



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD – TLEMCEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et
de l'Univers



Département d'Écologie et Environnement

Mémoire de fin d'études

Présenté par :

MAMMAD NOUR EI HOUDA KHIRA

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Écologie**

Contribution à l'étude histologique des plants d'arganier *Argania spinosa* L. Skeels

Soutenu le : 24 Juin 2025, devant le jury composé de :

Président :	BABALI Brahim	MCA	Université de Tlemcen
Encadrant :	KECHAIRI Reda	MCA	Université de Tlemcen
Examinatrice :	GHALEM Sarra	MCB	Université de Tlemcen

Remerciement

Tout d'abord, je remercie Allah de m'avoir donné la santé et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de cette formation de master et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

- ❖ Je remercie Monsieur KECHAIRI REDA (MCA) à la faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers de l'université de Tlemcen. Qui m'a encadré dans ce travail.**
- ❖ Je remercie Monsieur BABALI BRAHIM (MCA), pour l'honneur qu'il m'a fait d'accepter de présider ce jury.**
- ❖ Je remercie Madame GHALEM SARRA (MCB) d'avoir accepté d'examiner ce travail et faire partie de ce jury.**

Dédicace

Je rends grâce à Dieu, le tout –puissant, pour sa guidance, sa miséricorde et la force qu’il nous a accordée pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce travail à mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leur soutien constant. Sans vous, rien n’aurait été possible.

À mes amis, surtout Dounia merci pour votre présence vos encouragements et vos précieux Moments de partage. Vous avez été une source de motivation tout au long de ce chemin.

Table des Matières

Introduction Générale	1
Chapitre 1	4
Sou-chapitre 1 : Considérations bibliographiques sur l'arganier	4
1. Aperçu historique	5
2. Classification	5
3. Distribution géographique	5
4. Caractères botanique.....	6
4.1. Feuille.....	6
4.2. Fleur	7
4.3. Fruit.....	7
4.4. Rameaux.....	8
4.5. Écorce.....	8
4.6. Racine.....	8
4.7. Bois	9
5. Écologie.....	9
6. Exigences climatiques	10
7. Conditions édaphiques.....	10
8. Phénologie	10
9. Intérêts et usages.....	10
9.1. Protection de l'environnement	10
9.2. Production de bois.....	11
9.3. Production pastorale.....	11
9.4. Production de l'huile	11
Sous-chapitre 2 : Histologie végétale	12
1. Étude histologie	13
1.1. Classification des tissus végétaux.....	13
1.1.1. Méristèmes primaires	13
1.1.2. Méristèmes racinaires.....	13
1.1.3. Méristèmes caulinaires.....	14
1.1.4. Méristèmes secondaires	14
1.2. Types des tissus végétaux	15
1.2.1. Tissus fondamentaux.....	15

1.2.2.	Tissus protecteurs	15
1.2.3.	Tissu de soutien	16
1.2.4.	Tissus conducteurs	16
1.2.5.	Tissus sécréteurs	17
1.2.6.	Tissus conducteurs secondaire	17
1.3.	Anatomie des coupes histologiques	17
1.3.1.	Stomates	18
1.3.2.	Tige	18
1.3.3.	Feuilles	18
1.3.4.	Racine.....	18
1.4.	Particularités histologiques de l'arganier.....	19
Chapitre 2	.....	20
Matériel et méthodes	.....	20
1. Méthodologie.....	.....	21
1.1. Préparation de rouge carmin .....	.....	21
1.2. Préparation des coupes.....	.....	22
2. Double coloration des coupes.....	.....	22
2.1. Méthode de travail .....	.....	22
2.2. Montage des coupes et observation au microscope .....	.....	23
Chapitre 3 .....	.....	24
Résultats et discussion.....	.....	24
1. Observation des tissus.....	.....	25
1.1. Tissus de la tige.....	.....	25
1.2. Tissus de la feuille .....	.....	25
2. Étude histométrique .....	.....	27
3. Histogrammes .....	.....	29
3.1. Racine .....	.....	29
3.2. La tige .....	.....	31
3.3. La feuille .....	.....	32
Conclusion Générale.....	.....	34
Références .....	.....	37

Liste de figures

Figure 1: Localisation géographique de l'arganeraie de Tindouf (Kechairi, 2018).	6
Figure 2: Rameau feuillé d'arganier (Kechairi, 2009).	6
Figure 3: Composition florale et boutons floraux d'arganier (Kechairi, 2018).	7
Figure 4: Fruits et amendons d'Argania spinosa (Kechairi, 2018).	8
Figure 5: Système racinaire d'arganier, sur lit d'oued limono-sablonneux à oued El-Ma (a) ; et entre les fissures gréseuses à Targant (b) (Kechairi, 2018).	9
Figure 6: Types du tronc de l'arganier (Kechairi, 2018). Tronc entrelacé d'écore lisse (a) ; tronc Ardif en dépérissement (b) ; coupe sur tronc d'écorce écailleux (c) ; gros tronc Ardif enlacé (d)	9
Figure 7: A, Produits utilisés ; B, Microscope optique ; C, Préparation de rouge carmin	21
Figure 8: Différentes étapes des coupes d'histologie, (A) : Échantillon ; (B) : les coupes dans d'eau distillé ; (C) : les coupes dans eau de javel ; (D) : les coupes après acide acétique ; (E) : les coupes après bleu de méthylène ; (F) : les coupes dans le rouge	23
Figure 9: Observation microscopique d'une coupe histologique de tige d'arganier (Mammad,	25
Figure 10: Vue d'ensemble d'une coupe histologique de la feuille d'arganier (Mammad, 2025)	26
Figure 11: Observation microscopique des stomates au niveau de l'épiderme de la feuille d'arganier (Mammad, 2025)	26
Figure 12: Vue d'ensemble d'une coupe histologique au niveau de racine d'arganier (Mammad, 2025)	27
Figure 13: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la racine d'arganier.	30
Figure 14: Comparaison histométrique entre le xylème et le phloème de la racine d'arganier.	30
Figure 15: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la tige d'arganier.	31
Figure 16: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la tige d'arganier.	32
Figure 17: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la feuille d'arganier	32
Figure 18: Comparaison histométrique des xylème et phloème des feuille d'arganier.	33

Liste des Tableaux

Tableau 1: Mesures histométriques (en μm) des tissus de la racine de l'arganier.	27
Tableau 2: Mesures histométriques (en μm) des tissus de la tige d'arganier.	28
Tableau 3: Mesures histométriques des tissus de la feuille d'arganier.	29

Résumé

L'arganier, *Argania spinosa*, espèce endémique du sud-ouest algérien. Il joue un rôle écologique et socio-économique majeur. Cette étude a pour objectif d'observer l'anatomie histologique des jeunes plants d'arganier. Elle a porté sur différents organes de la plante (feuille, tige, racine), analysés par microscopie optique. Les résultats montrent une organisation typique des tissus étudiés, avec des particularités notables telles que la présence d'une cuticule épaisse, témoignant de son adaptation à des conditions arides, avec un épiderme protecteur entouré suivi d'un parenchyme, des tissus vasculaires et un tissu central de moelle bien développés. Cette architecture tissulaire confère à l'arganier une adaptation efficace aux conditions climatiques sévères. La densité des tissus et la structure racinaire profonde contribuent à sa survie en milieu aride, tout en facilitant ses fonctions physiologiques comme la conduction de la sève et la protection contre la déshydratation avec un nombre des stomates d'environ 13,4 pores /mm².

Mots-clés : Arganier, histologie, tige, racine, feuille, stomates, Algérie.

Introduction Générale

En raison de sa position biogéographique favorable et de son étendue entre la méditerranée et l'Afrique subsaharienne, l'Algérie est reconnue comme un pays riche en diversité taxonomique (Bensenousi, 2022). La flore en Algérie a un potentiel considérable en matière de plantes médicinales et Aromatiques, comprenant de nombreuses espèces endémiques (Quezel et Santa, 1963). En fait, la stratégie nationale de la conservation de la biodiversité sert à sauvegarder les ressources phylogénétiques, dont une grande partie est à terme en danger d'extinction, c'est le cas de l'arganier (Chouaki *et al.*, 2006).

L'arganier *Argania spinosa*, espèce emblématique et menacée par la disparition. Il s'adapte bien aux sols pauvres dans les régions arides et semi-arides. Grâce à son système racinaire robuste, il joue un rôle écologique majeur pour combattre le phénomène d'érosion (Charrouf, 1998), et la désertification.

En Algérie, l'arganier pousse de manière spontanée au nord-ouest de la wilaya de Tindouf (Baumer et Zeraïa, 1999 ; Kechairi, 2009). Il a une importance socio-économique cruciale (Peltier, 1983). C'est une espèce fourragère, fruitière et forestière, chaque élément ou produit (bois, feuille et fruits), avec plusieurs applications en cosmétiques, médecines et phytothérapie.

Notre travail, intitulé « Contribution à l'étude histologique des plants d'arganier *Argania spinosa* L. Skeels » fait partie des travaux de recherche doctorale de la thésarde Mlle Bendellaa Hadjer, visant à apporter une contribution à l'étude de la structure anatomique de quelques tissus végétaux des plantules d'arganier, à travers la caractérisation histologique notre étude s'intéresse sur les différents tissus de plantes (feuille, tige et racine). Pour parvenir à notre but, nous traiterons les chapitres suivants :

Dans le chapitre 1, nous avons visé un aperçu des données sur la distribution géographique de l'arganeraie en Algérie, sa caractérisation botanique, intérêts et usages...etc.

Dans le deuxième chapitre, nous avons abordé la définition d'histologie végétale, la structure microscopique des tissus végétaux, généralité sur les tissus végétaux et l'anatomie des coupes histologiques.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté le matériel utilisé au laboratoire et la méthode de travail usée pour la préparation des observations microscopiques.

Le dernier chapitre est consacré aux résultats obtenus.

Chapitre I

Sou-chapitre 1 : Considérations bibliographiques sur l'arganier

1. Aperçu historique

L'homme connaît et utilise les arbres d'argan depuis très longtemps. Au Xe siècle, les Phéniciens avaient recours à l'huile qu'ils fabriquaient dans leurs établissements érigés le long de la côte atlantique (Radi, 2003). Les premières références à l'arganier proviennent de géographes et de médecins arabes ayant étudié la zone du Maghreb (Ibn El-Baytar, 1292). Linné (1737) a identifié l'arganier et, à partir d'échantillons desséchés dépourvus de fleurs, fourni une description spécifique de l'espèce dans son *Hortus Cliffortianus*, en la désignant sous le nom de *Sideroxylon spinosum* L., du genre *Rhamnus* (Sapotacées).

