Plasticités anatomique et fonctionnelle du bois de *Pistacia atlantica* dans le nord-ouest aride de l'Algérie

Anatomie de *Pistacia atlantica* en Algérie

Mots-clés

Algérie, anatomie du bois, *Pistacia atlantica* Desf., plans orthotropiques, plasticité fonctionnelle, porosité initiale, variabilité écologique, zones arides

Manel Boudouaya (auteur correspondant)
Université Djilali Liabès de Sidi Bel Abbès
Institut des Sciences Agronomiques
Département de Biotechnologie Agricole
Laboratoire d'Éco-Développement des Espaces
Route de Tlemcen, BP 89. 22000, Sidi Bel Abbès (Algérie)
E-mail : boudouayamanel@yahoo.fr

Fatima Zohra Bendimered-Mouri
Université Djilali Liabès de Sidi Bel Abbès
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de l'Environnement
Laboratoire de Biodiversité Végétale : Conservation et Valorisation
Route de Tlemcen, BP 89. 22000, Sidi Bel Abbès (Algérie)
E-mail : fzrmouri@yahoo.fr

Hachemi Benhassaini
Université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbès
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de l'Environnement
Laboratoire de Biodiversité Végétale : Conservation et Valorisation
Route de Tlemcen, BP 89. 22000, Sidi Bel Abbès (Algérie)
E-mail : ecoreve@yahoo.fr

Frédéric Mothe
INRA-UMR 1092, LERFOB, 54280 Champenoux, (France)
mothe@nancy.inra.fr

Meriem Fournier
AgroParisTech-UMR 1092, LERFOB, 54000 Nancy (France)
E-mail : meriem.fournier@agroparistech.fr

Résumé

La structure anatomique du bois constitue un critère fondamental d'identification, au même titre que ses propriétés physiques et mécaniques. Chaque essence possède une organisation cellulaire spécifique, influencée par l'anisotropie du matériau et visible à différentes échelles. Le bois de *Pistacia atlantica* Desf., espèce forestière autochtone des zones arides algériennes, demeure peu documenté sur le plan anatomique malgré son intérêt écologique et socioéconomique. Cette étude vise à caractériser sa structure anatomique selon les trois plans orthotropiques (transversal, radial et tangentiel) et à évaluer la variabilité interindividuelle en lien avec les conditions écologiques locales. Deux individus ont été prélevés dans des régions bioclimatiques contrastées du nord-ouest de l'Algérie : Sidi Bel-Abbès (climat semi-aride méditerranéen) et Tiaret (zone de transition à influence saharienne aride). Des observations macro- et microscopiques ont été réalisées selon un protocole standardisé (INRA-LERFoB). Les résultats révèlent une porosité initiale marquée, typique des feuillus hétérogènes, avec de larges vaisseaux de printemps, des fibres denses en bois final et des rayons ligneux unisériés ou plurisériés. La présence de thylles, de ponctuations aréolées, d'épaississements spiralés et de cristaux de silice complète le portrait anatomique. Des différences notables entre les deux provenances (densité des fibres, organisation des rayons, fréquence des thylles et des cristaux) témoignent d'une plasticité anatomique en réponse aux contraintes écologiques. Ces observations apportent des données originales sur l'anatomie fonctionnelle du bois de *Pistacia atlantica* et renforcent son potentiel dans les programmes de reboisement, la valorisation artisanale et la gestion durable des forêts en milieu aride.

Introduction

Pistacia atlantica Desf., communément appelé pistachier de l'Atlas, est une essence forestière autochtone emblématique des zones arides et semi-arides d'Algérie. Grâce à sa rusticité et à sa tolérance à la sécheresse, elle est largement répartie dans des milieux climatiques contrastés, depuis le piémont de l'Atlas saharien jusqu'aux montagnes du Hoggar (Ozenda, 1954, 1983 ; Monjauze, 1968, 1980). Cette espèce joue un rôle écologique majeur dans la lutte contre la désertification, la stabilisation des sols et la restauration des écosystèmes dégradés (Boudy, 1955).

Au-delà de ses fonctions écologiques, *Pistacia atlantica* possède une valeur socio-économique non négligeable. Son bois est utilisé localement pour le chauffage ou l'artisanat, et l'espèce sert de porte-greffe pour les pistachiers cultivés. Ces atouts en font une ressource stratégique pour les politiques de reboisement et de développement durable en milieu aride.

Toutefois, la structure anatomique du bois de cette espèce reste peu étudiée. Or, l'anatomie du bois est un paramètre fondamental, car elle conditionne ses propriétés mécaniques, sa durabilité, ainsi que son adaptation fonctionnelle aux contraintes environnementales (Boudouaya *et al*., 2015). Une meilleure compréhension de son organisation cellulaire est donc indispensable à toute valorisation technologique, écologique ou sylvicole (Keller, 1994 ; Jodin, 1994).

Dans ce contexte, la présente étude vise à :

1. Caractériser la structure anatomique du bois de *Pistacia atlantica* selon les trois plans orthotropiques (transversal, radial et tangentiel), à l'échelle macro et microscopique :
2. Analyser la variabilité interindividuelle de cette structure en fonction de l'origine écologique des individus.

En comparant des échantillons issus de deux régions bioclimatiques distinctes du nord-ouest algérien (Sidi Bel-Abbès et Tiaret), cette recherche apporte des

éléments originaux sur la plasticité fonctionnelle du bois de *Pistacia atlantica*, en vue de sa valorisation dans des milieux soumis au stress hydrique.

Matériel et méthodes

1. Sites d'échantillonnage

Deux individus adultes de *Pistacia atlantica* ont été prélevés dans le nord-ouest algérien, dans deux régions contrastées sur le plan bioclimatique (figure 1). Le premier individu (S), âgé de 24 ans, provient de la région de Sidi Bel-Abbès, caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride à tendance continentale (Direction des Services Agricoles de Sidi Bel-Abbès, 2024). Le second individu (T), âgé de 50 ans, a été récolté dans la région de Tiaret, où le climat est de type semi-aride à nette influence saharienne aride (Direction des Services Agricoles de Tiaret, 2024).

2. Préparation des échantillons

Des rondelles de bois ont été découpées à hauteur de poitrine sur chaque arbre, puis débitées en barrettes normalisées de 10∗20∗5 mm selon les trois plans orthotropiques du bois (photo 1), à savoir : le plan transversal (RT), perpendiculaire à l'axe longitudinal ; le plan radial (LR), passant par la moelle ; et le plan tangentiel (LT), parallèle aux cernes de croissance (figure 2, photo 2).

