

N° d'ordre :



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR & DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

THESE

DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par

MELLE. *Tirse Malika*

Spécialité : Sciences de l'Environnement

Option : Inventaire, Valorisation et Ecologie de la Restauration

Intitulé

**Etude microphytodermique des folioles de *Pistacia*
et des genres affiliés à la famille des *Anacardiaceae*
en région Nord-occidentale oranaise**

Soutenue le

Devant le jury composé de :

Président : Mr.Pr. M. Belkhodja

univ. Sénia Oran

Examinatrices:

Mme.Pr. Z. Ighil hariz

univ. Sénia Oran

Mme. Dr. S. Mahroug

UDL. Sidi Bel-Abbès

Directeur de thèse :

Mr. Pr. H. Benhassaini

UDL. Sidi Bel-Abbès

Année universitaire 2016-2017

صنائع المعروف تقي مصارع السوء
و صانع المعروف لا يقع
و إذا وقع وجد متكئاً....

"الامام **على** عليه السلام"

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail...

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes plus sincères remerciements tout d'abord à mon encadreur le professeur Monsieur Hachemi Benhassaini. Je lui adresse particulièrement ma plus sincère reconnaissance pour son aide efficace, ses conseils constructifs et pertinents, ses encouragements ainsi que sa disponibilité absolue.

Je souhaite tous particulièrement remercier Mr. Bernard Aufray pour m'avoir accueillie dans son laboratoire CINaM : centre interdisciplinaire de nanosciences de Marseille, ainsi que Mr. Damien Chaudanson et Mr. Nultch pour leurs précieuses aides et leurs participations à la réalisation des photographies MEB.

Il m'est agréable de remercier vivement Mme Silvia Porcedda, Mme Alessandra Piras ainsi que Mr. Danilo Falconieri pour leur accueil sympathique lors de mon arrivé à Cagliari, leur bonne humeur, ainsi de m'avoir donné libre accès au laboratoire des sciences chimiques et géologiques de l'université de Cagliari à l'Italie, afin d'effectuer les analyses CPG-MS.

Je remercie également le personnel du laboratoire de chimie de l'université Djillali Liabes à Sidi Bel Abbès pour son aide et sa disponibilité de leur matériel.

J'adresse mes vifs remerciements à Mr. Moulay Belkhdja, professeur à l'université Sénia (Oran), pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être le président de mon jury de thèse.

Mes remerciements s'adressent également à Mme Zohra Ighil Hariz, professeur à l'université Sénia (Oran), et Mme Samira Mahroug, docteur à l'université Djillali Liabes Sidi Bel Abbès qui ont bien voulu faire partie de mon jury de thèse et examiner ce travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon amie et ma collègue Mme Asma Belaskri, docteur à l'université Djillali Liabes Sidi Bel Abbès, pour son aide, son précieux soutien moral et sa motivation inconditionnelle tout au long de mes années de post-graduation.

Un grand merci à ceux qui ont participé de près ou de loin à ce travail et qui leurs noms ne figurent pas dans cette page... qu'ils trouveront ici toute l'intensité de ma gratitude et ma reconnaissance.

En fin, je souhaite encore une fois remercier mon encadreur de m'avoir permis de mener à bien ce travail et bien avant depuis mes années de graduation et post-graduation, je lui remercie infiniment pour ses qualités humaines et scientifiques, ses motivations et son soutien moral... qu'il trouvera entre ces lignes l'expression de mon profond respect et ma sincère reconnaissance.

Malik'a

ملخص

شكّلت الدراسة المكرومرفولوجية حديثا محور العديد من البحوث التصنيفية التي تدرس التنوع ما بين الأصناف النباتية.

يقوم هذا العمل من جهة على الفحص المكرومرفولوجي لنباتات أصناف نوعي الفستق و السمّاق المنتمين لعائلة البطميات، و من جهة أخرى، على دراسه السمغ الجلدي لنباتات نوع الفستق، و ذلك من اجل توفير مُعطيات جديدة بخصوص تحديد أصناف أنواع النباتات.

النتائج المُحصّل عليها تعكس اختلاف نوعي و كمّي ما بين أصناف نوع الفستق الثلاثة و صنف السمّاق المدروسة.

