix dactylifera*)



**Fig. 5.** Polissage transversal d'un stipe de *Wettinia quinaria* (O.F.Cook & Doyle) Burret. (D'après Thomas, 2011). Le stipe présente des faisceaux fibro-vasculaires (ffv) congestionnés avec une partie fibreuse (lignifiée) fortement développée dans la zone périphérique alors que dans la zone centrale, les ffv ont une partie fibreuse quasiment absente. Échelle : 5 mm.

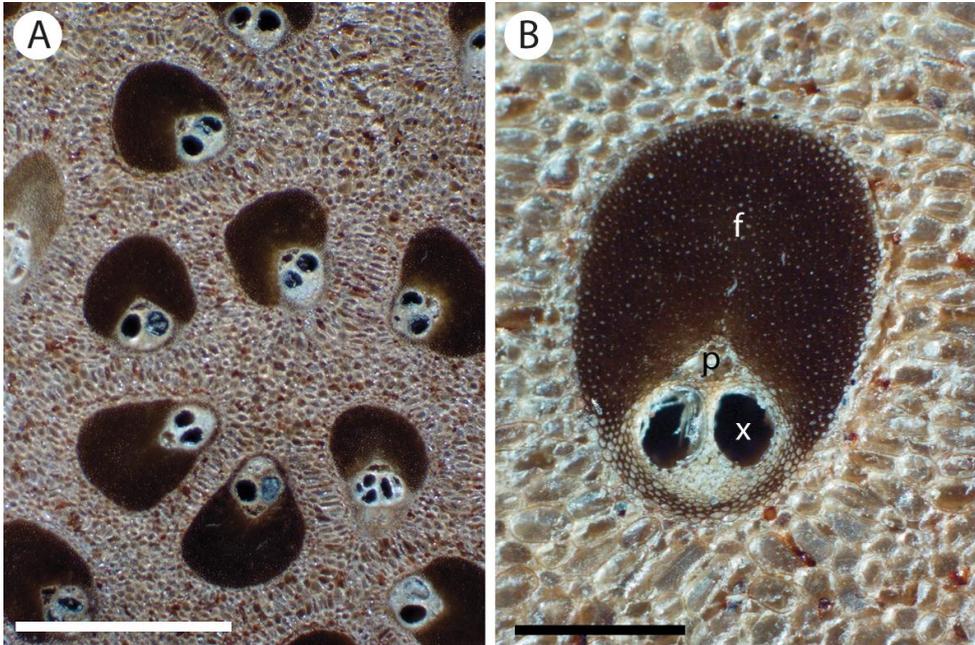
(Polished surface of transverse section of the stem of *Wettinia quinaria*)



Les faisceaux fibro-vasculaires (Fig. 6) ont à la fois un rôle de soutien (avec leur partie fibreuse) et un rôle de conduction de la sève brute (protoxylème, métaxylème) et élaborée (phloème). Il faut souligner que les cellules de palmier (comme les tubes criblés) peuvent avoir une durée de vie extrêmement longue (Parthasarathy et Klotz, 1976) puisqu'elles doivent assurer le transport de la sève (élaborée) alors que les faisceaux fibro-vasculaires ne sont jamais renouvelés (absence de cambium). Par exemple, toujours selon ces auteurs, les tubes criblés au niveau de la partie basale de certains palmiers (*Roystonea*, *Sabal* Adans.) peuvent vivre longtemps et ainsi être âgés de plus de 100 ans ! La partie fibreuse dorsale peut être plus ou moins développée mais est généralement plus développée dans la partie périphérique (zone subcorticale) que dans la partie centrale (zone centrale). Le xylème est composé de trachéides et de vaisseaux.