2. Classification

Dans un premier temps, Linné (1737) a nommé l'arganier « *Sideroxylon spinosum* (L.) », appartenant au genre *Rhamnus* (Sapotacées). Raemer et Schultes (1819) ont nommé l'arganier : *Argania sideroxylon* d'après ses appellations arabes et berbères *argan* et le nom scientifique *Sideroxylon*. Il doit son nom à la dureté exceptionnelle de son bois. Leur classification actuelle est la suivante :

Règne : Végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Ebénales

Famille : Sapotacées

Genre : *Argania*

Espèce : *Argania spinosa* L. Skeels

3. Distribution géographique

L'arganier se situe dans le sud-ouest de l'Algérie, entre la Hamada du Drâa et les falaises septentrionales au nord de Tindouf (Emberger, 1924 ; Kechairi, 2009 ; Kechairi et Abdoun, 2016), où il constitue un peuplement clairsemé, à l'état dégradé, sous forme d'arbrisseaux (Chevalier, 1943 ; Kechairi, 2021). Il est également rencontré dans les lits d'oueds qui coulent à l'ouest de la Hamada du Drâa, le long de l'oued El Ma et de ses affluents : Oued El Ghahouane,

Oued Bouyadhine et Oued El Khebi, aux alentours du point 28°N et 8°W (Slimani, 1996 ; Benaradj, 2000 ; Kouadri, 2003 ; Kechairi, 2009, 2018) (Figure 1).

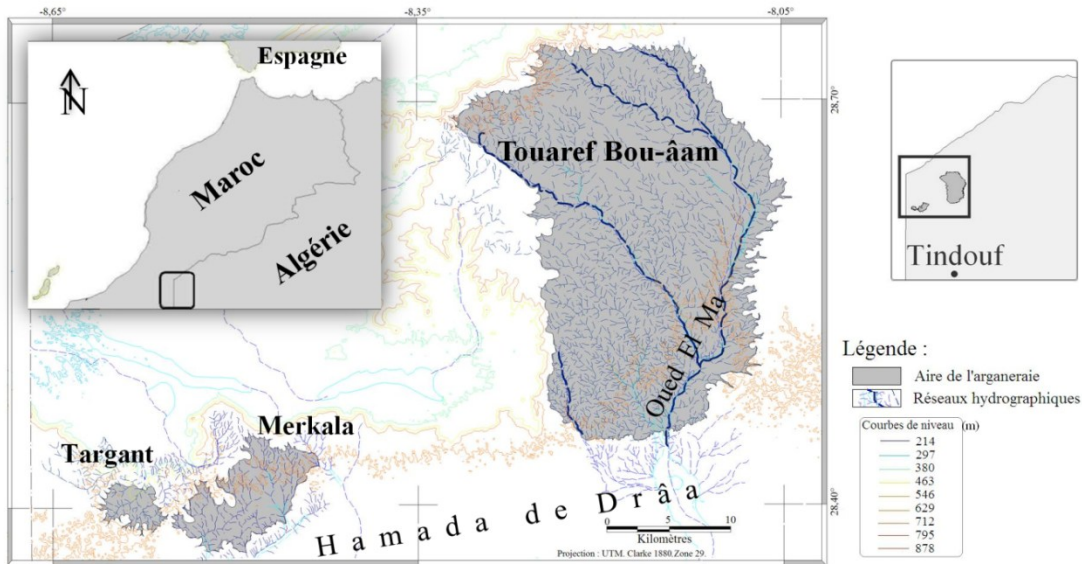


Figure 1: Localisation géographique de l'arganeraie de Tindouf (Kechairi, 2018).

4. Caractères botanique

4.1. Feuille

Les feuilles sont sub-persistantes, alternées, souvent réunies en fascicules lancéolés, atténuées en un pétiole, avec une nervure médiane très nette et des nervures latérales très fines et ramifiées (Figure 2). Elles sont de couleur vert sombre sur la face supérieure, plus claire en dessous. La fleur, pentamère, est hermaphrodite et variable. Les rameaux peuvent être épineux ou non (Kechairi, 2009).

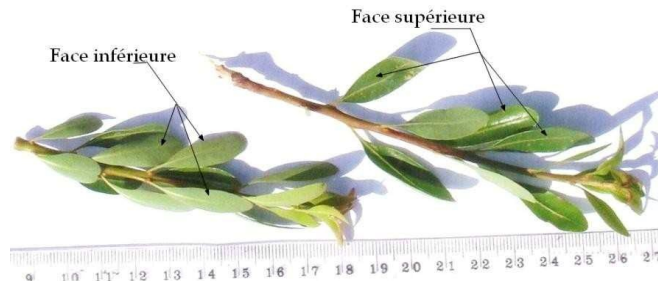


Figure 2: Rameau feuillé d'arganier (Kechairi, 2009).

4.2. Fleur

Selon Boudy (1952), le calice et la corolle gamopétale à lobes imbriqués sont respectivement constitués de cinq sépales et de cinq pétales. L'androcée est formé de cinq étamines à filets courts. L'ovaire ovoïde comprend cinq carpelles et loges. Les ovules sont basiliaires ou axiaux, surmontés d'un style conique ne renfermant que 2 ou 3 carpelles uniovulés (Figure 3).

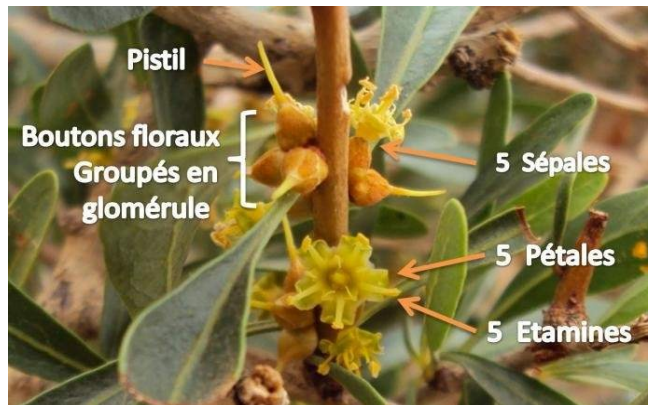


Figure 3: Composition florale et boutons floraux d'arganier (Kechairi, 2018).

4.3. Fruit

Le fruit est une baie composée d'une ou plusieurs amandes. Il se compose de cartilage hyalin, de mésocarpe et d'endocarpe (Kenny, 2007). La pulpe grasse renferme un noyau particulièrement dur qui abrite généralement 2 à 4 cavités, lesquelles contiennent des amandes, aussi connues sous le nom local d'amendons. Les graines, qui peuvent également se lier entre elles, possèdent une enveloppe qui se renforce intensément et de manière atypique, imitant la structure d'un noyau (Bellefontaine *et al.*, 2011) (Figure 4).

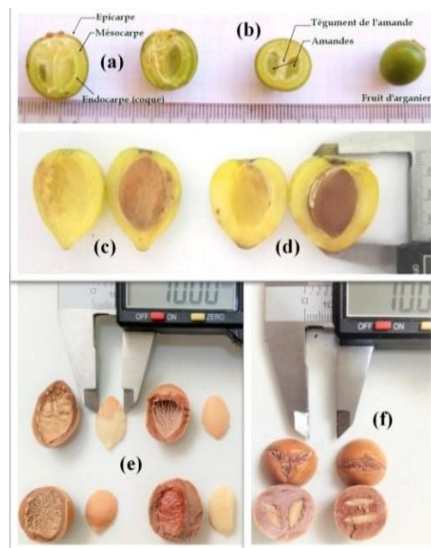


Figure 4: Fruits et amandons d'*Argania spinosa* (Kechairi, 2018).

4.4. Rameaux

Les branches présentent des épines, et certaines d'entre elles peuvent même donner naissance à de nouveaux rameaux. D'autres, en revanche, sont des structures plus traditionnelles avec un bourgeon apical (Challot, 1988).

4.5. Écorce

L'écorce de l'arganier est crevassée, prend la forme de « peau de serpent ». Sur le tronc et les grosses branches (Kechairi, 2009).

4.6. Racine

Les racines de l'arganier sont pivotantes, traçant sur des substrats rocheux ; ce qui permet à l'espèce de s'adapter à des conditions écologiques sévères. Les racines portent des endomycorhizes à arbuscules (Nouaim et Chausso, 1991 ; Kechairi, 2009) (Figure 5).



Figure 5: Système racinaire d'arganier, sur lit d'oued limono-sablonneux à oued El-Ma (a) ; et entre les fissures gréseuses à Targant (b) (Kechairi, 2018).

4.7. Bois

Le bois du tronc de l'arganier est extrêmement dur, pesant, dense et incassable, ce qui lui a valu l'appellation de « bois de fer » (Baba Aïssa, 1999) (Figure 6).

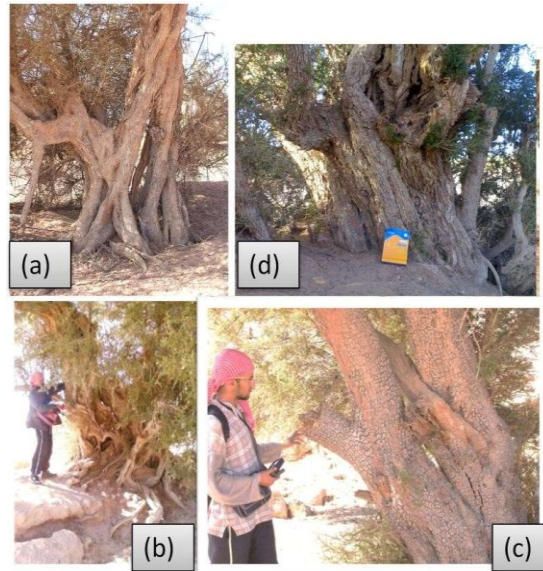


Figure 6: Types du tronc de l'arganier (Kechairi, 2018). Tronc entrelacé d'écorce lisse (a) ; tronc Ardif en dépérissement (b) ; coupe sur tronc d'écorce écailleux (c) ; gros tronc Ardif enlacé (d)

5. Écologie

Mokhtari (2002) a indiqué que l'arganier est une espèce qui aime la sécheresse et la chaleur. Il s'adapte ainsi aux effets du vent qui accentue l'aridité. Son adaptabilité réside dans sa capacité à puiser l'eau à de grandes profondeurs, et non dans une réduction de sa consommation d'eau. Durant les phases de sécheresse, la croissance de quelques branches est ralentie (El Aboudi *et al.*, 1991). Selon Boudy (1950), plus une région forestière est aride (niveau aride et semi-aride), plus

la densité de ses forêts matures diminue, car les racines nécessitent un vaste espace pour extraire l'eau du sol.

6. Exigences climatiques

Deux indicateurs climatiques permettent de caractériser les exigences de l'arganier :

- **La pluviométrie** : cet arbre prospère idéalement avec 500 mm de précipitations annuelles. Cependant, dans certaines zones comme le Sahara, une moyenne de 120 mm par an semble suffisante à son épanouissement (Miloudi, 2006).
- **La température** : bien que l'arganier puisse tolérer une chaleur allant jusqu'à 50 °C, il ne supporte pas le gel, et sa température minimale de survie doit être d'environ 3 °C (Nouaim *et al.*, 1991, Djebbouri *et al.*, 2024).

7. Conditions édaphiques

En ce qui concerne les conditions édaphiques, l'arganier n'a aucune exigence particulière vis-à-vis du type de sol (Gentil, 1906). Cette espèce se développe sur des substrats variés (calcaires, marnes, argiles rouges triasiques, schistes, flyschs, etc.), mais elle craint toutefois les sables mobiles, qui engendrent un décapage des racines (Boudy, 1950 ; Rieuf, 1962). Philippe (1960) signale qu'un sol très analogue est observé sous la forêt steppique d'arganier.