3. Saturation et imprégnation

Les échantillons ainsi préparés ont été saturés pendant une semaine dans de l'eau déminéralisée afin d'assouplir les tissus. Des cycles de vide ont ensuite été appliqués à l'aide d'un dessiccateur afin de chasser l'air résiduel et de favoriser la pénétration des agents de conservation (figue 3). Les barrettes ont ensuite été imprégnées au polyéthylène glycol (PEG 1500) selon le protocole en trois étapes, proposé par Normand (1998) : immersion dans une solution à 30% pendant 24 heures, suivie d'un bain à 50% pendant 24 heures, puis d'un trempage final dans du PEG pur à 70°C pendant 24 heures dans une étuve (BIOBLOCK Scientific).

4. Réalisation des coupes

Les échantillons imprégnés ont ensuite été sectionnés au microtome manuel (REICHERT AUSTRIA), pour obtenir des coupes de 15 µm d'épaisseur dans les trois plans anatomiques. Ces coupes ont été colorées à la safranine, déshydratées à l'éthanol pur, puis montées sur lames définitives à l'aide du fixateur HISTOLAQUE LMR (photo 3 et 4).

5. Observation microscopique

Les lames préparées ont été observées au microscope photonique (Imager. M2) et documentées par une caméra numérique couplée à un ordinateur (photo 5). Les observations ont porté sur la structure des cernes de croissance, la disposition des vaisseaux, des fibres et des rayons ligneux, ainsi que sur la présence éventuelle de thylles, de ponctuations aréolées, d'épaississements spiralés et de cristaux de silice.

Résultats

L'analyse anatomique du bois de *Pistacia atlantica* a été conduite selon les trois plans orthotropiques (transversal, tangentiel et radial) pour les deux provenances étudiées, Sidi Bel-Abbès (S) et Tiaret (T). Les observations mettent en évidence une structure typique des feuillus à porosité initiale, marquée par une forte hétérogénéité entre le bois de printemps et le bois final.

1. Coupe transversale (RT)

En coupe transversale (RT), les cernes de croissance sont clairement différenciés en deux zones distinctes (photo 6). Le bois initial, dominant en proportion, se distingue par de larges vaisseaux de printemps bien individualisés, jouant un rôle majeur dans la conduction ascendante de la sève. À l'opposé, le bois final, formé en fin de saison, apparaît plus dense, constitué de fibres épaisses, de petits vaisseaux dispersés et de cellules de parenchyme à fonction principalement mécanique. L'arrangement radial des rayons ligneux est également visible : chez l'arbre S, ceux-ci sont majoritairement unisériés, fins, discrets et relativement nombreux, tandis que chez

T, ils sont largement plurisériés, bien individualisés et abondants. La présence fréquente de thylles, obstruant partiellement certains vaisseaux de grand diamètre chez S (photo 6, Sb), témoigne d'une activité résiduelle du duramen.

2. Coupe tangente (LT)

En coupe tangente (LT), les vaisseaux présentent des épaississements spiralés, bien visibles notamment chez l'individu T (photo 7 Tc). Les fibres lignifiées sont alignées longitudinalement, formant un réseau compact. Les rayons ligneux apparaissent sous forme de chapelets verticaux de cellules superposées ; ils sont courts et peu nombreux chez S, mais plus développés, nombreux et bien individualisés chez T. Des cristaux de silice, visibles dans certaines cellules, sont fréquents chez S (photo 7 Sc), alors qu'ils sont absents ou rares chez T.

3. Coupe radiale (LR)

Les observations en coupes radiales (LR) révèlent des ponctuations aréolées abondantes aux interfaces entre fibres et rayons, jouant un rôle important dans les échanges latéraux de sève (photo 8 Tc, Sc). Les vaisseaux trachéens sont allongés et orientés longitudinalement, participant à la conduction verticale. Le champ de croisement, bien structuré, souligne une interaction fonctionnelle entre fibres et rayons : discret chez l'arbre S, il est plus marqué et densément organisé chez T, traduisant une différenciation fonctionnelle entre les éléments conducteurs et de soutien.

Le tableau I synthétise les principales caractéristiques anatomiques observées dans les deux individus en fonction du plan d'observation. Il met en évidence des variations significatives dans la disposition des vaisseaux, la structure des rayons, la densité des fibres, la fréquence des thylles, ainsi que la présence ou l'absence de cristaux et d'épaississements spiralés.

Discussion

L'étude anatomique du bois de *Pistacia atlantica* selon les trois plans orthotropiques confirme son appartenance aux feuillus à porosité initiale, caractérisés par une organisation hétérogène du tissu ligneux (Jacquiot *et al.*, 1973 ; Wheeler et Baas, 1991). Cette hétérogénéité se manifeste par une nette distinction entre le bois de printemps, riche en larges vaisseaux conducteurs, et le bois d'été, plus dense, dominé par des fibres épaisses et des éléments lignifiés de plus petit diamètre. L'agencement radial discontinu des vaisseaux au sein du bois initial, ainsi que leur diminution progressive de diamètre vers le bois final, témoignent d'un ajustement hydraulique saisonnier aux conditions climatiques (Wareing, 1951 ; Bréda et Granier, 1996). Cette configuration est similaire à celle observée chez les chênes européens tels que *Quercus robur*, *Quercus petraea* (Sachess, 1984 ; Bakour, 2003), ainsi que chez d'autres feuillus à zone poreuse initiale (Collardet et Besset, 1992). La présence de thylles, plus fréquente chez l'individu S, est typique du processus de duraminisation, mais elle peut également être observée dans l'aubier. Ce phénomène, associé au vieillissement fonctionnel du xylème, a été bien décrit par Ziegler (1968, 1983), et sa relation avec la couleur du bois a été discutée par Klumpers (1994) et Boudouaya *et al.* (2016). Chez *Pistacia atlantica*, cette formation de thylles pourrait refléter une adaptation structurelle au vieillissement ou aux contraintes hydriques du site.