البصمات الأديمية لوريقات الضّرو، البطم الثّربنتي و البطم الهجين تعكس تنوع ملحوظ من حيث الأنواع المسامية و توزيعها، شكل و مقاس المسام . الكثافه المساميه تتراوح بين 272 و 450 مسام في متر مربع. الوبرات بشكليها الغدي و غير الغدي قد لوحظت أيضا بنفس الشيء ، هذا التنوع قد لوحظ على البصمات الأديمية لوريقات السمّاق التيزغي ذو خمس وريقات. الكثافه المساميه تتراوح بين 252 و 200 مسام في متر مربع. السمغ الجلدي لنباتات نوع الفستق بين وجود تركيبه اساسها الالكانات الخطيه و الاستر الاثيلي بنسب متفاوتة.

الوصف المكرومرفولوجي بالتنسيق مع دراسات مورفوتشريحية و او كيميونباتيه بامكانهما تزويد معلومات قيمة حول تصنيف الأنواع النباتية و كذا تكيف الأصناف مع عوامل جفاف المحيط.

الكلمات المفتاح: المكرومرفولوجية، الفستق، السمّاق، البطميات، الأشكال المسامية، الوبرات، تصنيف، تكيف.

Résumé

La microphytodermie foliaire a fait récemment l'objet de plusieurs études d'ordre taxonomique traitant ainsi la variabilité inter et intraspécifique.

Le présent travail porte d'une part, sur l'étude de la microphytodermie des feuilles des espèces des genres *Pistacia* et *Rhus* dans la famille des *Anacardiaceae*, et d'autre part, sur l'identification des cires cuticulaires des espèces du genre *Pistacia*. Le but est de fournir plus de données de diagnostic micromorphologique qui aideront mieux à la délimitation des entités taxonomiques.

Les résultats obtenus reflètent une variabilité microphytodermique et cuticulaire aussi bien qualitative que quantitative entre les espèces étudiées.

Les empreintes épidermiques des folioles de *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus* et *Pistacia saportae* manifestent une diversité remarquable de types et distributions stomatiques ainsi que la taille et la forme des stomates. La densité des stomates varie entre 272 à 450 st/mm². Les trichomes glandulaires et non glandulaires ont été aussi observés avec des formes variées. De même, cette diversité microphytodermique est notée chez l'espèce *Rhus pentaphylla*. La densité des stomates oscille entre 200 à 252 st/mm². Les cires cuticulaires des espèces du genre *Pistacia* ont révélé une composition à base d'alcane linéaires et ester éthylique à des proportions relativement importantes.

La caractérisation microphytodermique en combinaison avec d'autres paramètres phytochimiques et/ou morpho-anatomiques peuvent fournir de précieuses indications aussi bien pour la taxonomie infragénérique que sur l'adaptation des espèces vis-a-vis les conditions de xéricité du milieu.

Mots clefs: microphytodermie, *Pistacia*, *Rhus*, *Anacardiaceae*, types stomatiques, trichomes, taxonomie, adaptation.

Abstract

Leaf microphytodermy was recently the subject of several taxonomic studies thus treating the inter- and intra-specific variability.

The present work was carried on one hand, on the study of microphytodermy specie's leaves of *Pistacia* and *Rhus* genera of *Anacardiaceae* family, and on the other, the identification of cuticular waxes of *Pistacia* species was conducted to provide more micromorphological diagnostic data that will help better delimitation of taxonomic entities.

The results reflect a microphytodermal and cuticular variability both qualitative and quantitative between the species studied.

The leaflet's epidermal imprints of *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus* and *Pistacia saportae* show a variety of types and stomatal distributions. Stomatal density varies between 272 and 450 st/mm². The size and shape of stomata are so different. Capitae and peltate glandular and aglandular trichomes were also observed differently. Similarly, this microphytodermal diversity is noted in *Rhus pentaphylla*. Adaxial and abaxiales stomatal densities are of the order of 225 to 200 st/mm² respectively. Cuticular waxes of *Pistacia* species revealed a composition based on linear alkanes and ethyl esters at very different proportions.

The microphytodermal characterization in combination with other phytochemicals and / or morpho-anatomicals researchs can provide valuable information for both infrageneric taxonomy and adaptation of species toward xericity conditions of environment.