8. Phénologie

La défoliation est le trait phénologique le plus remarquable de l'arganier. Certains sujets isolés, voire des sections entières, perdent leurs feuilles, et l'arbre met un certain temps à retrouver son aspect initial lorsque les conditions deviennent favorables (Emberger, 1938 ; Boudy, 1950). L'observation mensuelle des stades phénologiques de l'arganier de Tindouf et Adrar en Algérie montre un cycle bisannuel qui comprend une floraison retardée des boutons floraux durant la période estivale la plus chaude de l'année (Kechairi *et al.*, 2018).

9. Intérêts et usages

9.1. Protection de l'environnement

L'arganier joue un rôle essentiel dans la préservation de l'environnement. Il participe à la stabilisation des sols et protège contre l'érosion causée par l'eau et le vent, qui risquent de

transformer une large portion de la région en désert, grâce à son système racinaire puissant (Charrouf, 2007). De plus, il peut favoriser une production agricole importante dans des conditions climatiques difficiles, grâce à son effet d'ombrage et à l'amélioration du sol par apport de matière organique (par la chute des feuilles) (Charrouf, 2000). Par conséquent, l'arbre est considéré comme une barrière naturelle contre la désertification (Ottmani, 1995).

9.2. Production de bois

En raison de sa densité et de sa combustion lente, le bois d'arganier constitue un charbon de meilleure qualité que celui du chêne vert. Il est utilisé pour l'édification de charpentes, travées, araires, serrures, manches d'instruments agricoles, tuteurs et clôtures, grâce à son tronc et à ses branches particulièrement robustes, malgré leur aspect noueux (Bellakhdar, 1997).

9.3. Production pastorale

Les feuilles de l'arganier constituent un véritable pâturage en hauteur pour les dromadaires et les chèvres. La chair des fruits secs sert également à nourrir les animaux. Le tourteau issu de l'extraction de l'huile est aussi utilisé comme supplément énergétique pour l'engraissement des bovins (Radi, 2003). D'après Hawa (2007), la production pastorale moyenne issue de l'arganeraie est estimée à 200 unités fourragères par hectare et par an, ce qui correspond approximativement à 174 millions d'unités fourragères ou 1 740 000 quintaux d'orge.

9.4. Production de l'huile

Aujourd'hui, l'huile d'argan est largement appréciée à l'échelle internationale. En tant que produit cosmétique, elle est devenue particulièrement chère (Aboudrare *et al.*, 2009 ; Kechairi et Khodja-Redjem, 2021). On distingue deux sortes d'huile d'argan : l'huile alimentaire, obtenue à partir des amandons grillés, et l'huile cosmétique, dérivée des amandons non grillés (Gharby *et al.*, 2012 ; Kechairi, 2018).

Chapitre I.

Sous-chapitre 2 : Histologie végétale

1. Étude histologie

Le terme histologie a une origine étymologique signifiant science des tissus, Provenant Du grec « Histo », signifiant « tissus », et « logos », désignant « science ». Selon Crète (1965), l'histologie est l'étude des regroupements cellulaires au sein des tissus.

L'histologie végétale, qui est branches de la biologie végétale se focaliser sur l'examen de la structurer des tissus végétaux à l'échelle microscopique. Cette branche fournit un socle essentiel pour l'étude de la physiologie (Lesson et Lesson, 1980).

L'observation microscopique des organes permet de révéler l'arrangement et les structures internes des plantes primaires et secondaires, de différents organes, ainsi que leurs transformations ou ajustements. Elle reste un des piliers essentiels de la biologie végétale. En outre elle facilite la réalisation de comparaisons concrètes entre les végétaux contemporains (Mehenni *et al.*, 1986).

Un tissu est constitué d'un ensemble de cellules partageant une même provenance embryonnaire, présentant des caractéristiques communes et étant différemment différenciées afin d'accomplir une fonction spécifique, les tissus peuvent être classés en différentes catégories basées sur leur structure ou leur fonction (Bouzid, 2017).

1.1. Classification des tissus végétaux

1.1.1. Méristèmes primaires

Ces méristèmes se trouvent à l'extrémité des tiges (méristème caulinaire) et des racines (méristème racinaire), jouant un rôle crucial dans la croissance longitudinale. L'embryon des Angiospermes contient déjà les prémices des futurs méristèmes de tige et de racine. L'activité des Méristèmes primaires conduit à la formation des divers tissus.

Les cellules du méristème primaire ont une petite taille et isodiamétriques. Elles sont complètement Jointives (sans méats). Elles ont un noyau central qui prend une place significative dans le Volume cellulaire. Le système vacuolaire est diminué et composé de très petites vacuoles qui Sont soit sphériques, soit agencées en un réseau extrêmement fin. Il y a une grande quantité de Mitochondries et aucune plaste différenciée n'existe (Boncompagni, 2017).

1.1.2. Méristèmes racinaires

L'extension des racines se produit à partir de leur extrémité au méristème racinaire, qui est Exclusivement histogène. Il ne génère pas d'organes latéraux, donc il n'est pas organogène. On

Note une zone quiescente (sans activité de division cellulaire) entre cette dernière et les poils Absorbants. Un champ de multiplication ou de division, situé juste au-dessus de la coiffe englobe le méristème qui en résulte. Une zone d'allongement, située au-dessus de la région de division cellulaire, fait en sorte que les cellules du méristème s'étendent, favorisant ainsi l'enfoncement de la racine dans le sol. Avant d'achever leur développement, les cellules commencent leur processus de spécialisation dans une zone de différenciation (Bruno, 2014).

Les racines latérales se développent de façon interne à une certaine distance de l'apex, à partir du Péricycle (une couche cellulaire localisée entre l'écorce et la stèle). Le péricycle est à l'origine des ramifications de la racine. Le fonctionnement et la structure des ramifications sont semblables à ceux du méristème apical racinaire (Labreche, 2004).

1.1.3. Méristèmes caulinaires

Le méristème caulinaire (situé dans la tige) est chargé de la construction de la partie aérienne de la plante. Il produit des cellules qui, à travers leur multiplication et différenciation, formeront les tiges, les feuilles, les bourgeons axillaires et floraux. Par conséquent, il est histogène et Organogène. De façon totalement répétée et indéfinie, jusqu'à ce que la plante meure (Chassany *et al.*, 2014).

1.1.4. Méristèmes secondaires

Les méristèmes secondaires garantissent le développement des organes en largeur et sont composés de deux couches génératrices :

- Couche génératrice subéro-phellodermique ;
- Couche génératrice libéroligneuse (Ferra, 1980).

1.1.4.1. Assise génératrice subéro-phéllodermique (phéllogène)

Il s'agit de la couche secondaire la plus extérieure. Elle s'installe au sein de la densité du parenchyme cortical. Vers l'intérieur, le phellogène génère un parenchyme secondaire appelé phelloderme, tandis que vers l'extérieur, il produit un tissu défensif connu sous le nom de suber ou liège (Rfece *et al.*, 2012).

1.1.4.2. Assise génératrice libéroligneuse (cambium)

Elle constitue l'assise secondaire la plus interne, se mettant en place selon une ligne qui traverse entre le xylème et le phloème primaires. Le cambium produit de nouvelles cellules disposées radialement par le biais de divisions tangentielles. Celles localisées à l'intérieur se transforment

en bois ou en xylème secondaire, tandis que celles positionnées vers l'extérieur se développent en liber ou phloème secondaire (Emille,1901).

1.2. Types des tissus végétaux

1.2.1. Tissus fondamentaux

Ils sont constitués de parenchyme, aussi appelé tissu de remplissage, un type de tissus formé de cellules vivantes, généralement en grande quantité, affichant une diversité dans leur niveau de différenciation. Il n'est pas rare que la vacuole soit à la fois unique et essentielle. Des plasmodesmes favorisent une circulation symplasmique. On trouve Principalement les parenchymes au niveau :

- Des tiges (présentant une concentration faible a modérée de chlorophylle) et des Racines (exemptes de chlorophylle) : On le trouve soit en position centrale (parenchyme médullaire), soit en position périphérique (parenchyme cortical).
- Des feuilles il est observé une différence entre un parenchyme palissadique (partie supérieure) et un parenchyme lacuneux (partie inférieure, bourrée de vides aériens) (Berthet, 2006).

1.2.2. Tissus protecteurs

La plante a besoin de tissu de protection contre les évaporations trop importantes, les Blessures, les agression extérieur ainsi que la chaleur...etc. parmi ces tissus on compte l'épiderme, l'assise pilifère (Visoflora, 2009).

1.2.2.1. Épiderme

C'est l'assise de revêtement des sections aériennes. Il se compose d'une unique couche de cellules dont la paroi cellulosique externe est souvent renforcée, voire transformée en bois, et est Recouverte d'un film lipidique (cutine et cires) plus ou moins nette, appelée cuticule. Des Couples de cellules ovoïdes ou stomates localement servent de points d'échanges avec L'environnement extérieur (Boutin et *al.*, 2010). Un épiderme est une couche ininterrompue de cellules qui enveloppe les parenchymes des organes aériens comme les feuilles, les tiges jeunes, les éléments floraux et les fruits. En termes Généraux, l'épidermes qui offrent une protection contre la déshydratation, et de stomates qui Facilitent les échanges de gaz. Le niveau des stomates représente du tissu épidermique, Généralement présentes sur le côté inférieur des feuilles, qui abritent les stomates, responsables de la transpiration de la plante (Yves *et al.*, 2005).

1.2.2.2. **Suber**

Tissus constitués de cellules mortes imprégnées de subérine, qui offre une imperméabilité et une protection (Esau, 1977).

1.2.3. **Tissu de soutien**

Bien que chez la majorité des plantes, leur forme et la stabilité de leur structure reposent sur les pressions hydrostatiques appliquées contre la paroi ou sur l'existence de tissus vasculaires lignifiés, certains tissus ont pour fonction principale d'agir comme éléments de renforcement ou de soutien. Le collenchyme et le sclérenchyme constituent les deux tissus de soutiens majeurs. Les cellules du collenchyme peuvent être vues comme des cellules parenchymateuses, dédiées à soutenir les tissus jeunes. En revanche, les cellules du sclérenchyme sont dispersées dans la plante, aussi bien dans les tissus primaires que secondaires.

On distingue deux catégories de sclérenchyme, les sclérites (également appelées cellules scléreuses) et les fibres (William et Hopkin, 2003). Selon Breuil (2007), le collenchyme est fréquemment situé sous l'épiderme et le sclérenchyme se présente dans les parties de la plante qui ne connaissent plus d'allongement.

1.2.4. **Tissus conducteurs**

Tous les végétaux vasculaires, des fougères Angiospermes, disposent de tissus conducteurs qui assurent le transport de l'eau et d'autres substances absorbées, ainsi que des divers produits issus de la photosynthèse vers l'ensemble des parties de la plante. Il existe deux types de tissus conducteurs : phloème et le xylème.