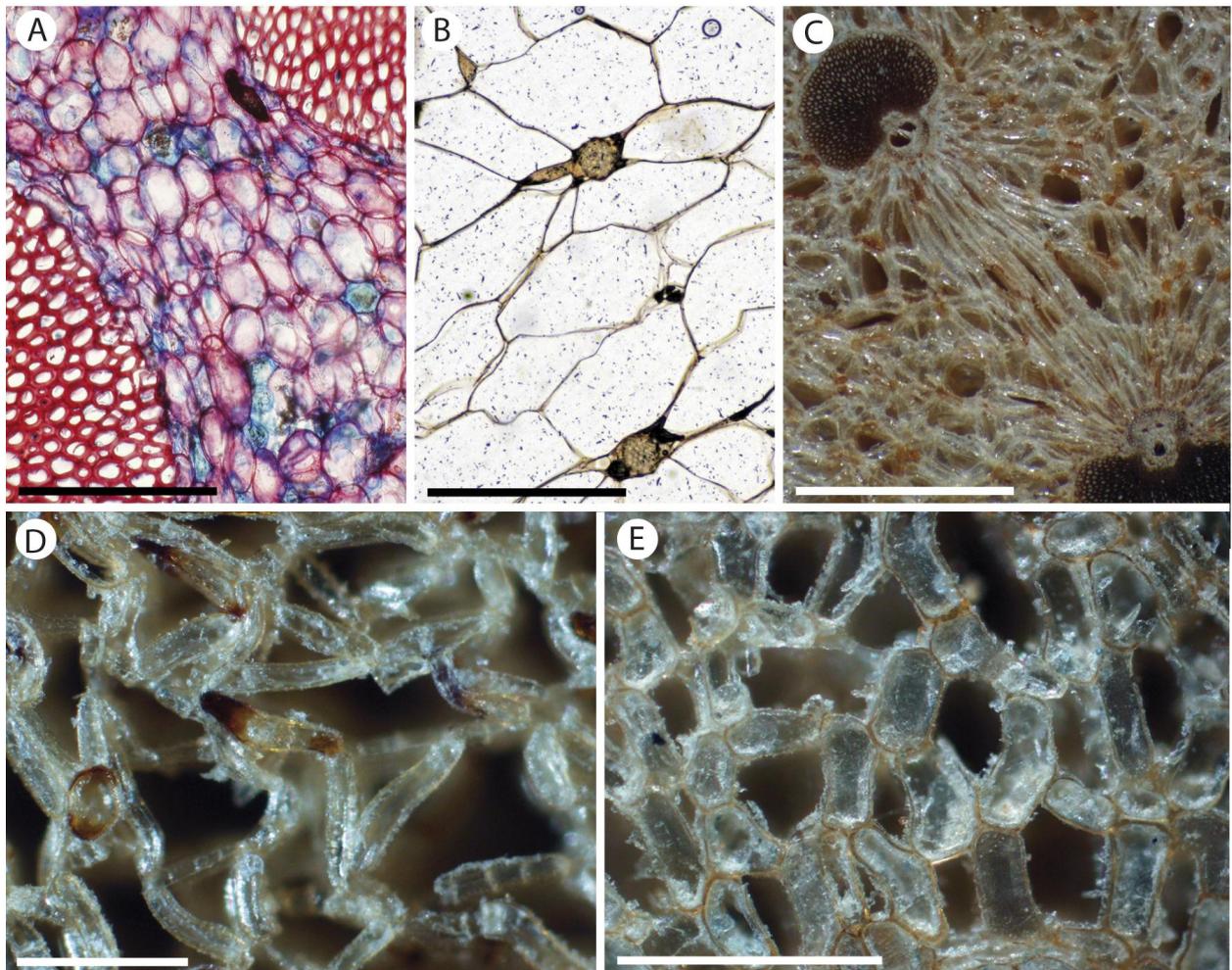
**Fig. 6.** Faisceaux fibro-vasculaires (ffv) de *Phoenix dactylifera*. A. Vue générale. B. Détail d'un ffv. La partie fibreuse (f) est fortement développée, 2 vaisseaux de métaxylème (x). Le parenchyme fondamental est compact (sans lacune). p: phloème. Échelle : A, 2 mm ; B, 500 µm.