Les rayons ligneux, qui jouent un rôle essentiel dans le transport radial et le stockage de substances (Jacquiot *et al.*, 1973 : Granier *et al.*, 1994), présentent des variations morphologiques selon la provenance. Chez S, ils sont majoritairement unisériés et discrets, tandis qu'ils sont plurisériés, larges et abondants chez T. Cette différence pourrait refléter une adaptation aux conditions écologiques locales. Malgré cette variabilité morphologique, la composition cellulaire reste homogène : les rayons sont exclusivement formés de cellules de parenchyme, comme c'est le cas chez de nombreuses angiospermes tempérées telles que *Quercus petraea* (Bakour, 2003). Le

champ de croisement, bien visible en coupe radiale, illustre l'interaction fonctionnelle entre fibres trachéides et rayons ligneux, contribuant à la fois à la résistance mécanique du bois et à la distribution latérale des flux hydriques (Guitard, 1987 ; Fengel et Wegener, 1989). Son développement plus marqué chez S peut être interprété comme une réponse structurelle à des sollicitations mécaniques accrues, tandis que chez T, il pourrait témoigner d'une adaptation à une disponibilité hydrique réduite (Gasson, 1987 ; Gartner, 1995).

Plusieurs traits anatomiques diagnostiques observés chez *Pistacia atlantica*, tels que les ponctuations aréolées abondantes, les épaississements spiralés des vaisseaux ou encore la présence de cristaux de silice, peuvent être interprétés comme des marqueurs écophysiologiques. Ces structures sont couramment associées à des espèces xérophiles, soumises à des stress hydriques ou thermiques importants (Gasson, 1987 ; Granier *et al*., 1994). Les épaississements spiralés, notamment observés chez T, joueraient un rôle dans la prévention de la cavitation ou dans la résistance aux cycles de gel/dégel (Zimmermann, 1983). Quant aux dépôts de silice intracellulaire, fréquents chez T, ils sont bien documentés chez diverses espèces des milieux arides ; ils renforcent la rigidité des parois cellulaires et participent à la défense contre les pathogènes ou les herbivores (Normand, 1998). Leur fréquence accrue chez T, issu d'une région plus continentale, suggère une régulation adaptative face aux contraintes abiotiques (Monjauze, 1980).

Enfin, les différences marquées entre les deux individus (S et T) illustrent la plasticité anatomique de *Pistacia atlantica*, en réponse à des conditions écologiques contrastées. Ces résultats rejoignent les observations de Vansteenkiste et Bréda (2002) sur la formation des cernes en relation avec les contraintes écophysiologiques. Cette variabilité pourrait être exploitée dans une logique de sélection de provenances, selon les objectifs d'usage : production de bois d'œuvre, reboisement, artisanat local ou stabilisation des sols. En intégrant les observations anatomiques dans une

approche éco-fonctionnelle, cette étude pose les bases d'une réflexion sur le lien entre structure ligneuse, adaptation environnementale et potentiel de valorisation dans les milieux arides.

Conclusion

L'étude anatomique du bois de *Pistacia atlantica* Desf., menée sur deux individus issus de régions bioclimatiques contrastées du nord-ouest de l'Algérie, a permis de caractériser sa structure macro- et microscopique selon les trois plans orthotropiques. L'organisation observée - porosité initiale marquée, alternance de vaisseaux de grand diamètre et de fibres épaisses, structure différenciée des rayons ligneux - reflète une adaptation fonctionnelle aux conditions arides. Les différences notables entre les deux provenances, notamment en ce qui concerne la densité des fibres, la fréquence des thylles, la présence de cristaux de silice et le développement du champ de croisement, suggèrent une plasticité anatomique influencée par le contexte écologique local. Cette variabilité conforte le potentiel de *Pistacia atlantica* comme espèce résiliente pour les écosystèmes soumis au stress hydrique, et souligne son intérêt pour la sélection de provenances adaptées, la valorisation locale du bois (menuiserie, artisanat) et les programmes de reboisement ou de restauration écologique dans les zones arides. Des recherches complémentaires, intégrant un plus grand nombre d'individus et de sites, ainsi que des analyses des propriétés physico-mécaniques du bois, seront nécessaires pour affiner les potentialités d'usage de cette essence autochtone dans une perspective de changement et de gestion durable des ressources forestières.

Remerciements

Nous remercions particulièrement M^{me} Meriem FOURNIER, M. Frédéric MOTHE, M^{me} Maryline HARROUÉ, M. Cyrille RATHGEBER et M. Julien RUELLE pour leur

encadrement et leur disponibilité, ainsi que l'ensemble de l'équipe pour son accueil et son appui technique.

Sources de financement

Ce travail a été financé par le *Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique* de l'Algérie. Il a été réalisé au sein du *Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois* (*LERFoB*), *INRA-ENGREF* de Nancy (France), en collaboration avec l'équipe "*Croissance, Production et Qualité des Bois*" (*UMR INRA-AgroParisTech, Centre INRA de Nancy*).

Bibliographie

Bakour R., 2003. Influence de l'espèce et de la provenance des deux principaux chênes français (*Quercus robur* L. ; *Quercus petraea* Liebl.) sur la structure anatomique et les propriétés physiques du bois de Merrain, Thèse de doctorat en Sciences Forestières, à l'École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Centre de Nancy, 250 p. https://www.theses.fr/2003ENGR0006.

Boudouaya M., Benhassaini H., Bendimered-Mouri F.Z., Mothe F., Fournier M., 2015. Évaluation de la durabilité naturelle du bois de *Pistacia atlantica* Desf. du Nord de l'Algérie. Bois et Forêts des Tropiques, 325 (3) : 49-58. http://bft.cirad.fr/cd/BFT_325_49-58.pdf.

Boudouaya M., Benhassaini H., Bendimered-Mouri F.Z., Mothe F., Fournier M., 2016. Évaluation de la variabilité de la couleur du bois de *Pistacia atlantica* Desf. du Nord de l'Algérie. Bois et Forêts des Tropiques, 330 (4) : 23-35. http://bft.cirad.fr/cd/BFT_330_23-35.pdf.

Boudy P., 1955. Économie forestière nord-africaine. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Volume 1. Éditeur Larose. Paris, 370 p.

Bréda N., et Granier A., 1996. Intra- and interannual variations of transpiration, leaf area index and radial growth of a sessile oak stand (*Quercus petraea*). Ann. For. Sci., 53: 521-536. https://doi.org/10.1051/forest:19960232

Collardet J., et Besset J., 1992. Bois commerciaux. Feuillus des zones tempérées. Tome II, Vial H. et centre Technique du bois de l'Ameublement, Dourdan, 400 p. https://www.decitre.fr/livres/bois-commerciaux-9782851010278.html

Direction des Services Agricoles de Sidi Bel Abbès, 2024. Données climatiques sur la wilaya de Sidi Bel Abbès.