1.2.4.1. **Xylème**

Le xylème transporte de la sève brute (eau et sels minéraux), qui est absorbée par les racines, à travers toute la plante, se réalise au sein du système vasculaire, via des spécialisées rigides, lignifiées et exemptes de protoplasme, connues sous le nom d'éléments conducteurs : les trachéides, propres aux gymnospermes, et les vaisseaux, propres à la plupart des angiospermes (Esau, 1977). Sur le plan évolutif, les trachéides représentent les premières cellules de conduction de l'eau chez les végétaux (Carlquist, 2001).

1.2.4.2. **Phloème**

Le phloème est un tissu complexe qui transporte la sève dite élaborée ou nutritive (riche en sucres provenant des organes photosynthétique) vers les autres organes pour favoriser leur croissance ou permettre leur stockage. Le phloème se compose de :

- Tubes criblés formés de cellules étendues, actives mais dépourvues de noyau, dont les parois transversales sont percées et à travers lesquelles la sève circule. Entre ces cellules, on trouve des cellules plus petites ; cellules compagnes, vivantes et nucléées qui jouent un rôle primordial dans la régulation des échanges entre les tubes criblés et les organes végétaux ;
- Cellules lignifiées, sclérides et cellules parenchymateuses capables d'accumuler des composés organiques (sucres, etc.) ;
- Fibres de soutien (Rober et Catesson, 1990 ; Citovsky et Zambryski, 2000 ; Oparka et Cruz, 2000 ; Van Bel *et al.*, 2002 ; Dinant, 2008 ; Van Bel et Hess, 2008) ;

1.2.5. Tissus sécréteurs

Il s'agit de tissus spécialisés dans la synthèse et la sécrétion de diverses substances (comme les essences, le latex, etc.). Ces tissus ont la capacité d'amasser les substances produites à l'intérieur de leurs cellules ou de les expulser hors de cellule-ci vers des cavités situées dans les organes, ce qui est le mécanisme de l'excrétion des substances sécrétées. Il existe deux types de tissus sécréteurs distincts :

- Tissus producteurs externes tels que l'épiderme et les poils sécréteurs.
- Tissus internes sécréteurs tels que les poches et les canaux de sécrétion (Speranza *et al.*, 2005)

1.2.6. Tissus conducteurs secondaire

Ce sont des tissus qui transportent la sève brute et élaborée dans la plante. Ils sont issus du fonctionnement des méristèmes secondaires libéro-ligneux ou cambium, et donc présents dans les organes matures des angiospermes dicotylédones (tige, feuille et racine). La zone génératrice produit deux tissus conducteurs secondaires : le liber (phloème secondaire) qui s'oriente vers l'extérieur et le bois (xylème secondaire) qui se dirige vers l'intérieur (Sadine, 2012).

1.3. Anatomie des coupes histologiques

La plante présente une structure assez simple : les racines, les tiges et les feuilles. L'anatomie (ana = à travers ; tomie = section) concerne l'examen de la structure interne de la plante, c'est-à-dire l'organisation des tissus en relation avec les organes, l'âge des individus et les taxons. On associe souvent l'anatomie à la microscopie, bien qu'il existe certaines subtilités. Donc, l'examen de la surface végétale (par exemple, poils ou autres cellules épidermiques) se réalise au microscope, mais cela ne constitue pas véritablement de l'anatomie. En revanche, en dendrologie

(l'examen des anneaux de croissance des arbres), il est possible d'effectuer de l'anatomie sans utiliser un microscope (Chicouene, 2000).

1.3.1. Stomates

Au sein des cellules stomatique, deux grandes cellules renfermant des chloroplastes, connues sous le nom de cellules de garde, se trouvent dans l'épiderme constitué de cellules dépourvues de chlorophylle. Leur section commune montre un épaissement cellulosique qui permet leur déformation lorsque l'eau arrive suite à une hausse soudaine de pression osmotique dans l'environnement cellulaire. Les cellules de gardes, qui étaient initialement jointes lors de la plasmolyse, se déforment lorsqu'elles sont en état de turgescence et créent un espace entre elles, formant ainsi un pore connu sous le nom d'ostiole. Cette ouverture restreint le passage de l'air vers les chambres stomatiques du parenchyme lacuneux, ils ont catégorisé les types de stomates selon le nombre, la forme, la dimension et l'organisation des cellules associées (Metcalf et Chalk.1957).

1.3.2. Tige

La tige est la partie de l'axe qui est généralement aérienne et supporte les organes d'assimilation que l'on nomme les feuilles. Cependant, chez de nombreuses plantes pérennes, une portion de la tige persiste dans le sol où elle stocke des nutriments de réserve pendant l'hiver, permettent ainsi à la plante de produire de nouvelles tiges au printemps. On distingue donc deux types de tiges : les tiges qui sont en surface. On désigne sous le terme de souche la partie basale de la tige, généralement élargie, qui est enfoncée dans le sol et à partir de laquelle les faisceaux racinaires se développent (Frineau et Gaudry, 2006).

1.3.3. Feuilles

Une feuille complète se compose de trois éléments : la gaine, qui s'élargit à sa base où elle se fixe autour du nœud en englobant plus ou moins la tige comme un fourreau ; le pétiole, une prolongation mince qui peut être plus ou moins étendue ; et le limbe, une plaque verte aplatie qui constitue la partie principale de la feuille (Philippe, 1891).

1.3.4. Racine

On considère généralement qu'il s'agit d'un organe souterrain spécialisé dans l'absorption d'eau et de minéraux, tout en assure une fonction d'ancrage. Les tissus de soutien y sont peu développés et les parenchymes chlorophylliens sont généralement absents, étant remplacés par des parenchyme de réserve qui accumulent souvent de l'amidon. Les racines se prolongent en

longueur grâce à l'activité des méristèmes apicaux ou primaires, racinaires. Dans une racine dotée de structures primaires, seuls les tissus primaires sont présents, provenant du méristème primaire (Lahouari, 2020).

1.4. Particularités histologiques de l'arganier

L'arganier montre des modifications histologiques notables dans les environnements arides (Bani-Aameur et Ferradous, 2001) :

Le parenchyme cortical renferme du mucilage qui permet la conservation de l'eau (Boulli *et al.*, 2001).

Selon Schweingruber *et al.* (2001), le sclérenchyme se trouve en grande quantité sous l'épiderme des feuilles et dans les branches plus âgées. La densité du xylème réduit les dangers d'embolie hydraulique (Lens *et al.*, 2011).

Chapitre II

Matériel et méthode

Des observations au microscope optique des coupes histologiques qui ont été effectuées sur les tissus de la plantule d'arganier, notamment des coupes transversales sur la tige, la feuille et la racine, nous offre la possibilité d'analyser en détail la structure tissulaire de ces sections de la plante.

La qualité des observations obtenues se résulte de la technique, les moyens utilisés et de la précision des coupes. Il est en effet crucial d'effectuer des tranches fines et uniformes afin de déterminer avec précision les divers tissus. Il est tout aussi essentiel d'adopter une démarche méthodique en laboratoire pour garantir des résultats à la fois fiables et reproductibles. Pour notre étude, nous avons exploité le matériel suivant : Eau de javel ; Eau distillée ; Bleu de méthylène ; Carmin aluné ; Acide acétique à 10% (Figure 7A). Lames de rasoir ; Des verres de montre pour mettre les coupes ; Pince fine ; Lames portent objet ; Tamis pour filtrer les coupes ; Lamelles couvrent objet ; Passoire pour filtrer les coupes ; Micromètre pour effectuer les mesures histométriques ; Microscope optique pour l'observation des coupes (Figure 7B).

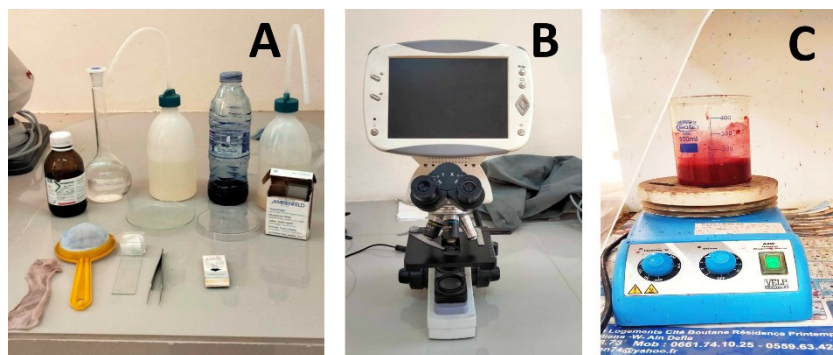


Figure 7: A, Produits utilisés ; B, Microscope optique ; C, Préparation de rouge carmin.

1. Méthodologie

1.1. Préparation de rouge carmin

La méthode que nous avons choisi dans notre laboratoire pédagogie du département d'écologie et environnement (1000 pp) consiste à préparer un dissolvant par 1 gramme de carmin 40, utilisé à l'histologie et 4 grammes d'alun de potassium dans 100 millilitres d'eau distillée. Porter à ébullition très lentement pendant un quart d'heure (Figure 7B) ; Puis laisser refroidir et passer au tamis.

1.2. Préparation des coupes

Au laboratoire, nous avons réalisé des coupes transversales fines en utilisant une lame de rasoir et la technique des coupes a été faite manuellement. Les coupes ont été effectuées sur la feuille, la tige et la racine de plantule d'arganier *Argania spinosa*. En plus, des échantillons ont aussi été prélevés de l'épiderme de dicotylédones de feuilles.

Il est nécessaire d'effectuer les coupes avec une extrême minutie, puisque la qualité de l'observation au microscope dépend de la finesse des coupes. Ces dernières ont été disposées dans des récipients remplis d'eau distillée pour prévenir leur dessiccation et préserver leur intégrité. Cela nous a permis de maintenir l'hydratation des tissus tout en facilitant les étapes ultérieures de la préparation histologique. Par la suite, les coupes les plus minces ont été choisies et soigneusement préservées pour la phase de coloration.

2. Double coloration des coupes

La méthode implique une double coloration utilisant le bleu de méthylène et le rouge carmin, ce qui facilite l'identification de deux catégories de tissus présente dans la configuration histologique de la plante :

- Le bleu de méthylène teinte en bleu les tissus lignifiés, tels que le xylème.
- Le rouge carmin aluné colore en rose les tissus qui contient la cellulose, comme le phloème.

2.1. Méthode de travail

La méthode sert à immerger les coupes sélectionnées dans un verre de montre rempli d'eau de javel pendant une durée de 10 à 20 minutes pour blancher les membranes et éliminer le contenu cellulaire. Pour éliminer l'eau de javel. Les coupes ont été rincé à l'eau distillée. Ensuite les coupes sont immergées dans de l'acide acétique pendant une durée de 5 à 10 minutes afin de fixer les colorants.

Ensuite, les coupes sont immergées dans le bleu de méthylène pour une durée de 30 secondes. Nous les avons rincés, par la suite, attentivement pour supprimer toute couleur résiduelle. Les coupes ont été mis dans le rouge carmin aluné pendant une durée de 5 à 10 minutes et ont été traité par l'eau distillée.

2.2. Montage des coupes et observation au microscope

Avec l'utilisation d'une pince, les coupes ont été positionnées entre la lame et la lamelle, puis immergées dans une goutte d'eau. Par la suite, nous avons inspecté les coupes à divers niveaux de grossissement avec un microscope optique. Cela, a pour objectif de sélectionner les coupes les plus nettes et représentatives pour l'observation. Par la suite, nous avons capturé des images et effectué des mesures à l'aide d'un micromètre (Figure 8).