(Fibrovascular bundle of *Phoenix dactylifera*)



**Fig. 7.** Différents types de parenchyme fondamental (coupes transversales). (D'après Thomas, 2011).  
 A. *Hyphaene thebaica* (L.) Mart. Cellules sphéroïdes isodiamétriques. Ce type de parenchyme peut devenir légèrement allongé (longueur/largeur < 3–4) au niveau de la base des stipes (safranine O fast green FCF). B. *Bactris plumeriana* Mart. in A.D.d'Orbigny. Cellules géantes. Ces cellules subissent une très forte croissance post-primaire et leur diamètre est souvent supérieur à 500 µm, (non colorée). C. *Heterospathe elata* Scheff. Parenchyme connectif. Un réseau de cellules très étirées se forme entre les faisceaux fibro-vasculaires (polissage). D. *Acrocomia crispera* (Kunth) C.F.Baker ex Becc. Cellules « en-bâton » ou rod-like de par leur très forte croissance post- primaire unidirectionnelle, longueur généralement > 200 µm, longueur/largeur > (3)– 5. Des lacunes assez importantes se forment dans ce type de parenchyme (> 250 µm) (polissage). E. *Borassus aethiopum* Mart. Cellules lobées / rhomboédriques avec de petites lacunes. Diamètre généralement < 200 µm et longueur/largeur < 3–4, petites lacunes en réseau irrégulier (généralement inférieures à 250 µm) entre les lobes de ces cellules (polissage). Échelle : A–B, D–E, 400 µm ; C, 2 mm.

(Different types of ground parenchyma, transverse sections)



## LES MERISTEMES

Le méristème apical des palmiers (Fig. 2) met en place la tige, les feuilles ainsi que les méristèmes latéraux et contribue ainsi à l'architecture générale de la plante. Cet apex croît en épaisseur jusqu'à une certaine limite alors que le diamètre de la tige continue de croître (Ball, 1941). Même s'il n'existe pas de véritable cambium chez les monocotylédones, Rudall (1991) a défini au sein de ce groupe deux types de méristèmes situés sous l'apex de la tige qui permettent la croissance en épaisseur. Le méristème d'accroissement primaire (primary thickening meristem, PTM) et le méristème d'accroissement secondaire (STM) ou *monocot cambium* selon Carlquist (2012), différent du véritable cambium ou *master cambium*, toujours selon le même auteur. Ce STM produit vers le centre un alignement radial de cellules méristématiques où sont également formés les vaisseaux. Seul le PTM (Fig. 2) se rencontre chez les palmiers. Ce PTM est un méristème latéral qui apparaît dans une région péricyclique située entre le cortex et le cylindre central dans la partie apicale du palmier. Ce PTM peut être en continuité avec le méristème apical. Chez les palmiers, ce PTM est très actif et participe à la croissance précoce en diamètre de la tige. Il en résulte que le méristème apical ainsi que les primordia foliaires sont souvent dans une dépression située sous les tissus du stipe. Cette zone est non lignifiée et très tendre et est donc facilement pénétrable par les parasites.

## LA CICATRISATION CHEZ LES PALMIERS

La seule étude scientifique complète sur les mécanismes de cicatrisation du stipe des palmiers suite à une blessure du stipe est celle de Weiner et Liese (1995). Cette étude a consisté à réaliser des perforations de 4 mm de diamètre et 40 mm de profondeur à l'intérieur du cylindre central dans le stipe d'un palmier *Roystonea regia* (Kunth) O.F.Cook âgé de 35 ans et haut de 11 m. Ces perforations ont été réalisées à 1,5 m (partie âgée de la tige) et 9 m du sol (partie jeune). Plusieurs perforations ont été réalisées à différents moments afin de pouvoir suivre l'évolution de la réaction du palmier à ces blessures (21, 14, 7 et 1 jours avant l'abattage du palmier). L'anatomie du stipe a ensuite été analysée. Les conclusions sont les suivantes. Au niveau macroscopique, une ternissure du stipe (brunissement) apparaît assez rapidement autour de la perforation (sur quelques cm) et les tissus affectés présentent une désagrégation structurelle (décollement des parois). Au niveau microscopique, ces auteurs ont pu observer une réaction des tissus dès le premier jour. Des composés phénoliques sont retrouvés dans quelques cellules de parenchyme aussi bien au niveau apical que basal. Ces composés phénoliques continuent à s'accumuler jusqu'au 21<sup>e</sup> jour. Des gels (Sun et al., 2008) (sorte de gomme riche en pectine et présentant des traces d'aldéhydes) se retrouvent dans les vaisseaux et les cellules de phloème dès le 7<sup>e</sup> jour. De la tylose s'observe dans les vaisseaux autour de la perforation mais uniquement dans la partie apicale. Progressivement, mais uniquement dans la partie apicale, les espaces intercellulaires du parenchyme se remplissent de gel. À partir du 21<sup>e</sup> jour, les cellules de parenchyme se nécrosent et les cellules à proximité immédiate de la zone perforée présentent des recloisennements (septes). Ces cellules ainsi que les fibres sont totalement obstruées par des composés phénoliques. Aucune tylose n'est observée dans les vaisseaux de la partie basale (uniquement du gel).