Direction des Services Agricoles de Tiaret, 2024. Données climatiques sur la wilaya de Tiaret.

Fengel D., et Wegener G., 1989. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter, Berlin-New York, 613 p. https://www.amazon.com/Wood-Chemistry-Ultrastructure-Dietrich-Fengel/dp/3110084813

Gartner B.L., 1995. Patterns of xylem variation within a tree and their hydraulic and mechanical consequences. Dans: plant stems physiology and functional morphology, Academic press, San Diego, p. 125-149. https://doi.org/10.1016/B978-012276460-8/50008-4

Gasson P., 1987. Some implications of anatomical variations in the wood of pedunculate oak (*Quercus robur* L.), including comparison with common beech (*Fagus sylvatica* L.). IAWA bulletin, 8 (2), 149-166. https://doi.org/10.1163/22941932-90001042

Granier A., Anfodillo T., Sabatti M., Cochard H., Dreyer E., Tomasi M., Valentini R., et Bréda N., 1994. Axial and radial water flow in the trunks of oak trees: a quantitative and qualitative analysis. Tree Physiology, 14 (12), 1383 - 1396. https://doi.org/10.1093/treephys/14.12.1383

Guitard D., 1987. Mécanique du matériau bois et composites. Collection Nabla. CEPADUES Éditions, Toulouse, 220 p.

https://www.cepadues.com/livres/sciences/mecanique-physique/122-mecanique-du-materiau-bois-composites-2854281527.html

Jacquiot C., Trenard Y., et Dirol D., 1973. Atlas d'anatomie des bois des angiospermes (essences feuillues), Tome I, Centre technique du bois, Paris, 175 p.

Jodin P., 1994. Le bois matériau d'ingénierie, (Textes rassemblés par Philippe Jodin) ARBOLOR, (Association pour la recherche sur le bois en Lorraine), Nancy. 14-433 p.

Keller R., 1994. La constitution du bois, Chapitre I, 14- 52 p *in* : Jodin P. (Editor), Le bois matériau d'ingénierie. ARBOLOR, Nancy, 433 p. https://infodoc.agroparistech.fr/index.php?id=81837&lvl=notice_display

Klumpers J., 1994. Le déterminisme de la couleur du bois de chêne. Étude sur les relations entre la couleur et des propriétés physiques, chimiques et anatomiques ainsi que des caractéristiques de croissance. Thèse de doctorat en sciences forestières du bois, l'ENGREF, Nancy, 195 p. https://hal.inrae.fr/tel-02850063

Monjauze A., 1968. Répartition et écologie de *Pistacia Atlantica* Desf. en Algérie. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 56 : 1-128.

Monjauze A., 1980. Connaissance du bétoum. (*Pistacia atlantica* Desf.). Revue forestière française, 32 (4): 356-363. https://hal.science/hal-03397321/document

Normand D., 1998. Manuel d'identification des bois commerciaux, Tome1 : Généralités, Éditeur : Cirad, 171 p. https://www.quae.com/produit/553/9782759213726/manuel-d-identification-des-bois-commerciaux-t1

Ozenda P., 1954. Flore du Sahara septentrional et central. Édition. CNRS, Paris, 486 p.

Ozenda P., 1983. Observation sur la végétation d'une région semi-aride : les hauts plateaux du Sud Algérois. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, **45** (3- 4) : 189-224.

Sachess H., 1984. Einheimische Nutzhölzer und ihre Bestimmung nach makroskopischen Merkmalen. Pareys Studientexte, Verlag Paul Parey,Hamburg und Berlin, 44, 160 p.

Vansteenkiste D., et Bréda N., 2002. Caractéristiques anatomiques du cerne de chêne et perspectives d'interprétation écophysiologique et climatique. Séminaire "Biologie hivernale", Groupe d'étude de l'arbre, Saint-Flour, 21-22 mars 2002. 12 p.

Wareing P.F., 1951. Growth studies in woody species. 4. The initiation of cambial activity in ring-porous species. Physiologia plantarum. 4, 446-562.

Wheeler E.A., et Baas P., 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. IAWA Bulletin, 12 (3): 275-332. https://doi.org/10.1163/22941932-90001256

Ziegler H., 1968. Biologische Aspekte der Kernholzbildung. Holz als Roh-und Werkstoff. 26, 61 - 68. https://doi.org/10.1007/BF02615811

Ziegler H., 1983. Physiologie. *in* "Lehrbuch der Botanik für Hochschulen'', Gustav fischer verlag, Stuttgart, New-York, 310 - 372.

Zimmermann M. H., 1983. Xylem structure and the ascent of sap. Springer series in wood science, Springer verlag, 139 p. https://doi.org/10.1007/ 978-3-662-22627-8.

Tableau I. Comparaison des principales caractéristiques anatomiques du bois de *Pistacia atlantica* Desf. observées selon les trois plans orthotropiques (transversal, tangentiel, radial) pour les deux individus étudiés : S (Sidi Bel-Abbès) et T (Tiaret)

Plan de coupe	Élément observé	S (Sidi Bel-Abbès)	T (Tiaret)
Transversal (RT)	Vaisseaux de bois initial	Grands vaisseaux groupés, 1 à 2 par plage radiale	Vaisseaux plus dispersés, légèrement plus étroits
	Bois final	Fibres denses, petits vaisseaux, thylles nombreux	Fibres épaisses, bois final plus compact
	Rayons ligneux	Unisériés majoritaires, plurisériés discrets	Plurisériés bien développés
Tangentiel (LT)	Epaississements spiralés	Présents, peu marqués	Bien marqués, bien visibles
	Cristaux de silice	Rares ou absents	Fréquents dans certaines cellules
	Rayons ligneux	Courts, peu nombreux	Nombreux et bien individualisés
Radial (LR)	Ponctuations aréolées	Visibles, peu nombreux	Abondantes, bien marquées
	Champ de croisement	Structuré mais discret	Bien visible, densément organisé
	Vaisseaux trachéens	Organisation régulière	Orientation marquée, densité plus élevée