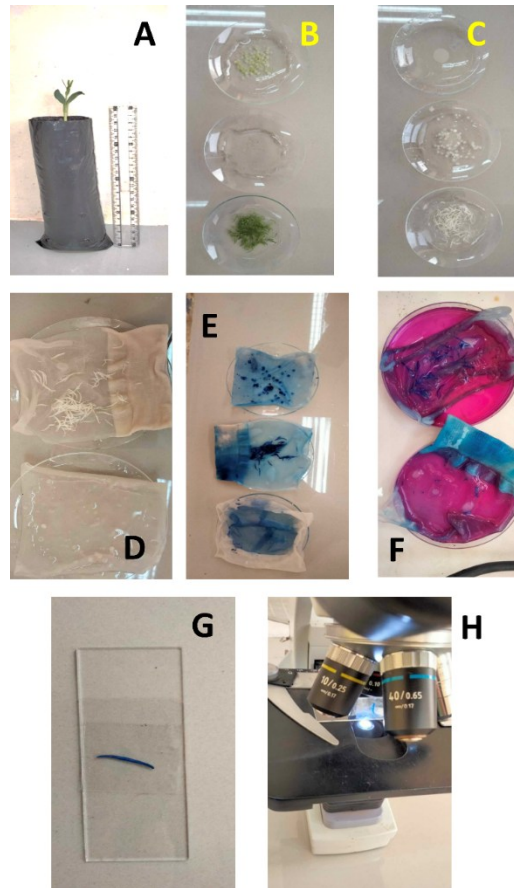


Figure 8: Différentes étapes des coupes d'histologie, (A) : Échantillon ; (B) : les coupes dans d'eau distillé ; (C) : les coupes dans eau de javel ; (D) : les coupes après acide acétique ; (E) : les coupes après bleu de méthylène ; (F) : les coupes dans le rouge (Maamad, 2025).

Chapitre III

Résultats et discussion

Les résultats obtenus de l'examen histologique des plantules d'arganier représentent une part essentielle des informations décelées au cours de notre étude et constituent le socle de ce mémoire. L'analyse microscopique des coupes transversales de tiges, feuilles et racines a révélé des différences marquées dans l'épaisseur des tissus végétaux en fonction de la dimension des coupes prélevées. Cette étude nous a permis d'avoir des dimensions structurales des tissus enregistrant des mesures micrométriques, qui offrent des données quantitatives précises sur les dimensions des divers tissus examinés.

1. Observation des tissus

1.1. Tissus de la tige

Nous avons pu examiner au microscope les tissus suivants dans les coupes de la tige de plantule d'arganier (Figure 9) :

Xylème : l'acheminement de l'eau et des minéraux des racines vers les parties aériennes de la plante se fait par ce biais. Les éléments constitutifs comprennent les trachéides, les vaisseaux, les fibres et le parenchyme.

Phloème : les sucres issus de la photosynthèse effectuée par les feuilles sont distribués aux autres sections de la plante. Son ensemble est composé de cellule criblées, tubes criblés, cellules compagnes, fibres et parenchyme.

Parenchyme : idéalement structuré pour maximiser des nutriments issus de la plante.

Moelle : positionnée au cœur de la tige, c'est un élément crucial pour retenir les nutriments.

Épiderme : constitué d'une unique couche de cellules superficielles, dont l'épaisseur peut varier.

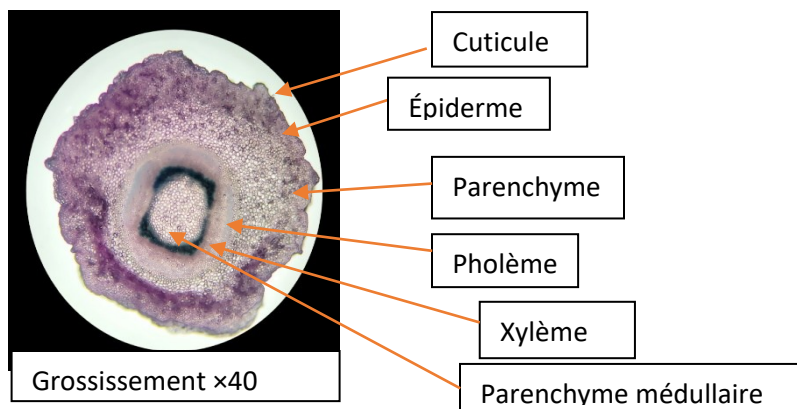


Figure 9: Observation microscopique d'une coupe histologique de tige d'arganier (Mammad, 2025).

1.2. Tissus de la feuille

Une coupe sur la feuille de plantule d'arganier a été observé au microscope optique, ce qui nous a permis de discerner les divers tissus, de l'extérieur vers l'intérieur (Figure 10) :

- **Épiderme**, partie supérieure
- **Parenchyme palissadique**, riche en chlorophylle
- **Faisceaux libéro-ligneux**, (phloème, Xylème) centraux et périphériques.

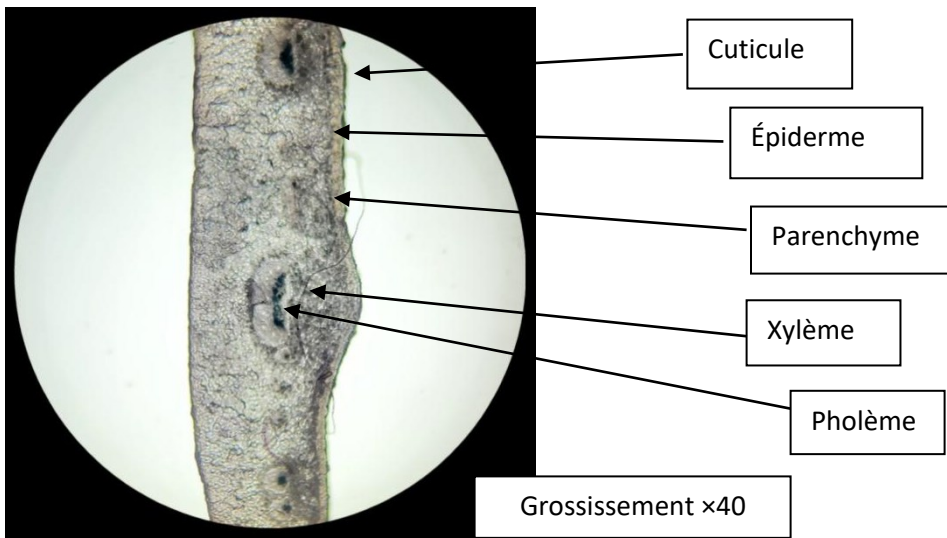


Figure 10: Vue d'ensemble d'une coupe histologique de la feuille d'arganier (Mammad, 2025).

- Les stomates

Une observation microscopique d'un l'épiderme d'une feuille, on distingue clairement plusieurs stomates, identifiables par leur forme caractéristique de petits pores entourés de cellules de garde (Figure 11).

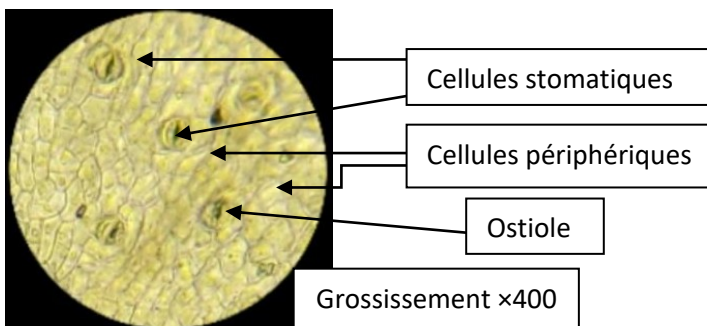


Figure 11: Observation microscopique des stomates au niveau de l'épiderme de la feuille d'arganier (Mammad, 2025).

1.3. Tissus de la racine

Une coupe transversale d'une racine observée au microscope optique montre les différents tissus correspond au central xylème et phloème et puis le parenchyme, la couche la plus externe représente l'épiderme (Figure 12).

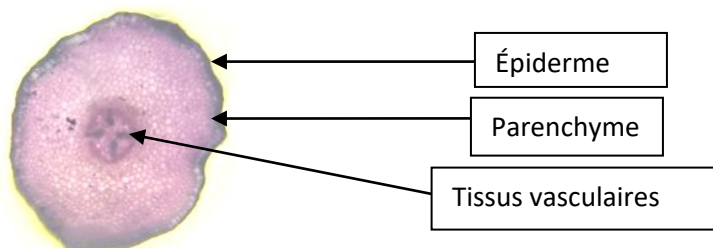


Figure 12: Vue d'ensemble d'une coupe histologique au niveau de racine d'arganier (Mammad, 2025).

2. Étude histométrique

L'analyse histométrique, qui implique la mesure et l'examen des dimension des structures tissulaires, offre des données détaillées sur l'épaisseur et la disposition des différents tissus observés. On a mesuré les tissus avec un micromètre sur 30 sections pour chaque partie des plantules étudiées (tige, feuille et racine).

D'après le tableau 1, les dimensions moyennes en épaisseur des tissus mesurés sont comme suit : épidermes (0,206666667 ; 0,073967995 μm) ; Parenchyme (1,523333333 ; 0,266112931 μm) ; Phloème (0,333333333 ; 0,10613373 μm) ; Xylème (0,286666667 ; 0,13060425 μm).

Tableau 1: Mesures histométriques (en μm) des tissus de la racine de l'arganier.

Coupes	Épiderme	Parenchyme	Phloème	Xylème
1	0,2	1,6	0,2	0,3
2	0,3	1,9	0,4	0,6
3	0,1	1,8	0,3	0,4
4	0,1	1,5	0,5	0,5
5	0,2	1,6	0,5	0,4
6	0,1	1,4	0,3	0,2
7	0,3	1,9	0,1	0,3
8	0,3	1,3	0,4	0,2
9	0,2	1,5	0,5	0,4
10	0,1	1,5	0,3	0,2
11	0,2	1,4	0,4	0,2
12	0,3	1,6	0,5	0,2
13	0,3	1	0,3	0,2
14	0,1	1,9	0,4	0,3
15	0,2	1	0,2	0,1
16	0,2	1,2	0,3	0,3

17	0,2	1,5	0,4	0,2
18	0,1	0,9	0,2	0,1
19	0,3	1,8	0,4	0,3
20	0,2	1,5	0,2	0,5
21	0,2	1,6	0,4	0,3
22	0,3	1,7	0,3	0,2
23	0,2	1,6	0,4	0,4
24	0,3	1,5	0,3	0,2
25	0,1	1,4	0,2	0,1
26	0,2	1,3	0,2	0,4
27	0,2	1,5	0,3	0,2
28	0,3	1,9	0,4	0,5
29	0,2	1,8	0,3	0,2
30	0,2	1,6	0,4	0,2

D'après le tableau 2, les dimensions moyennes en épaisseur des tissus mesurés sont comme suit : épidermes (0,29; 0,10288929 μm) ; Parenchyme (4,15; 0,788166795 μm) ; Phloème (1,17666667; 0,46214144 μm) ; Xylème (0,58; 0,18827713 μm).