Key words: microphytodermy, *Pistacia*, *Rhus*, *Anacardiaceae*, stomatal types, trichomes, taxonomy, adaptation.

Table des matières

Liste des figures

Liste de tableaux

Introduction.....1

Partie I : Considérations Bibliographiques

Chapitre I : Généralités sur la famille des *Anacardiaceae*

1-1- Description botanique des <i>Anacardiaceae</i>	4
1-2- Systématique des <i>Anacardiaceae</i>	6
1-3- Position phylogénétique des <i>Anacardiaceae</i>	7
1-4- Répartition géographique des <i>Anacardiaceae</i>	8
1-5- Propriétés et usages des <i>Anacardiaceae</i>	8

Chapitre II : Présentation des genres affiliés à la famille des *Anacardiaceae*

II- 1- Le genre *Pistacia*

II-I-1-Description botanique du genre <i>Pistacia</i>	10
II-1-2-Répartition géographique du genre <i>Pistacia</i>	10
II-1-3-Propriétés et usages du genre <i>Pistacia</i>	12
II-1-4-Evolution du genre <i>Pistacia</i>	12
II-1-5-Description botanique et répartition géographique des espèces du Genre <i>Pistacia</i>	13
II-1- 5- 1- <i>Pistacia atlantica</i>	13
II-1- 5- 2- <i>Pistacia lentiscus</i>	14
II-1- 5- 3- <i>Pistacia terebinthus</i>	15
II-1- 5- 4- <i>Pistacia vera</i>	16
II-1- 5- 5- <i>Pistacia x saportae</i> [<i>P. lentiscus</i> x <i>P. terebinthus</i>].....	18

II- 2- Le genre *Rhus*

II-2-1-Description botanique du genre <i>Rhus</i>	18
II-2-2-Répartition géographique du genre <i>Rhus</i>	19
II-2-3-Propriétés et usage du genre <i>Rhus</i>	19
II-2-4-Evolution du genre <i>Rhus</i>	19
II-2-5-Description botanique et répartition géographique des espèces du genre <i>Rhus</i> .	20
II-2- 5- 1- <i>Rhus coriaria</i>	20
II-2- 5- 2- <i>Rhus cotinus</i>	20
II-2- 5-3- <i>Rhus pentaphylla</i>	21
II-2- 5- 4- <i>Rhus typhina</i> (Sumac de Virginie): synonyme : <i>Rhus hirta</i>	22
II-2-5-5- <i>Rhus tripartitum</i>	23

Chapitre III : Caractéristiques microphytodermiques chez les Angiospermes

III-1-Structure de la feuille chez les Angiospermes.....	24
III-1-1- Complexe stomatique.....	26
III-1-1-1-Les cellules de garde.....	26
III-1-1-2-Les stomates.....	27
III-1-2-Ontogenèse stomatique.....	27
III-1-3-Types stomatiques.....	31
III-4-Formes d'adaptation stomatique.....	34
III-1-5-Trichomes.....	36
III-2-Valeur systématique des traits micromorphologiques.....	37

Chapitre IV : Biologie de la cuticule

IV- 1- Evolution de la cuticule de la plante.....	41
IV- 2- Les principales fonctions de la cuticule chez les plantes.....	42
IV-3- La structure fine de la cuticule de la plante.....	42
IV-4- Composition des cires cuticulaires végétales.....	43
IV-4-1-La cire épicuticulaire.....	43
IV-4-2-La classification structurale et chimique des cires épicuticulaires.....	44
IV-5- Méthodes d'extraction des cires cuticulaires végétales.....	44
IV-5-1- L'analyse instrumentale.....	45

Partie 2 : Etude expérimentale

Chapitre V : Matériels et méthodes

V-1- Description des sites d'échantillonnage.....	47
V-2-Matériel végétal.....	48
V-3-Préparation des échantillons.....	49
V-3-1-Observations au microscope photonique.....	49
V-3-2-Observations au microscope électronique à balayage.....	49
V-3-3-Extraction chimique des cires cuticulaires totales.....	50
V-1-4-Analyse qualitative et quantitatives des cires cuticulaires.....	50
V-1-4-1-Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse..	50