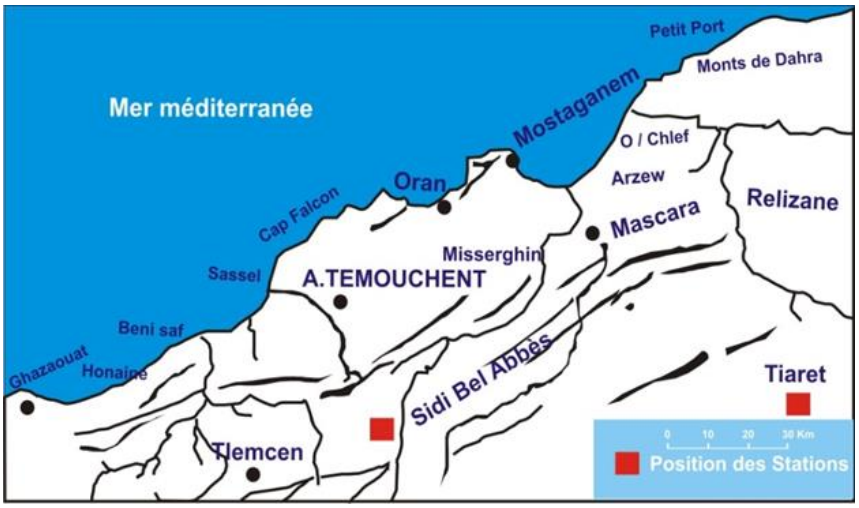


Figure 1. Localisation des sites d'échantillonnage de *Pistacia atlantica* Desf. dans le nord-ouest de l'Algérie : Sidi Bel-Abbès (climat semi-aride méditerranéen) et Tiaret (zone de transition à influence saharienne aride)

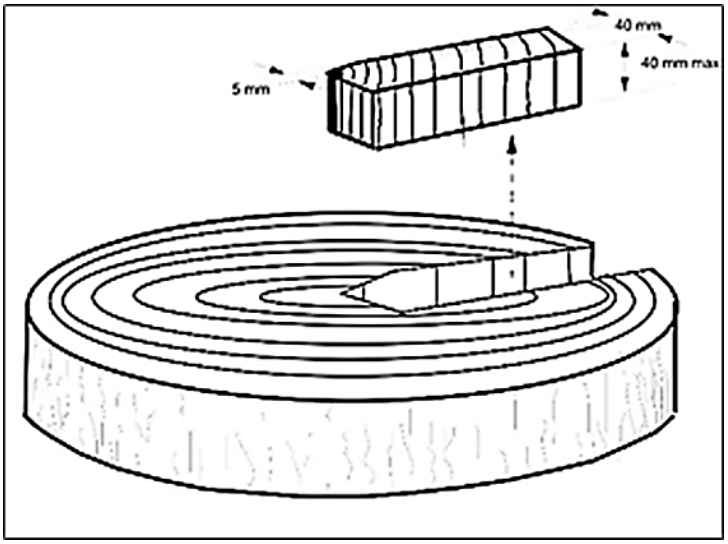


Figure 2. Schéma de découpe d'un échantillon selon le plan radial (L∗R) à partir d'une rondelle de bois prélevée à hauteur de poitrine

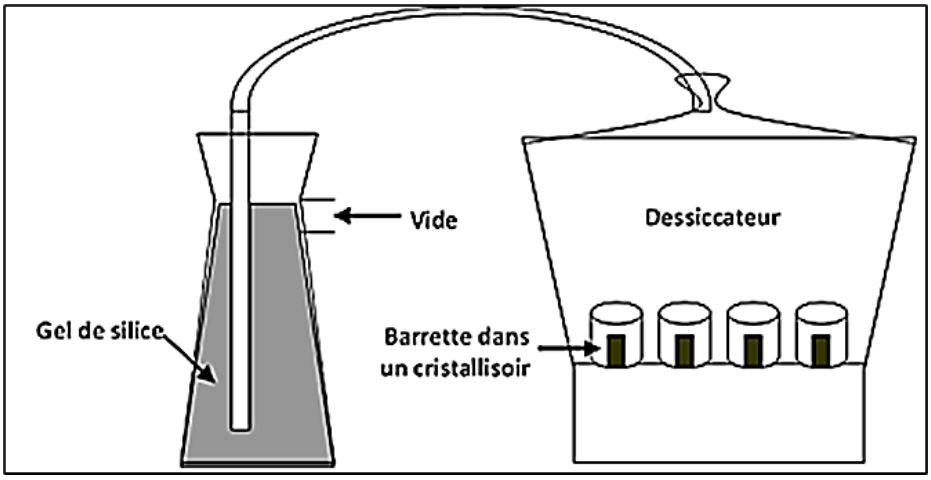


Figure 3. Imprégnation des échantillons de bois de *Pistacia atlantica* à l'eau déminéralisée dans un cristalloir, avec cycles de vides réalisés à l'aide d'un dessiccateur

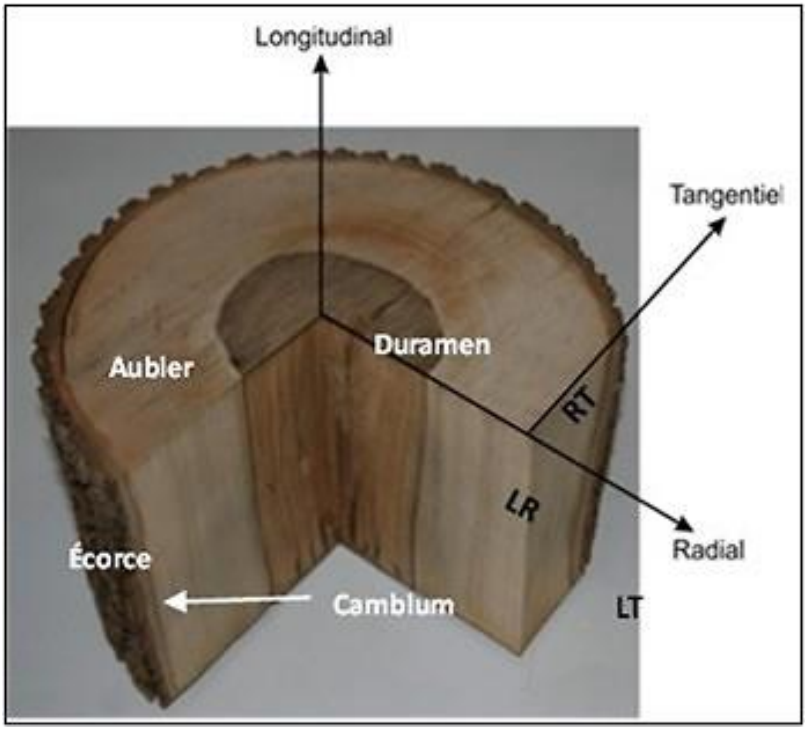


Photo 1. Rondelle de bois de *Pistacia atlantica* découpée selon les trois plans orthotropiques : transversal (RT), radial (LR) et tangentiel (LT)