Tableau 2: Mesures histométriques (en μm) des tissus de la tige d'arganier.

Coupes	Cuticule	Épiderme	Parenchyme	Phloème	Xylème	Moelle
1	0,5	0,3	3,2	1,5	0,7	3,7
2	0,3	0,2	5,1	0,4	0,4	3,2
3	0,3	0,4	4,6	1,2	0,8	5
4	0,3	0,2	4,3	1,8	0,5	3,8
5	0,4	0,2	4,3	1,2	0,8	3,7
6	0,4	0,2	4	1,1	0,6	3,5
7	0,2	0,3	4,7	1	0,5	2,5
8	0,4	0,2	4,1	1,3	0,5	5
9	0,5	0,4	3,4	1,5	0,4	3,9
10	0,7	0,5	4,2	1,6	0,6	4,9
11	0,2	0,3	4,5	1,5	0,6	4
12	0,5	0,4	3,9	1,3	0,4	5
13	0,4	0,2	3	1,1	0,7	5
14	0,3	0,4	3,2	1	1	2
15	0,2	0,2	5	1,9	0,5	3,7
16	0,4	0,2	3,2	0,9	0,3	4
17	0,5	0,3	5	0,7	0,4	4,2
18	0,1	0,3	3,2	0,6	0,9	3
19	0,2	0,4	5,1	1,9	0,6	4,3
20	0,1	0,3	2,7	0,3	0,9	2,6
21	0,2	0,1	4,3	0,9	0,5	3,7
22	0,3	0,4	4,5	1	0,6	4,5
23	2	0,2	5	2	0,9	4,5
24	0,3	0,2	3,1	1,2	0,4	3,5
25	0,3	0,4	4,3	0,6	0,5	4,9
26	0,2	0,5	3,5	1,7	0,7	4,2
27	0,2	0,3	5,3	0,9	0,3	3,9
28	0,4	0,3	5,5	0,9	0,4	5,1
29	0,1	0,2	4,8	1,7	0,5	2,5
30	0,3	0,2	3,5	0,6	0,5	4,2

D'après le tableau 3, les dimensions moyennes en épaisseur des tissus mesurés sont comme suit : épidermes (0,62; 0,252084764 μm) ; Parenchyme (2,46 ; 0,808404132 μm) ; Phloème (0,48666667 ; 0,20465839 μm) ; Xylème (0,37333333 ; 0,1659249 μm).

Tableau 3: Mesures histométriques des tissus de la feuille d'arganier.

Coupes	Épiderme supérieur	Parenchyme	Phloème	Xylème	Épiderme inférieur
1	0,4	1,7	0,7	0,5	0,2
2	0,3	2,7	0,3	0,6	0,4
3	0,1	2	1	0,7	0,4
4	0,3	2,5	0,4	0,3	0,3
5	0,4	1,6	0,9	0,4	0,2
6	0,3	1,5	0,5	0,6	0,2
7	0,5	3,2	0,5	0,3	0,6
8	0,2	3,5	0,4	0,2	0,5
9	0,4	2,1	0,5	0,4	0,3
10	0,3	3,4	0,5	0,3	0,5
11	0,4	3,7	0,9	0,2	0,4
12	0,3	1,8	0,3	0,5	0,3
13	0,3	2,4	0,6	0,3	0,2
14	0,3	2,5	0,3	0,4	0,3
15	0,2	1,9	0,4	0,3	0,2
16	0,4	1,5	0,9	0,6	0,3
17	0,3	3,2	0,2	0,3	0,4
18	0,2	2,9	0,5	0,3	0,5
19	0,5	2	0,5	0,2	0,7
20	0,1	1,7	0,3	0,8	0,4
21	0,3	1,5	0,4	0,2	0,2
22	0,4	2	0,3	0,5	0,3
23	0,3	2,9	0,5	0,5	0,2
24	0,2	1,5	0,4	0,3	0,5
25	0,4	3	0,5	0,2	0,1
26	0,2	1,5	0,4	0,3	0,2
27	0,3	4,5	0,3	0,2	0,2
28	0,4	3,2	0,5	0,4	0,2
29	0,2	3,4	0,3	0,2	0,1
30	0,2	2,5	0,4	0,2	0,2

3. Histogrammes

L'étude histométrique est présentée en histogramme pour permettre la comparaison des tissus dans les diverses sections anatomiques des organes végétatifs, spécifiquement la tige et la feuille et racine.

3.1. Racine

Les analyses histométriques des divers tissus de la racine d'arganier révèlent une différenciation significative en termes d'épaisseur des tissus. Le parenchyme constitue le tissu prédominant, assurant des fonctions de stockage et de soutien essentielles, surpassant de manière significative

les autres tissus en termes de volume. Le xylème et le phloème, qui sont tous deux des tissus de conduction, occupent la deuxième place. Au final, l'épiderme, formé d'une couche cellulaire unique, joue un rôle protecteur bien qu'il soit le tissu le plus mince observé (Figure 13).

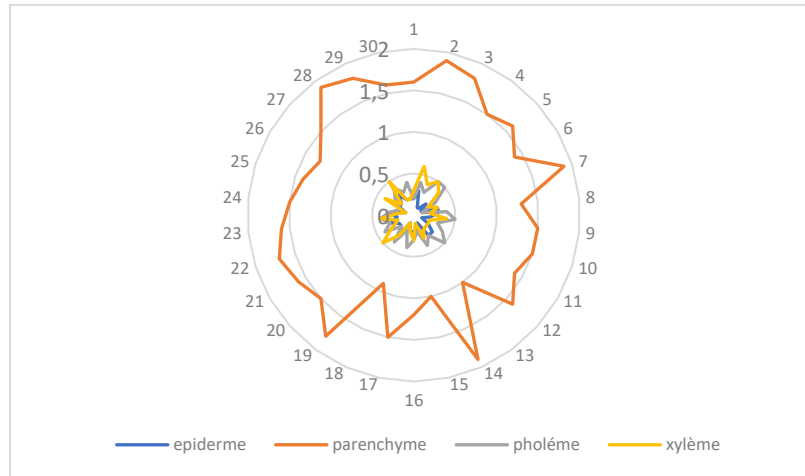


Figure 13: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la racine d'arganier.

L'analyse histométriques comparative du xylème et du phloème de la racine d'arganier révèle une disparité négligeable entre les tailles des deux tissus. Elles indiquent que, dans certaines coupes, le xylème surpasse légèrement le phloème en termes d'épaisseur (Figure 14).

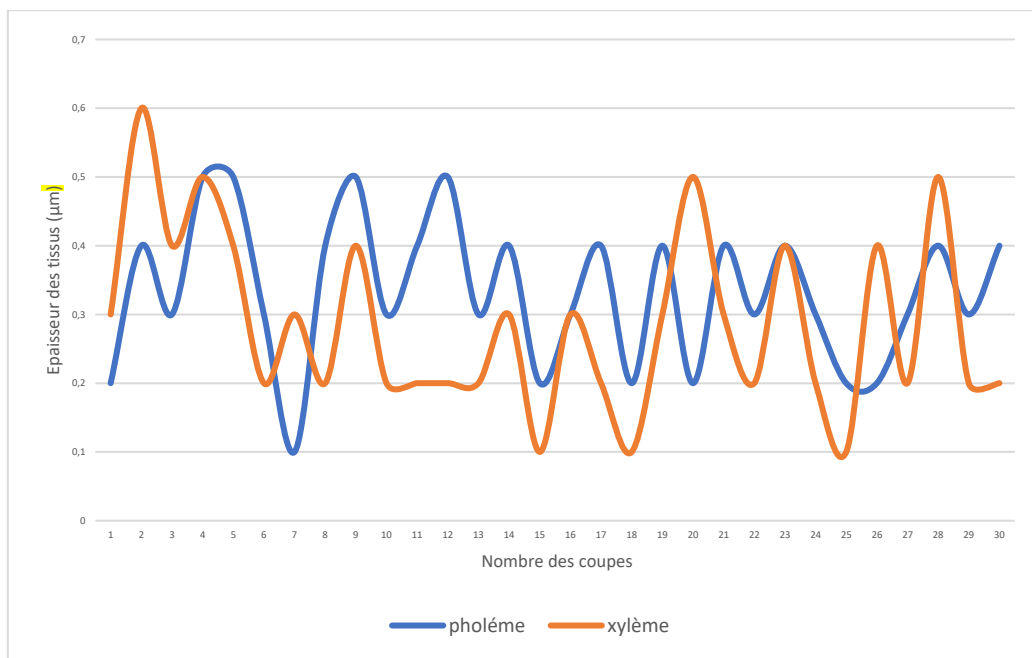


Figure 14: Comparaison histométrique entre le xylème et le phloème de la racine d'arganier.

3.2. La tige

La figure 8, représente l'analyse histométrique des divers tissus de la tige d'arganier montre que les tissus les plus développés sont la moelle et parenchyme les tissus intermédiaires dans le deuxième place phloème et xylème le dernière place des tissus, qui sont les plus fins qui sont l'épiderme et le cuticule (Figure 15).

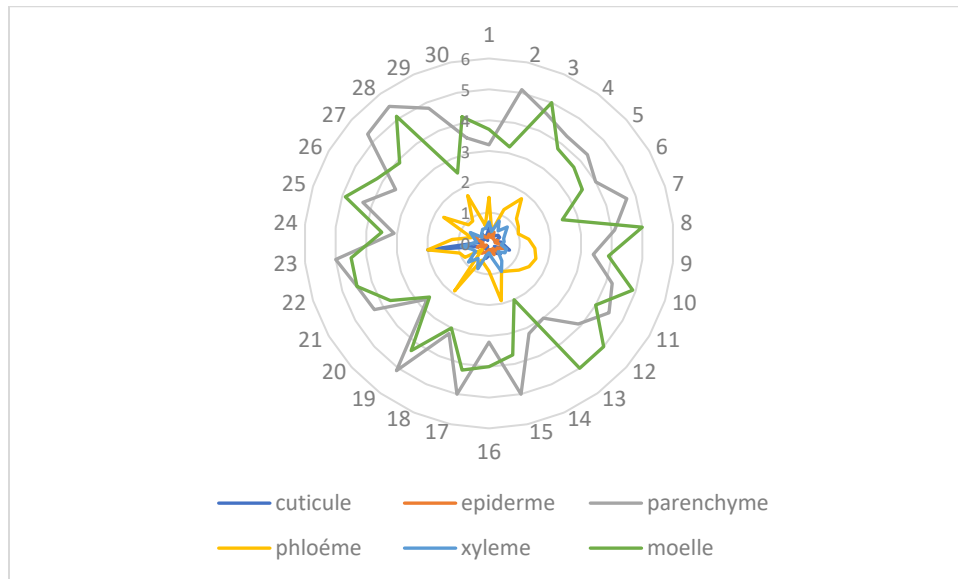


Figure 15: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la tige d'arganier.

L'analyse histométrique comparative de xylème et phloème de la tige d'arganier donnée le phloème présente une variabilité marquée, traduisant une activité métabolique soutenue liée au transport des produits de la photosynthèse, ou contraire le xylème courbe plus stable avec moins d'oscillations (Figure 16).