Chapitre VI : Résultats et discussion

VI-1- Résultats

VI-1-1- Résultats des paramètres qualitatifs

VI-1-1-1-Genre <i>Pistacia</i>	53
VI-1-1-1-1- <i>Pistacia lentiscus</i>	54
VI-1-1-1-2- <i>Pistacia terebinthus</i>	59
VI-1-1-1-3- <i>Pistacia saportae</i>	64
VI-1-1-2-Genre <i>Rhus</i>	68
VI-1-1-2-1- <i>Rhus pentaphylla</i>	68

VI-1-2- Résultats des paramètres quantitatifs

VI-1-2-1-Genre <i>Pistacia</i>	72
VI-1-2-1-1- <i>Pistacia lentiscus</i>	73
VI-1-2-1-2- <i>Pistacia terebinthus</i>	73
VI-1-2-1-3- <i>Pistacia saportae</i>	73
VI-1-2-2-Genre <i>Rhus</i>	75
VI-1-2-2-1- <i>Rhus pentaphylla</i>	75

V-1-3- Analyse qualitative et quantitative des cires cuticulaires des espèces du genre

<i>Pistacia</i>	78
VI-1-3-1- <i>Pistacia atlantica</i>	78
VI-1-3-2- <i>Pistacia lentiscus</i>	78
VI-1-3-3- <i>Pistacia terebinthus</i>	79

VI-1-3- 4- <i>Pistacia saportae</i>	80
VI-2- Discussion.....	81
Conclusion générale et perspectives.....	95
Références bibliographiques.....	99

Liste des Figures

Figure 1: Ovules apotropes chez les <i>Anacardiaceae</i>	5
Figure 2: Différent types de fruits chez les <i>Anacardiaceae</i>	5
Figure 3: Feuilles et fruits de <i>Pistacia atlantica</i> Desf.....	14
Figure 4: Distribution de <i>Pistacia atlantica</i> Desf. (Incluant <i>P. mutica</i>).....	14
Figure 5: Feuilles, inflorescences et fruit de <i>Pistacia lentiscus</i>	15
Figure 6: Feuilles, inflorescences et fruit de <i>Pistacia terebinthus</i>	16
Figure 7: Feuilles, inflorescences et fruit de <i>Pistacia vera</i>	17
Figure 8: Distribution de <i>Pistacia vera</i>	17
Figure 9: Feuilles et fruit de <i>Rhus coriaria</i>	20
Figure 10: Feuilles et fruit de <i>Rhus cotinus</i>	21
Figure 11: Feuilles et fruit de <i>Rhus pentaphylla</i>	22
Figure 12: Feuilles et inflorescences de <i>Rhus typhina</i>	22
Figure 13: Disposition des stomates sur les faces foliaires abaxiales.....	26
Figure 14: Images des stomates (fermés) de chaque espèce examinée.....	27
Figure 15: Représentation schématique des divisions cellulaires au cours de développement des stomates chez <i>Arabidopsis thaliana</i>	29
Figure 16: Complexes stomatiques des plantes vasculaires sur la base de l'arrangement des cellules subsidiaires.....	32
Figure 17: Formes de protection stomatique chez les <i>Proteaceae</i>	36
Figure 18 : Coupe transversale schématique de la partie supérieure de l'épiderme végétal...42	42
Figure 19: Localisation des sites d'échantillonnage des espèces du genre <i>Pistacia</i> et du genre <i>Rhus</i>	48
Figure 20: Structure de la face adaxiale des folioles du <i>Pistacia lentiscus</i> (MEB).....	56
Figure 21: Structure de la face abaxiale des folioles de <i>Pistacia lentiscus</i> (MEB).....	57
Figure 22: Types stomatiques de <i>Pistacia lentiscus</i> (microscope photonique).....	58
Figure 23 : Structure de la face adaxiale des folioles de <i>Pistacia terebinthus</i> (MEB).....	61
Figure 24: Structure de la face abaxiale des folioles de <i>Pistacia terebinthus</i> (MEB).....	62