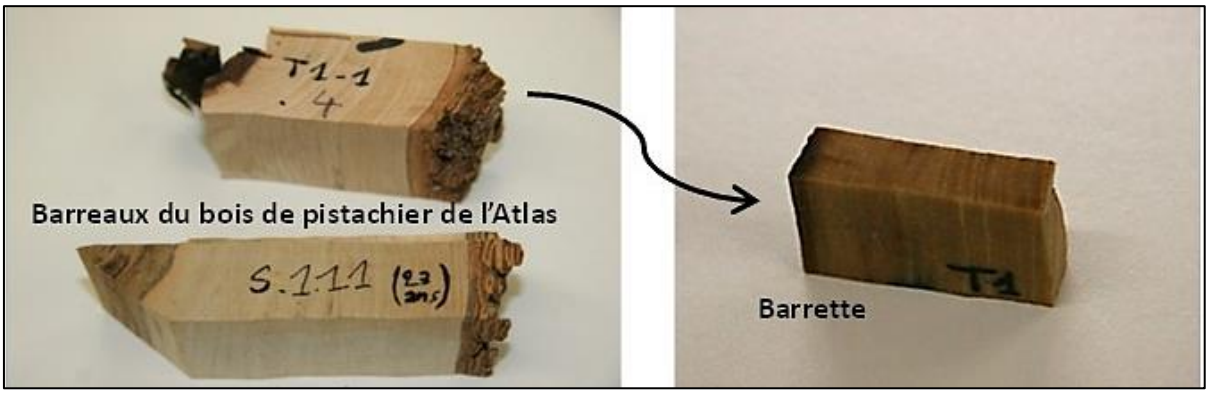


Photo 2. Barrette de bois de *Pistacia atlantica* préparée pour les coupes microscopiques après saturation et imprégnation

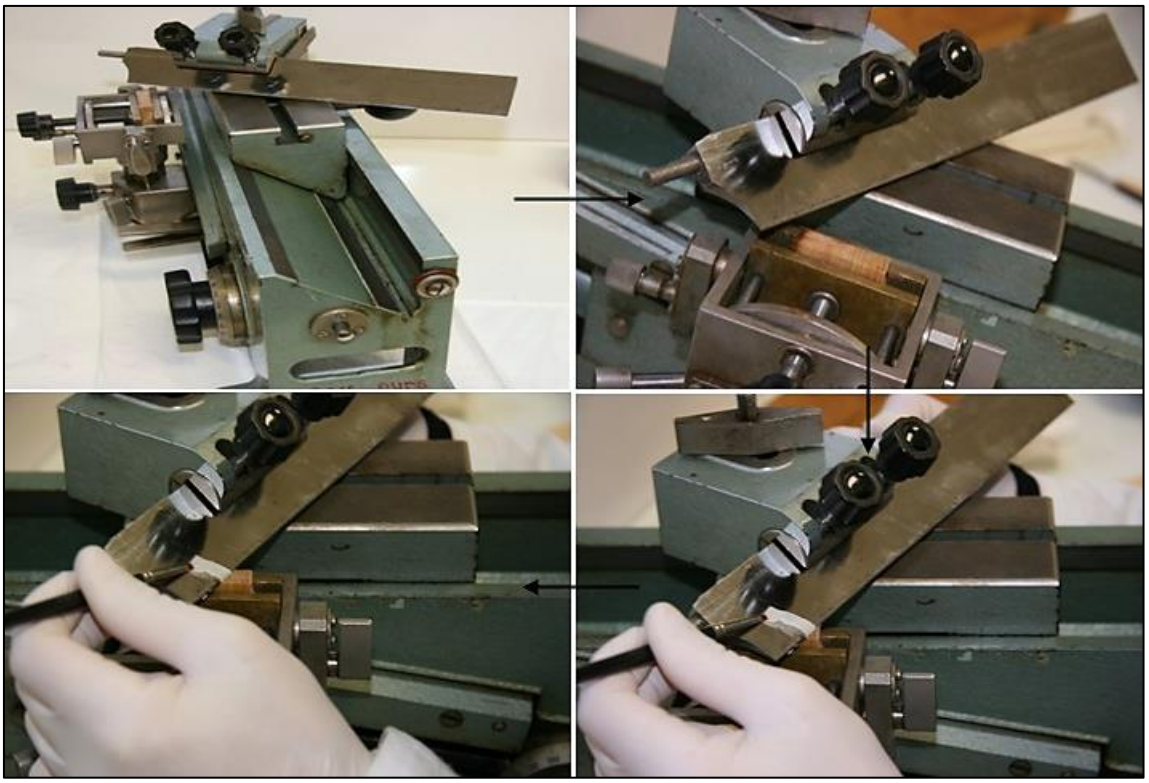


Photo 3. Étapes de la réalisation des coupes microscopiques de 15 µm d'épaisseur à l'aide d'un microtome manuel (REICHERT AUSTRIA)