Toutes ces réactions anatomiques observées sont restreintes à une zone limitée de 10 à 20 mm autour du canal de perforation. Ces auteurs n'ont relevé aucune attaque de champignons alors que l'expérience a eu lieu dans une atmosphère humide et chaude d'une serre.

Aucune subérisation des tissus limitrophes ne se produit chez les palmiers qui ne différencient donc pas de tissus spécifiques qui permettent de mettre en place une barrière (un cal cicatriciel) protectrice, et ainsi de compartimenter et d'isoler la zone infectée, comme il est observé chez les arbres « vrais ». Mais ceci ne veut pas dire qu'il n'existe aucune protection. Au contraire, la protection mise en place, est certes plus simple, mais fonctionne sans aucun doute. Cette protection a été nommée « wall off » par Shigo (1994) et est, mise à part l'absence de cal, tout à fait comparable aux réactions décrites chez les arbres et permet d'isoler la zone blessée.

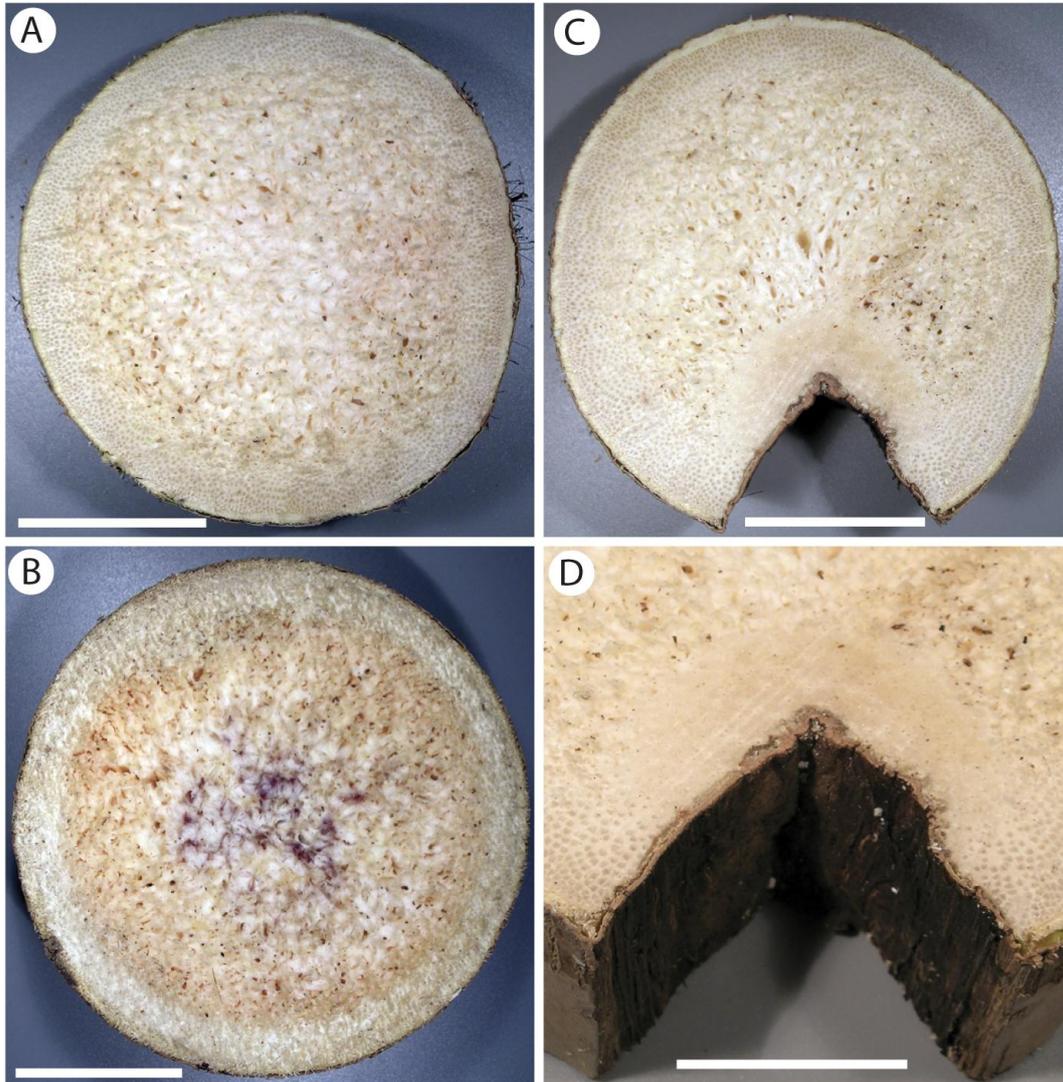
#### OBSERVATIONS PRELIMINAIRES D'UNE CICATRISATION CHEZ *GAUSSIA SP.*

J'ai pu observer qu'un palmier des Grandes serres du Muséum national d'Histoire naturelle (*Gaussia sp.*) avait pu mettre en place une zone cicatricielle bien différenciée faisant suite à une blessure importante (Fig. 8) qui a provoqué une entaille triangulaire assez importante (50x50 mm) vers l'intérieur du stipe à environ 70 cm du sol (le stipe mesurait 220 cm). Aucune étude anatomique n'a pour l'instant été entreprise, cependant les tissus qui bordent la blessure sont profondément modifiés : les larges lacunes du parenchyme sont obstruées sur une profondeur d'environ 25 mm. Un tissu superficiel protecteur s'est formé afin de mettre en place une barrière sclérifiée. Ce tissu de réaction à la blessure présente une épaisseur supérieure à l' « écorce » traditionnellement observée autour du stipe (zones non traumatisées).