Figure 25: Types stomatiques de <i>Pistacia terebinthus</i> (microscope photonique).....	63
Figure 26: Structure de la face adaxiale des folioles de <i>Pistacia saportea</i> (MEB).....	65
Figure 27: Structure de la face abaxiale des folioles de <i>Pistacia saportea</i> (MEB).....	66
Figure 28: Types stomatiques de <i>Pistacia saportae</i> (microscope photonique).....	67
Figure 29: Structure de la face adaxiale des folioles de <i>Rhus pentaphylla</i> (MEB).....	69
Figure 30: Structure de la face abaxiale des folioles de <i>Rhus pentaphylla</i> (MEB).....	70
Figure 31: Types stomatiques de <i>Rhus pentaphylla</i> (microscope photonique)	71
Figure 32: Densité stomatique des 03 espèces du genre <i>Pistacia</i>	74
Figure 33: Taille stomatique des 03 espèces du genre <i>Pistacia</i>	74
Figure 34: Forme stomatique des 03 espèces du genre <i>Pistacia</i>	74
Figure 35: Paramètres microphytodermiques de <i>R. pentaphylla</i>	76
Figure 36: Cercle de corrélation entre les variables microphytodermiques des 4 espèces étudiées.....	77
Figure 37 : Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de <i>P. atlantica</i>	78
Figure 38 : Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de <i>P. lentiscus</i>	79
Figure 39 : Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de <i>P. terebinthus</i>	79
Figure 40 : Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de <i>P. saportae</i>	80

Liste des Tableaux

Tableau 1: Familles synonymes des <i>Anacardiaceae</i> Lindl.....	6
Tableau 2: Coordonnées climatiques et géographiques des stations d'étude.....	48
Tableau 3: Synthèse des paramètres épidermiques qualitatifs étudiés des espèces du genre <i>Pistacia</i>	53
Tableau 4: Synthèse des paramètres épidermiques quantitatifs des espèces du genre <i>Pistacia</i>	72
Tableau 5: Synthèse des paramètres épidermiques quantitatifs de <i>Rhus pentaphylla</i>	75
Tableau 6: Contribution des variables sur le cercle de corrélation ACP.....	77

Introduction

Introduction

Les écosystèmes méditerranéens sont particulièrement fragiles, caractérisés par des climats arides et semi-arides et gérés par deux périodes de stress au cours de l'année, à savoir la sécheresse estivale et le froid hivernal. Les changements climatiques conjugués à l'impact d'origine anthropique sont susceptibles d'altérer considérablement la structure de la végétation. Dans de tels écosystèmes, la végétation consiste principalement à des arbres à feuillage persistant, à feuillage caduc et des plantes pérennes soumis à des adaptations d'ordre morphologiques, anatomiques et physiologiques. Les *Anacardiaceae* font partie de cette végétation représentée particulièrement dans le Nord de l'Algérie par deux genres à savoir le genre *Pistacia* et le genre *Rhus*. Ces derniers regroupent des espèces xériques à potentiel économique important, impliquées dans des divers projets de reboisement et de restauration.

Quatre espèces du genre *Pistacia* en l'occurrence *P. atlantica*, *P. lentiscus* et *P. terebinthus* sont présentes dans le Nord occidental de l'Algérie. Le saportae a été reporté comme hybride issu du lentisque femelle et du térébinthe male. Quant au genre *Rhus*, seuls *Rhus pentaphylla* et *Rhus tripartitum* sont les deux représentants du genre dans le territoire national. Selon certaines sources anonymes, une autre espèce à savoir *Rhus coriaria* ou sumac des corroyeurs est citée comme une plante rare trouvée à Bouzaréa, près d'Alger.

Plusieurs auteurs ont été intéressés à ces *Anacardiaceae* et plus particulièrement à ces genres aussi bien pour leurs coproduits que leur utilité en terme de résistance à la sécheresse. La position systématique de ces genres et leurs relations intragénériques sont controversées et pas bien définies. Des enquêtes morphologiques, anatomiques et récemment des études moléculaires approfondies ont été entreprises chez les *Anacardiaceae* afin de résoudre ces problèmes taxonomiques conflictuels. Toutefois, une étude complète faisant appel à la microphytodermie soit nécessaire et complémentaire. Récemment, plusieurs entités taxonomiques à échelle familiale, générique ou tribale ont été remises en cause et revues sur la base de la micromorphologie foliaire. L'étude microphytodermique foliaire (densité, taille,