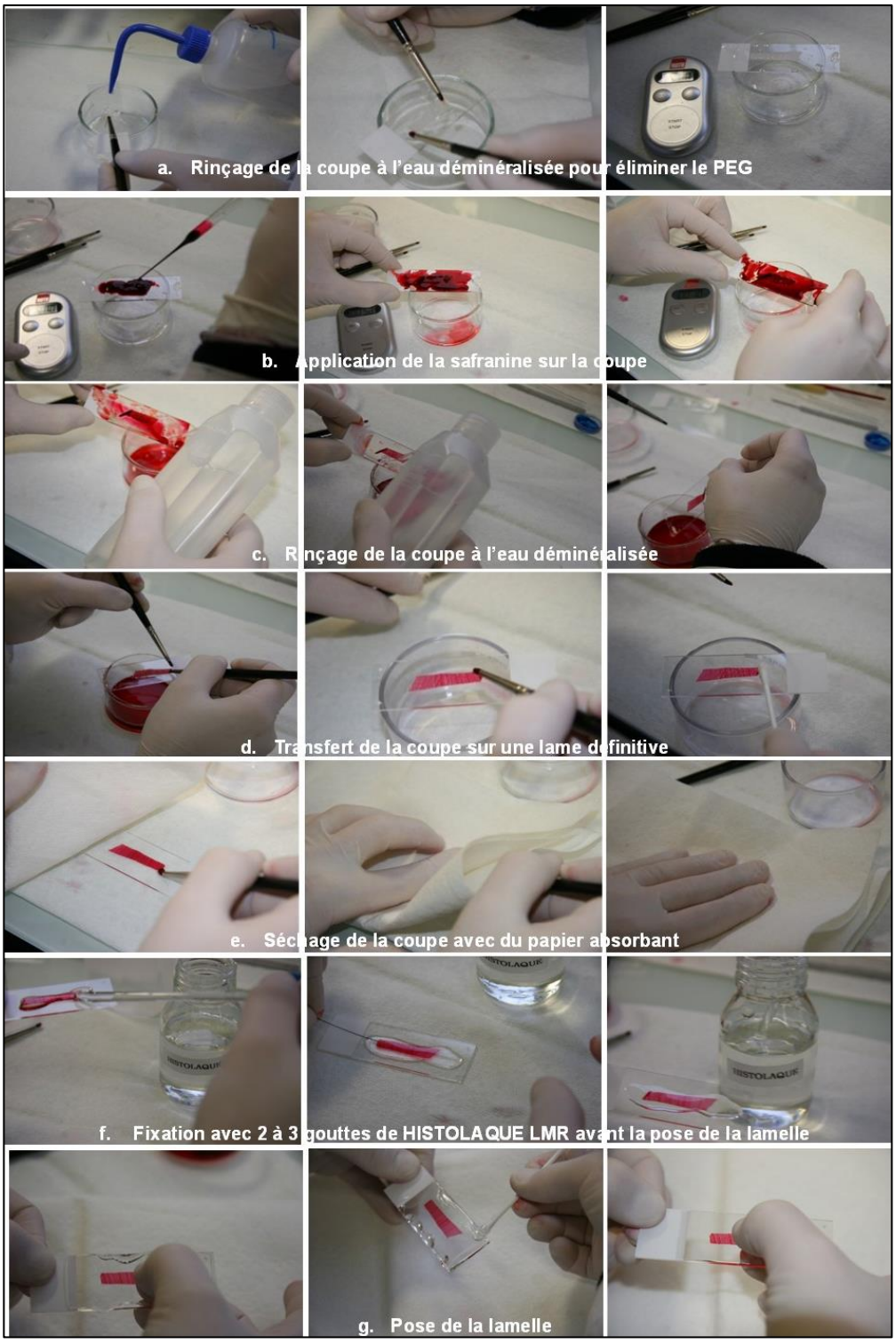


Photo 4. Étapes de la préparation histologique des coupes anatomiques (de **a** à **g**) : rinçage, coloration à la safranine, montage sur lame avec HISTOLAQUE LMR, et séchage à l'air libre (lecture de gauche à droite)



Photo 5. Observation des coupes au microscope photonique (image de gauche) et acquisition d'images à l'aide d'une caméra numérique couplée à un ordinateur (image de droite)

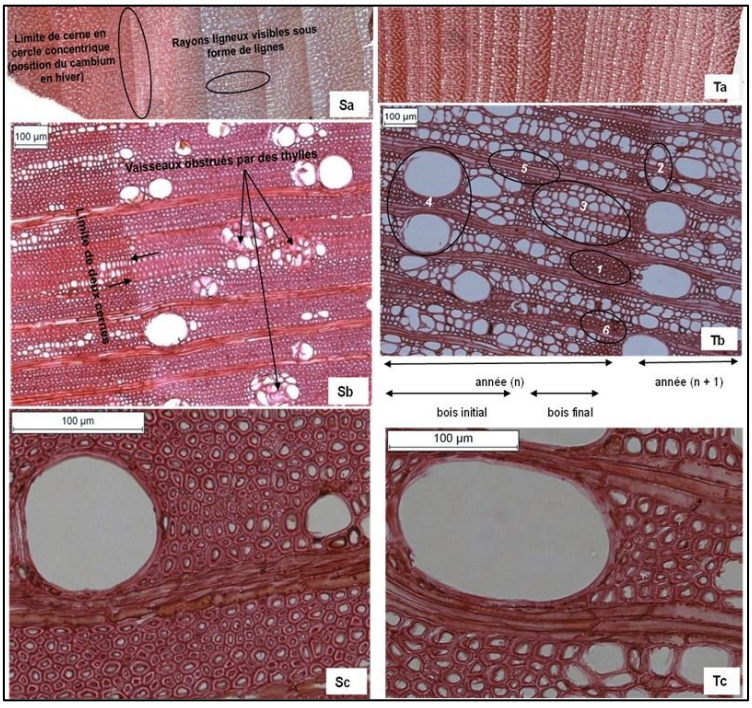


Photo 6. Microphotographies des coupes transversales (RT) du bois de *Pistacia atlantica* (S et T), montrant la porosité initiale, les rayons ligneux unisériés et plurisériés, et les thylles ; (b : x 374 ; c : x 1520)

(1 : **zone de fibres** visible en section ; 2 : **petits vaisseaux** ; 3 : **cellules de parenchyme** ; 4 : **gros vaisseaux** (zone poreuse) ; 5 : **rayon ligneux plurisérié** visible sous forme de lignes ; 6 : **rayon ligneux unisérié**)