Il est à souligner que la base de ce stipe (du niveau du sol jusqu'à environ 40 cm) était en état de décomposition avancée et que le cylindre central présentait des traces de mycélium (Fig. 8 B). Cependant aucune corrélation entre la blessure et l'attaque par les champignons ne peut être confirmée ni infirmée.

**Fig. 8.** Cicatrisation chez *Gaussia* sp. A. Coupe transversale saine située à 90 cm du sol. B. coupe transversale présentant un début d'attaque par des champignons (pourrissement) à 40 cm du sol. C–D. Cicatrice après une blessure à environ 70 cm du sol. Les tissus adjacents à la blessure sont modifiés (cf. texte), formation d'une zone superficielle protectrice sclérifiée. Échelle : A–C, 5 cm ; D, 3 cm.

(Wound reaction in stem of *Gaussia* sp.)



## DISCUSSION

Weiner et Liese (1995) montrent clairement que les palmiers présentent des moyens de cicatrisations. Mais il faut cependant replacer cette étude dans le cadre des techniques d'endothérapie (MAAF, 2012).

- ⑩ Ces auteurs ont réalisé des perforations plus petites (4×40 mm) que celles engendrées par les injections (6–8×300–400 mm) ;
- ⑩ Le nombre de perforations induits lors d'un traitement est très important : ils doivent être répartis de façon hélicoïdale autour du stipe, tous les 25–30 cm, 1,5 à 2 m sous la couronne des palmes et à différents niveaux ;
- ⑩ Dans leur protocole, aucune injection sous pression (2–3 kg/cm<sup>2</sup>) de produit phytosanitaire n'a été réalisée ;
- ⑩ Leur modèle d'étude (*Roystonea regia*) présente une anatomie différente de celle de palmier dattier, principale espèce infestée : le parenchyme de *R. regia* présente de larges lacunes alors que celui de *P. dactylifera* est compact ;
- ⑩ Le mode croissance et de mise en place du stipe de *R. regia* est sensiblement différent de ceux du palmier dattier et les processus anatomiques responsables de la croissance en diamètre du stipe ne sont pas identiques chez ces deux espèces (Thomas, 2011).