distribution et types des stomates, types et densités des trichomes, présence, absence et formes des cires épicuticulaires) a fait l'objet de plusieurs thématiques traitant l'effet des polluants atmosphériques sur l'anatomie foliaire et les réponses adaptatives des plantes vis-à-vis des conditions environnementales fluctuantes. Ainsi, ces caractéristiques épidermiques sont informatives et ont prouvé leurs intérêts pour les relations à faibles niveaux taxonomiques d'ordre spécifique, générique et même pour les fossiles.

Dans ce contexte, et vue la complexité des affinités taxonomiques de ces entités, et leurs comportement vis-à-vis de la xéricité des milieux peu étudiés, la présente étude est la première du genre portée sur deux volets, et réalisée en vue d'atteindre deux objectifs principaux.

Le premier volet porte sur la caractérisation de l'épiderme foliaire de 03 taxons du genre *Pistacia* (*P. lentiscus*, *P. terebinthus* et *P. saportae* (Monts de Tessala, Sidi bel Abbes) et une espèce du genre *Rhus* à savoir *Rhus pentaphylla* (Sidi Djelloul, Témouchent) présentes dans la région nord occidentale oranaise de l'Algérie afin de connaître les traits micro-morphologiques adaptatifs face aux conditions environnementales fluctuantes d'une part, et d'autre part, d'apporter d'éventuels critères sur la classification systématique des deux genres en question. Il est donc impératif de tenter une recherche de caractères épidermiques par le biais du microscope électronique à balayage qui peut être d'utilité taxonomique dans le cadre du remodelage des critères de la classification moderne.

Le second volet est une contribution à l'identification des composés des cires cuticulaires chez les espèces du genre *Pistacia* par la technique du chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en vue de renforcer nos connaissances sur les mécanismes adaptatifs de ces espèces.

Le présent travail est soutenu par une partie bibliographique traitant en général la famille des *Anacardiaceae*, les genres affiliés et leurs emplacements taxonomiques dans les différents systèmes de classification, une mise en valeur des traits microphytodermiques et leurs utilités en termes de systématique, ainsi qu'une initiation à l'étude des cires cuticulaires végétales et leurs implications en termes de résistance aux stress biotiques et abiotiques. Ces illustrations bibliographiques sont argumentées par les résultats retenus et la discussion. Une conclusion d'ordre général clotura cette étude. Des perspectives ont été mises au point afin d'apporter d'éventuelles suggestions sur le travail entrepris.

Chapitre I

Généralités sur la famille des

Anacardiaceae

1-1- Description botanique des *Anacardiaceae*

La famille des *Anacardiaceae* regroupent des arbres, arbustes, lianes ou rarement des herbes pérennes à canaux de résine verticales dans l'écorce et le feuillage, parfois du suc laiteux (Mabberley, 1987). Ce sont des espèces hermaphrodites, polygamo-dioïques ou dioïques (Tianlu et Barfod, 2008). Les feuilles sont spiralées, rarement opposées ou verticillées, pennées ou trifoliées, moins souvent simples (Mabberley, 1987). Selon Pell (2004), les feuilles sont généralement alternes mais peuvent être composées simples ou pennées ou rarement bi-pennées comme c'est le cas chez *Spondias bipinnata*.