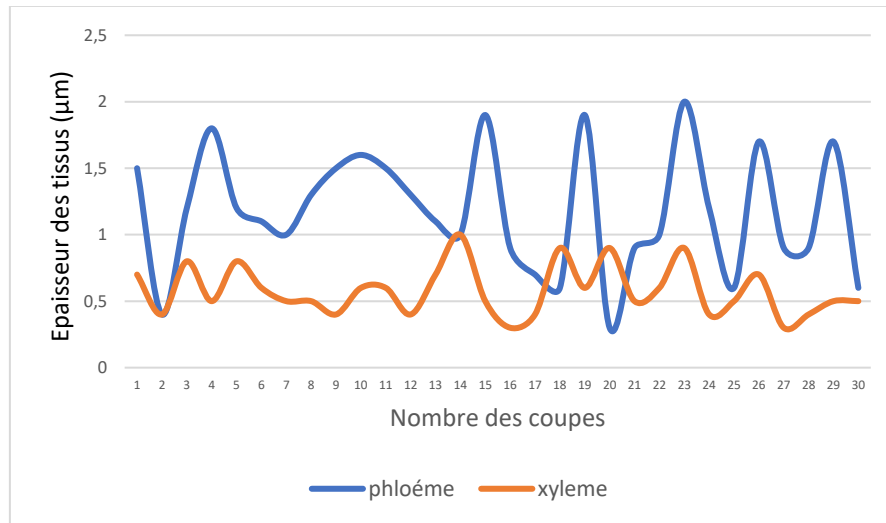


Figure 16: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la tige d'arganier.

3.3. La feuille

Le graphique comparatif des mesures histométriques des divers tissus de la feuille d'arganier, met en évidence des différences notables dans l'épaisseur des tissus. D'après l'étude le parenchyme palissadique chlorophyllien domine, maximisant l'absorption lumineuse et la production de matière organique, surpassant nettement les autres tissus condense. Le xylème et le phloème, qui sont deux tissus de conduction, suivent le tissu supérieur ou inférieur, l'épiderme est reconnu comme le plus mince (Figure 17).

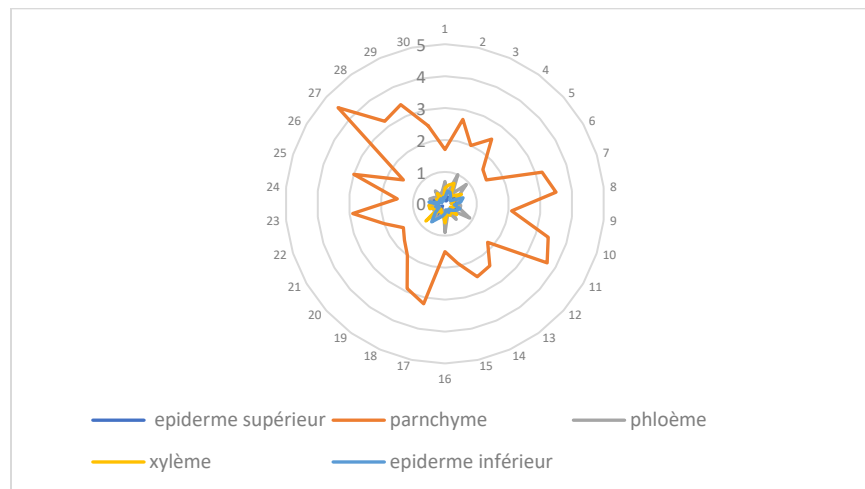


Figure 17: Comparaison histométrique entre les différents tissus de la feuille d'arganier.

L'analyse histométrique comparative entre le xylème et le phloème présente des valeurs plus élevées avec des pics plus marqués que le xylème la courbe reste globalement plus faible (Figure 18).

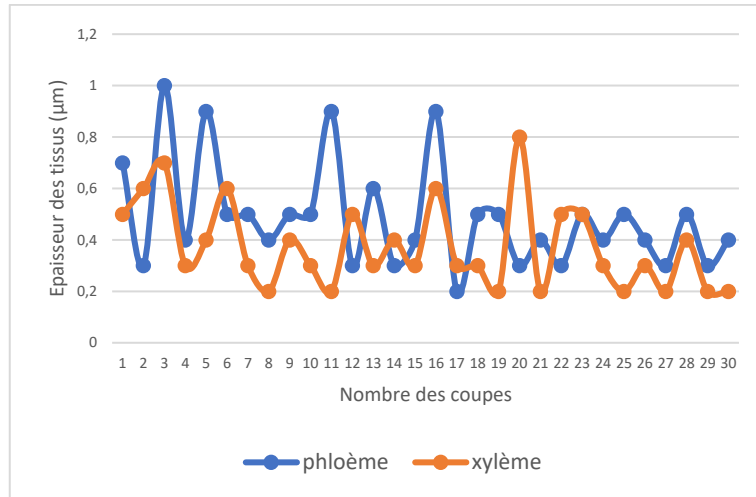


Figure 18: Comparaison histométrique des xylème et phloème des feuilles d'arganier.

L'observation faite sur la moitié du champ circulaire visible au microscope optique avec un grossissement ($\times 400$), nous a permis de calculer la densité stomatique (pores foliaires), alors :

- Nombre de pores comptés est 74 sur une surface de $5,52 \text{ mm}^2$;
- Diamètre du champ de vision vu à l'oculaire : $1,5 \text{ cm}$ (soit 15 mm) ;

Calcul du diamètre réel observé sur la feuille : $15 \text{ mm} / 4 = 3,75 \text{ mm}$;

Calcul du rayon réel : $3,75 \text{ mm} / 2 = 1,875 \text{ mm}$;

Surface du cercle complet observé : $S = \pi \times r^2 = 3,1416 \times (1,875)^2 \approx 11,04$;

Surface effectivement observé (moitié du cercle) : $11,04 \text{ mm}^2 / 2 = 5,52 \text{ mm}^2$;

Densité stomatique : Densité = nombre de pores / surface observé ; Densité = $74 / 5,52 \approx 13,4$ pores / mm^2

En conséquence, la densité stomatiques est d'environ $13,4$ pores par mm^2 .

Conclusion Générale

En raison de l'aridité prolongée, l'arganier est un arbre idéal pour lutter la désertification et l'érosion par son puissant système racinaire. Il possède aussi des intérêts socio-économiques cruciaux, par l'huile extraite de ses amendons.

Cette étude a été amorcée par une synthèse bibliographique qui rassemble dans le premier chapitre une grande portion des information pertinentes relatives à l'arganier. Elle comprend une analyse histologique de la plante d'arganier réalisée sur la tige et la racine et les feuille, nous a donné l'occasion d'identifier la composition tissulaire de cette plante tout en définissant le rôle et l'importance de chaque tissu.

Sur le plan histométrique, nous avons observé des variations d'épaisseur des tissus entre les différents organes examinés, mettant en évidence une adaptation morphologique d'arganier aux conditions environnementales.

Concernant la tige, la fonction de protection et de régulation des échanges gazeux entre la plante et son environnement est assurée par la présence d'une fine couche d'épiderme. Contrairement à l'étude de Hachem (2019), qui rapporte la présence de nombreuses poches sécrétoires au niveau de la moelle et aussi la phellogène dans les zones corticales externe des jeunes rameaux d'*Argania spinosa*, nos observations ne révèlent aucune structure de ce type.

Cette différence pourrait s'expliquer par l'âge plus jeunes des rameaux que nous avons utilisés.

La feuille :

- L'épiderme de la feuille d'arganier, que soit supérieur ou inférieur à l'âge de deux moins des plantules est le tissu le plus fin.
- Le xylème de petite taille, garantit la circulation de la sève élaborée et de la sève brute entre les feuilles et les racines.
- La structure anatomique se caractérise par la présence de tissus palissadique chlorophyllien, le plus prédominant qui joue un rôle essentiel dans le processus de photosynthèse.

Dans la racine la couche de l'épiderme qui enveloppe l'extérieur de ces organes leur offre une protection. Le xylème et le phloème, présents aussi dans la racine, jouent un rôle crucial dans le transport des nutriments au sein de la plante.

Une densité somatique d'environ 13,4 pores par mm^2 indique une répartition modérée des stomates à la surface de l'organe observé, cette valeur peut refléter une adaptation de la plante à son environnement.

Références Bibliographiques

- Aboudrare, A., Lybbert, T. J., & Magnan, N.** (2009). Household and argan forest impacts of Morocco's argan oil bonanza. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(49), 20675-20676.
- Baba Aïssa, F.** (1999). *Encyclopédie des plantes utiles : flore d'Algérie et du Maghreb – Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident* (178 p.). Éditions EDAS.
- Bani-Aameur, F., & Ferradous, A.** (2001). Effet de la salinité sur la germination et la croissance de jeunes plants d'arganier (*Argania spinosa* L.). *Acta Botanica Gallica*, 148(4), 341-350.
- Baumer, M., & Zeraïa, L.** (1999). La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du Nord. *Revue Forestière Française*, 51(3), 446-452.
- Bellefontaine, R., Ferradous, A., Mokhtari, M., Bouiche, L., Saïbi, L., Kenny, L., Alifriqui, M., & Meunier, Q.** (2011). Mobilisation *ex-situ* de vieux arganiers par marcottage aérien. In *Actes du 1^{er} Congrès international sur l'arganier* (pp. 15-17). INRA-Maroc, Agadir.
- Benaradj, A.** (2000). *Contribution à l'étude de la germination et de la multiplication in vitro de l'arganier (Argania spinosa)* [Thèse d'ingénieur d'État, Université de Mostaganem].
- Bensenousi, R.** (2022). Étude sur la biodiversité végétale en Algérie. *Revue Algérienne de Biologie*.
- Berthet, P.** (2006). *Biologie végétale : structures et fonctions*. Dunod.
- Boncompagni, E.** (2017). *Le développement et les plans d'organisation des végétaux*.
- Boudy, P.** (1952). *Arganier (Argania spinosa)*. In *Guide du forestier en Afrique du Nord* (pp. 185-195).
- Boulli, A., Baaziz, M., & M'Hirit, O.** (2001). Variabilité morphologique de l'arganier (*Argania spinosa*) dans son aire naturelle. *Annales de la Recherche Forestière du Maroc*, 35, 29-45.
- Bouzi, S.** (2018). *Cours de biologie végétale* (74 p.). Université des Frères Mentouri - Constantine 1.
- Breuil, M.** (2007). *Biologie – 1^{re} année BCPST-Véto*. Tec & Doc / Lavoisier.
- Bruno, S.** (2014). *Les racines des plantes : anatomie et fonctionnement* (Mémoire N° 3, 57 p.).
- Carlquist, S.** (2001). *Comparative wood anatomy* (2^e éd.). Springer-Verlag.
- Challot, A.** (1988). L'arganier. *Revue de Bois*, 7-12.
- Charouf, Z.** (2007). *L'arganier : levier de développement humain du milieu rural marocain* (Synthèse des communications du colloque international, 68 p.). Rabat.
- Charrouf, Z.** (2000). L'arganier est vital à l'économie du sud-ouest du Maroc. *Biofutur*, (220), 54-57.