L'absence de cambium véritable chez les palmiers n'est donc pas une limite à la cicatrisation. Les phénomènes de décollement de l'écorce traditionnellement observés chez les arbres ne peuvent pas s'observer chez les palmiers qui en sont dépourvus. Ceci ne veut pas dire qu'ils ne présentent pas de tissus externes protecteurs, mais ces derniers sont essentiellement constitués par la gaine des feuilles en continuité avec les tissus du stipe et par une sclerification et subérisation des tissus les plus superficiels du cortex (l'organisation de cette zone superficielle peut également différer de cette description, celle décrite est valable pour *Phoenix*). Des questions peuvent se poser à propos du pourrissement du cylindre central. Weiner et Liese (1995) ont noté la présence de noyaux dans tous les type cellulaires hormis les éléments conducteurs (métaxylème et phloème). Les tissus peuvent donc rester vivant pendant plusieurs années et pourraient ainsi se défendre de l'attaque de champignons, mais il n'existe aucune étude sur ce sujet. J'ai cependant pu observer sur plusieurs palmiers malades, que les attaques de champignons étaient localisées à la base du stipe (*Gaussia sp.* et *Phoenix dactylifera*, Figs. 8–9).

Comme il est décrit dans la partie sur l'anatomie du stipe, il existe plusieurs types anatomiques chez les palmiers, qui reflètent différents modes de croissance. Une des différences les plus importantes à prendre en compte se situe au sein de l'organisation du parenchyme. En effet, lors d'une injection, quel est l'impact de la structure du parenchyme sur la diffusion du produit ? Cette diffusion ne sera sûrement pas identique entre un stipe à parenchyme compact et un stipe présentant des lacunes.

Weiner et Liese (1995) ont montré que la cicatrisation était plus complète au niveau de la partie apicale du palmier (absence de tylose dans les vaisseaux de la partie basale du stipe). Cependant, les travaux de Tomlinson et Zimmermann (1967, 1969) et Rudall (1991) montrent que la partie apicale est également la zone où le PTM se met en place qui permet la croissance en diamètre du stipe. Une injection dans les parties apicales serait susceptible d'engendrer des conséquences irréversibles dans la mise en place du stipe, des feuilles et des inflorescences. Il est donc très important de ne pas réaliser d'injection dans la partie apicale du palmier. Si des injections doivent être réalisées, il faut les réaliser préférentiellement sous la partie apicale (où le PTM n'a plus d'influence et où les modifications anatomiques n'ont plus lieu), dans une zone mature du stipe où la cicatrisation est complète (donc pas à la base).

**Fig. 9.** Cicatrisation chez *Phoenix dactylifera*. Photographies A. Boura.

(Wound reaction in stem of *Phoenix dactylifera*)



Ces premières recommandations ne sont que des hypothèses qu'il faut tester pour ensuite proposer la meilleure technique la moins perturbante pour la plante. Des études expérimentales devraient donc être menées pour approfondir la connaissance de la cicatrisation des palmiers suite à une injection sous basse pression de produits phytosanitaires. Sans remettre en question cette technique, de telles études permettraient la mise en place d'un protocole de bonne pratique de l'injection plus adéquat, plus performant et standardisé.

## CONCLUSION

Comme le rappellent Perry et al. (1991), les différences anatomiques et physiologiques entre les espèces rendent inappropriées toutes généralisations des techniques de traitements (« The differences in anatomy and physiology among tree species also make any generalized technology inappropriate. To use the same procedures to treat a pine tree, an oak tree, and a maple tree is anatomically and physiologically equivalent to using the same procedures to treat a chicken, a snake, and a horse. »).