Les inflorescences terminales ou axillaires sont rarement bisexuelles ou habituellement unisexuées, régulières (souvent avec des pièces sans fonction chez l'autre sexe) (Mabberley, 1987), en thyrsoides ou panicules terminales ou axillaires à bractées florales sous-tendantes petites, ou parfois grandes, membraneuses et fusionnées à pédoncule (*Dobinea*). Les fleurs ne sont généralement pas très visibles, actinomorphes, 3-5-mères, bisexuelles à unisexuées, réceptacle parfois allongé en forme de tonneau (*Mangifera*) (Tianlu et Barfod, 2008). Le périanthe est généralement double (unique chez *Pistacia* ou manquant de fleurs femelles chez *Dobinea*); sépales fusionnés à la base et lobés (bractée chez *Pistacia*), imbriqués ou valvaires dans le bourgeon, caduques ou persistants. Les pétales sont libres ou adnés à la base à réceptacle prolongé, imbriqués ou valvaires, à feuilles caduques à persistantes. Les étamines sont insérées en 1 ou 2 verticilles, 1 chez (*Anacardium*, *Mangifera*), plusieurs ou tous fertiles; filaments grêles, parfois connés à la base (*Anacardium*); anthères ovoïdes ou oblongues, introrsés, dorsis ou basifixes, à déhiscence longitudinale, biloculaire avec 4 sacs de pollen (Tianlu et Barfod, 2008). Les taxons possèdent un disque nectarifère intra-staminal et des ovules apotropes pendants qui sont apicalement, latéralement ou basalement attachés (Pell, 2004). Selon Tianlu et Barfod (2008), le disque peut être extra-staminal, charnu, crénelé, en forme de stipe, rond, plat ou subcupulaire. L'ovaire est supère, parfois infère (*Pegia* et *Semecarpus*) ou semi-infère, soit (a) un carpelle uniloculaire, (b) syncarpe de 2-5 loculaires (rarement plus), (c) apocarpe de 4-6 carpelles (*Buchanania*), ou (d) 5 carpelles incomplètement connés (*Dracontomelon*); stigmates 1-5 (rarement plus), plus ou moins distincts, chaque loge avec un ovule apotrope, généralement avec un carpelle développant à maturité (Fig. 1).

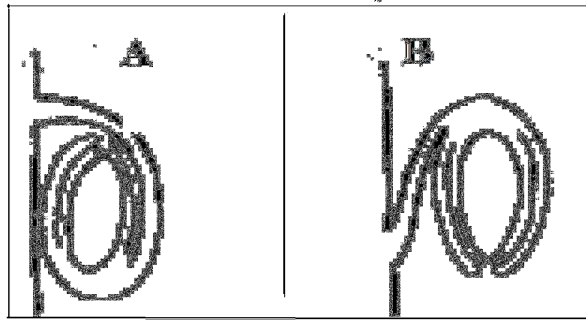


Figure1: Ovules anatropes chez les *Anacardiaceae*. **A:** Ovule anatrope pendant à raphé dorsal, **B:** Ovule anatrope à raphé ventral (Redessiné et modifié par Geesink et al., 1981)

Les *Anacardiaceae* présentent aussi une diversité morphologique des fruits (Fig.2). Ces derniers sont des drupes sèches et indéhiscentes (*Dobinea*), parfois portés sur un hypocarpe charnu élargi formé par une pédicelle et un réceptacle (*Anacardium* et *Semecarpus*) ou fusionnés à accrescents membraneux sous-tendant bractées florales (*Dobinea*), composé de 1-5, rarement plus, les cellules, chacune contenant 1 graine, à épicarpe mince, mésocarpe généralement charnu, fibreux et résineux; endocarpe crustacé à osseux (Tianlu et Barfod, 2008). Bien que la majorité de la famille à des fruits drupacés, plusieurs autres types de fruits sont également représentés pour différents mécanismes de dispersion (Pell, 2004).



Figure 2: Différent types de fruits chez les *Anacardiaceae* (Source : Wikipédia)

Deux genres : *Anacardium* L. et *Semecarpus* L. f. ont un hypocarpe comestible élargie sous-tendant une drupe. Une espèce d'*Anacardium* : *A. microsepalum* n'a pas un hypocarpe et se développe dans les forêts inondées de l'Amazonie où il peut être dispersé par les poissons (Pell, 2004). La dispersion des graines par l'eau a été signalée chez certains genres : *Mangifera* L., *Spondias* etc.... La variété des mécanismes de dispersion du vent vu à travers les tribus des *Anacardiaceae*, *Dobineae*, et *Rhoeae* inclus des grands sépales (*Astronium*, *Hermogenodendron*, *Loxostylis*, *Myracrodruon*, *Parishia*), pétales larges (*Gluta*, *Swintonia*),

des marges couvertes de trichomes sur un fruit globuleux (*Actinocheita*), ou sur un fruit aplati (*Blepharocarya*, *Ochoterena*) (Pell, 2004).