- Charrouf, Z.** (1998). Valorisation des produits de l'arganier pour une gestion durable des zones arides du sud-ouest marocain. In *Actes du 4^e Colloque "Produits naturels d'origine végétale"* (26-29 octobre, Ottawa).
- Chassany, V., Potage, M., & Ricou, M.** (2014). *Mini-manuel de biologie végétale* (2^e éd., 226 p.). Dunod.
- Chevalier, A.** (1943). Sapotacées des régions arides. *Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale*, 153-159 ; 260-262.
- Chicouène, D.** (2000). Effets de la suppression du labour sur les mauvaises herbes en climat tempéré océanique. In *XIth International Conference on Weed Biology, Dijon* (pp. 425-435).
- Citovsky, V., & Zambryski, P.** (2000). Cell-to-cell transport of tobacco mosaic virus. *Plant Physiology*, 123(2), 627-636.
- Crête, P.** (1965). Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de classification. *Végétation*, 34, 1-20.
- Dinant, S.** (2008). Phloème : transport inter-organe et signalisation à longue distance. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 334-346.
- Djebbouri, K., Kechairi, R., Djebbouri, M., Megharbi, A., & Ould Safi, M.** (2024). Potential regions for argan tree plantations in Algeria using MaxEnt bioclimatic modelling. *International Journal of Environmental Studies*, 81(2), 795-807.
- El Aboudi, A., Carlier, G., & Peltier, J.-P.** (1991). Régime hydrique de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) dans le Souss (Maroc). [Rapport, INRA Maroc].
- Emberger, L.** (1938). *Aperçu sur la végétation du Maroc : commentaire de la carte phytogéographique*. Institut Scientifique Chérifien.
- Emberger, L.** (1924). À propos de la distribution géographique de l'arganier. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*, 4, 151-153.
- Esau, K.** (1977). *Anatomy of seed plants* (2^e éd.). Wiley.
- Farinrau, J., & Gaudry, J.** (2006). *La photosynthèse : processus physiques, moléculaires et physiologiques* (p. 325). Éditions Quae.
- Faurie, C., Ferra, C., & Médori, P.** (1980). *Écologie* (1091 p.). Baillière.
- Gentil, L.** (1906). *Dans le Bled es-Siba : exploration au Maroc* (pp. 341-354). Masson.
- Gharby, N.** (2012). *Contribution à la valorisation de l'huile d'argan : influence de l'origine du fruit et de la méthode d'extraction sur la composition et la stabilité* [Thèse de doctorat, Université Mohammed V].
- Hachem, K., Borsali, A. H., Ghomrari, S., & Kaid-Harche, M.** (2019). Anatomical and histochemical study on young twigs of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Ecology, Environment and Conservation*.

- Ibn al-Bayṭār.** (1219/1877). *Al-Djāmi' li-mufradāt al-adwiya wa-l-aghdhīya / Traité des simples* (L. Leclerc, Trad.). Notices et Extraits des Manuscrits de la Bibliothèque Nationale, 23.
- Kechairi, R.** (2018). *Étude de l'arganeraie de Tindouf : état des lieux, contraintes et perspectives de son développement* [Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid].
- Kechairi, R., & Abdoun, F.** (2016). État des lieux cartographiques de l'arganier (*Argania spinosa*) en Afrique nord-occidentale. *International Journal of Environmental Studies*. 73(2), 286-293.
- Kechairi, R., & Redjem-Khodja, A.** (2021, 6-7 juin). Huile d'argan de Tindouf : perspective sur la traçabilité et défis. *2^e Séminaire national d'ethnobotanique et de valorisation des substances naturelles*, Alger.
- Kechairi, R.** (2009). *Contribution à l'étude écologique de l'arganier dans la région de Tindouf (Algérie)* [Mémoire de magister, USTHB, Alger].
- Kouadri, M. K.** (2003). Étude de germination des graines d'arganier traitées à l'eau chaude et froide, semées en pépinière. INRF-Station de Chlef.
- Laberche, J.-C.** (2004). *Biologie végétale* (3^e éd., 270 p.). Dunod.
- Lens, F., Sperry, J. S., Christman, M. A., Choat, B., Rabaey, D., & Jansen, S.** (2011). Testing hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. *New Phytologist*, 190(3), 709-723.
- Lesson, C. R., & Lesson, T. S.** (1980). *Histologie* (2^e éd., pp. 4-5). Masson.
- Linné, C.** (1737). *Genera plantarum*. Apud Conradum Wishom.
- M'Hirit, O., Benzyan, M., Benchekroun, F., El Yousfi, S. M., & Bendaânoun, M.** (1998). *L'arganier : espèce fruitière-forestière à usages multiples* (150 p.). Mardaga.
- Mehenni, M., et al.** (1986). *Biologie végétale générale*. Publications Universitaires Algériennes.
- Metcalf, C. R., & Chalk, L.** (1957). *Anatomy of the dicotyledons* (2^e éd.). Clarendon Press.
- Miloudi, A.** (2006). *Les réponses biochimiques de l'arganier aux facteurs abiotiques naturels* [Thèse de doctorat, Université d'Oran].
- Mokhtari, M.** (2002). Multiplication de l'arganier par bouturage. *Bulletin d'information et de liaison du PNTTA*, Hassan II, Rabat.
- Nouaim, R., Chaussod, R., El Aboudi, A., Schnabel, C., & Peltier, J.** (1991). L'arganier : synthèse des connaissances sur cet arbre. In *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides* (pp. 373-388).
- Oparka, K. J., & Cruz, S.** (2000). The great escape: Phloem transport and unloading of macromolecules. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 323-347.

- Otmani, N.** (1995). *La problématique de l'arganier* (Actes des Journées d'Études, Essaouira, 29-30 septembre).
- Peltier, J.-P.** (1983). Series of steppe argan grove in the Souss (Morocco). *Ecologia Mediterranea*, 9, 77-88.
- Philippe, D.** (1960). *Précis de pédologie* (231 p.). Masson.
- Philippe, E.** (1891). *Histoire naturelle – Botanique* (p. 282). Librairie F. Savy.
- Quézel, P., & Santa, S.** (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Vol. II). CNRS.
- Radi, N.** (2003). *L'arganier, arbre du sud-ouest marocain en péril à protéger* [Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Nantes].
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B.** (2012). *Campbell biologie* (9^e éd.). [Éditeur canadien].
- Rieuf, P.** (1962). Les champignons de l'arganier. *Les Cahiers de la Recherche Agronomique* (INRA, Rabat), (15), 8-25.
- Robert, A., & Catesson, A.-M.** (1990). *Développement végétal*. Masson.
- Sadine, S. E.** (2012). *Contribution à l'étude de la faune scorpionique du Sahara septentrional est algérien* [Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah].
- Schweingruber, F., Börner, A., & Schulze, E.-D.** (2011). *Atlas of stem anatomy in herbs, shrubs and trees* (Vol. 1).
- Slimani, H.** (1996). Contribution à l'étude de l'arganier de deux provenances, Tindouf et Mostaganem [Mémoire d'ingénieur, Université de Mostaganem].
- Speranza, A., & Calzoni, G. L.** (2005). *Atlas de la structure des plantes* (N° 003868-01). Belin.
- Van Bel, A. J. E., Ehlers, K., & Knoblauch, M.** (2002). Sieve elements caught in the act. *Trends in Plant Science*, 7, 126-132.
- Van Bel, A. J. E., & Hess, P. H.** (2008). Intercellular communication through plasmodesmata. *Trends in Microbiology*, 16, 406-413.
- William, G., & Hopkin, S.** (2003). *Physiologie végétale* (p. 17). De Boeck.
- Yves, T., Michel, B., Max, H., & Catherine, T.** (2005). *Le monde des végétaux : organisation, physiologie et génomique*. Dunod.

المساهمة في الدراسة النسيجية لنبات الأركان

الملخص

شجرة الأركان، *Argania spinosa*، نوع مستوطن في جنوب غرب الجزائر. إنها تلعب دورًا بيئيًا واجتماعيًا واقتصاديًا رئيسيًا. تستخدم هذه الدراسة لمراقبة التشريح النسيجي لنباتات الأركان الصغيرة. وركزت على أعضاء النبات المختلفة (الورقة، الساق، الجذر)، وتم تحليلها بواسطة المجهر الضوئي. وتظهر النتائج تنظيمًا نموذجيًا للأنسجة المدروسة، مع ميزات ملحوظة مثل وجود بشرة سميكة، مما يشهد على تكيفها مع الظروف القاحلة، مع بشرة واقية محاطة بنسيج نسيجي يتبعه أنسجة وعائية متطورة وأنسجة نخاع مركزية. تمنح بنية الأنسجة هذه شجرة الأركان تكيفًا فعالاً مع الظروف المناخية القاسية. تساهم كثافة الأنسجة وبنية الجذر العميقة في بقائها في البيئات القاحلة، مع تسهيل وظائفها الفسيولوجية مثل توصيل النسغ والحماية من الجفاف بعدد من الثغور يبلغ حوالي 13.4 مسام/مم².

الكلمات المفتاحية: شجرة الأركان، الأنسجة، الجذع، الجذر، الأوراق، الثغور، الجزائر.

Contribution à l'étude histologique des plants d'arganier *Argania spinosa* L. Skeels

Résumé

L'arganier, *Argania spinosa*, espèce endémique du sud-ouest algérien. Il joue un rôle écologique et socio-économique majeur. Cette étude sert à observer l'anatomie histologique des jeunes plants d'arganier. Elle a porté sur différents organes de la plante (feuille, tige, racine), analysés par microscopie optique. Les résultats montrent une organisation typique des tissus étudiés, avec des particularités notables telles que la présence d'une cuticule épaisse, témoignant de son adaptation à des conditions arides, avec un épiderme protecteur entouré suivi d'un parenchyme, des tissus vasculaires et un tissu central de moelle bien développés. Cette architecture tissulaire confère à l'arganier une adaptation efficace aux conditions climatiques sévères. La densité des tissus et la structure racinaire profonde contribuent à sa survie en milieu aride, tout en facilitant ses fonctions physiologiques comme la conduction de la sève et la protection contre la déshydratation avec un nombre des stomates d'environ 13,4 pores /mm².

Mots-clés : Arganier, histologie, tige, racine, feuilles, stomates, Algérie.

Contribution à l'étude histologique des plants d'arganier *Argania spinosa* L. Skeels

Abstract

The argan tree, *Argania spinosa*, is endemic to southwestern Algeria. It plays a major ecological and socio-economic role. The aim of this study was to observe the histological anatomy of young plants. Various plant organs (leaf, stem, root) were analyzed by light microscopy. The results show a typical organization of the tissues studied, with notable features such as the presence of a thick cuticle, testifying to its adaptation to arid conditions, with a protective epidermis surrounded by parenchyma, vascular tissues and a well-developed central pith tissue. This tissue architecture enables the argan tree to adapt effectively to severe climatic conditions. Tissue density and deep root structure contribute to its survival in arid environments, while facilitating physiological functions such as sap conduction and protection against dehydration. 13,4mm².

Keywords: Argan tree, histology, stem, root, leaves, stomata, Algeria.