Les palmiers cicatrisent et peuvent même supporter des blessures importantes (Figs. 8–9). Cependant, il faut rappeler que dans la grande majorité des cas, les cicatrisations observées résultent de blessures naturelles alors que les techniques d'injections perforent le stipe puis injectent un produit phytosanitaire sous basse pression. Même si ces techniques d'endothérapie sont de plus en plus utilisées, il serait intéressant de réaliser des études pour connaître l'effet de ces techniques sur les processus de cicatrisations décrits par Weiner et Liese (1995). Ces études permettraient de proposer des protocoles parfaitement adaptés avant d'en généraliser l'utilisation qui devraient de toutes manière se limiter à des phénomènes aigus d'invasion et de propagation de ravageurs.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ball E., 1941. The development of the shoot apex and of the primary thickening meristem in *Phoenix canariensis* chaub., with comparisons to *Washingtonia filifera* wats. and *Trachycarpus excelsa* wendl. *American Journal of Botany*, 28, 9, 820–832.
- Burkill I., 1966. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. 2<sup>e</sup> édition. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Kuala Lumpur.
- Carlquist S., 2012. Monocot Xylem Revisited : New Information, New Paradigms. *The Botanical Review*, 78, 87–153.
- Couvreur T., Forest F., Baker W. J., 2011. Origin and global diversification patterns of tropical rain forests : inferences from a complete genus-level phylogeny of palms. *BMC Biology*, 9, 1 44.
- Créé L., 1892. Recherches sur les Palmiers silicifiés des terrains crétacés de l'Anjou. *Bulletin de la Société d'Études scientifiques d'Angers*, 21, 97–103.
- Dransfield J., Uhl N., Asmussen-Lange C. B., Baker W. J., Harley M. M., Lewis C. E., 2008. *Genera Palmarum : The Evolution and Classification of Palms*. 2<sup>e</sup> édition. Kew Publishing, Kew.
- MAAF [Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt], 2012. *Protocole du dispositif expérimental de mise en œuvre de l'injection dans le cadre de la lutte obligatoire contre le charançon rouge du palmier*. Note de service DGAL/SDQP/N2012-8071.
- Monoyer A., 1924. Anatomie du *Cocos botryophora*. *Mémoires de la classe des sciences, Académie Royale de Belgique. Collection in 8vo. Sér. 2, 8, 1–44*.
- Parthasarathy M., Klotz, L. H., 1976. Palm “Wood” – ii. Ultrastructure Aspects of Sieve Elements, Tracheary Elements and Fibers. *Wood Science and Technology*, 10, 247–271.
- Perry T. O., Santamour F. S., Stipes R. J., Shear T., Shigo A. L., 1991. Exploring alternatives to tree injection. *Journal of Arboriculture*, 17, 8, 217–226.

- Rudall P. J., 1991. Lateral meristems and stem thickening growth in Monocotyledons. *Botanical Review*, 57,2, 150–163.
- Schoute J., 1912. Über das Dickenwachstum der Palmen. *Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg*, 2<sup>e</sup> Série, 11, 26, 1–209.
- Shigo A. L., 1994. *Tree anatomy*. Shigo and trees Association, Durham.
- Sun Q., Rost T. L., Matthews M. A., 2008. Wound-induced vascular occlusions in *Vitis vinifera* (Vitaceae) : Tyloses in summer and gels in winter. *American Journal of Botany*, 95, 12, 1498–1505.
- Thomas R., 2011. *Anatomie comparée des palmiers : Identification-assistée par ordinateur, Applications en paléobotanique et en archéobotanique*. Thèse de doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Tomlinson P. B., 1961. Palmae. In : Metcalfe, C. *Anatomy of the Monocotyledons*, volume 2. Oxford University Press, Oxford.
- Tomlinson P. B., 1990. *The Structural Biology of Palms*. Clarendon Press, Oxford.
- Waterhouse J., Quinn C., 1978. Growth patterns in the stem of the palm *Archontophoenix cunninghamiana*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 77,2, 73–93.
- Weiner G., Liese W., 1995. Wound response in the stem of the royal palm. *IAWA Journal*, 16, 4, 433–442.
- Zimmermann, M. H., Tomlinson, P. B., 1972. The Vascular System of Monocotyledonous Stems. *Botanical Gazette*, 133, 2, 141–155.