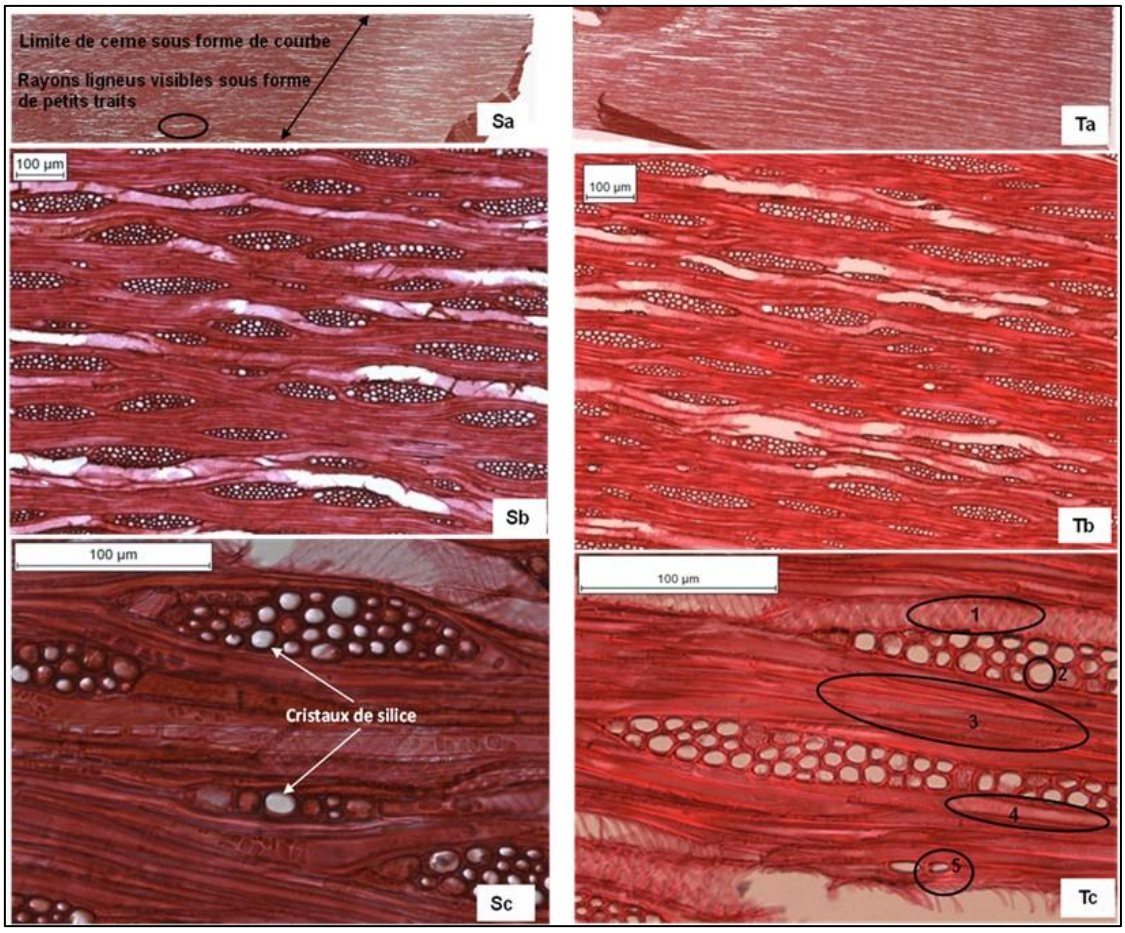


Photo 7. Microphotographies des coupes tangentielles (LT) du bois de *Pistacia atlantica* (S et T), illustrant les épaississements spiralés des vaisseaux, les fibres longitudinales et les rayons ligneux ; (b : x 374 ; c : x 1520)

(1 : **éléments de vaisseau**x à épaississement spiralés ; 2 : **gros rayons ligneux** organisés en chapelets de cellules superposées ; 3 : **fibres** visibles en longueur ; 4 : **gros vaisseau** visible en longueur ; 5 : **petits rayons ligneux**)

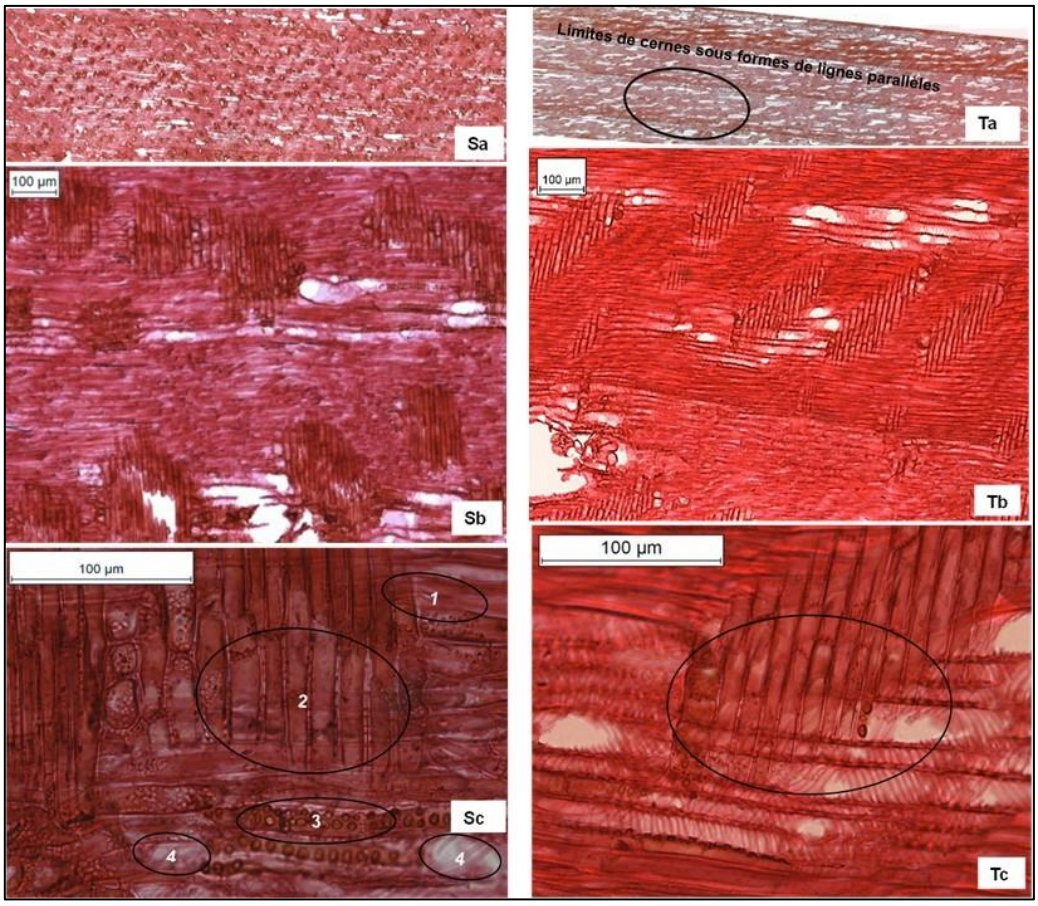


Photo 8. Microphotographies des coupes radiales (LR) du bois de *Pistacia atlantica* (S et T), révélant les ponctuations aréolées, le champ de croisement et les vaisseaux trachéens allongés. Grossissements; (b : x 374 ; c : x 1520)

(1 : **fibres** ; 2 : **champ de croisement** entre les fibres et les rayons ligneux ; 3 : **ponctuations aréolées** entre vaisseaux visibles ; 4 : **vaisseaux trachées**)