1-2- Systématique des *Anacardiaceae*

La longue histoire taxonomique des *Anacardiaceae* illustre à la fois la confusion de la délimitation de la famille et le problème de l'organisation des genres dans une classification subfamiliale (Pell, 2004). La famille des *Anacardiaceae* a d'abord été proposée par Lindley en 1830, mais ses membres ont été diversement placés dans d'autres familles, y compris la famille des *Blepharocaryaceae*, *Cassuviaceae*, *Comocladiaceae*, *Julianiaceae*, *Lentiscaceae*, *Pistaciaceae*, *Podoaceae*, *Rhoaceae*, *Schinaceae*, *Spondiadiaceae*, *Sumachiaceae*, *Terebinthaceae*, et *Vernicaceae* (Tableau 1). Trois de ces familles : *Podoaceae*, *Blepharocaryaceae*, et *Julianiaceae*, sont encore considérés par certains taxonomistes d'être distinctes mais étroitement liées (Pell, 2004).

Tableau 1 : Familles synonymes des *Anacardiaceae* Lindl.

Nom de famille	Date de proposition	Raison de la synonymie
<i>Pistaciaceae</i>	1763	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>
<i>Terebinthaceae</i>	1782	//
<i>Cassuviaceae</i>	1818	//
<i>Comocladiaceae</i>	1820	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>
<i>Spondiadiaceae</i>	1820	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>
<i>Rhoaceae</i>	1826	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>
<i>Vernicaceae</i>	1831	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>
<i>Sumachiaceae</i>	1838	//
<i>Lentiscaceae</i>	1843	//
<i>Podoaceae</i>	1889	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>
<i>Julianiaceae</i>	1906	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>
<i>Blepharocaryaceae</i>	1964	Regroupés dans les <i>Anacardiaceae</i>

Le traitement systématique de Bentham et Hooker (1862) des *Anacardiaceae* est devenu le premier à reconnaître officiellement les affinités infra-familiales des genres au sein de la famille. Ils ont proposé les tribus *Anacardieae* et *Spondieae* qui se distinguent par la présence d'une seule loge par ovaire contre deux à cinq loges, respectivement (Pell, 2004). Par la suite, Marchand (1869) a divisé la famille en neuf tribus sur la base du degré de fusion des carpelles, insertion de l'ovule sur le placenta, le nombre de loges par ovaire, le nombre de spires staminales, et la croissance de périanthe après l'anthèse. Dans un traitement de la flore brésilienne, Engler, (1876) a élargi ce système tribal chez les *Anacardiaceae* à 11 tribus mais, dans ses traitements ultérieurs (Engler, 1881, 1883, 1892) à réduit ce nombre à quatre, puis finalement à cinq tribus (Pell, 2004). Dans une première étude moléculaire des *Anacardiaceae*, Terrazas (1994) a utilisé les séquences de gène chloroplastique *rbcL*, les données morphologiques et anatomiques du bois pour interpréter la phylogénie de la famille. Ses résultats phylogénétiques ont révélé que la famille des *Anacardiaceae* est paraphylétique avec la famille des *Burseraceae* (Pell, 2004). La famille des *Anacardiaceae* est taxonomiquement divisée en 82 genres tandis que celle des *Burseraceae* est divisée seulement en 20 genres. Bien que les forces écologiques, évolutives et historiques entraînant cette diversité ne soient pas encore comprises, la disparité dans la diversité morphologique et la répartition sont assez évidentes. La famille des *Anacardiaceae* a une plus grande diversité de fruits que la famille des *Burseraceae* et elle est présentée dans de nombreux autres habitats (Pell, 2004).

Historiquement, la famille des *Anacardiaceae* a été placée dans l'ordre des *Burserales*, *Rutales*, *Sapindales*, ou *Terebinthinae*. Actuellement, la plupart des auteurs la considèrent comme un membre des *Sapindales* et des études moléculaires récentes au niveau ordinal ont soutenu cette classification (Gadek et al. 1996) et au-delà (Bremer et al. 1999; Savolainen et al. 2000 a).

1-3- Position phylogénétique des *Anacardiaceae*

Taxonomiquement et phylogénétiquement, les *Anacardiaceae* et les *Burseraceae* sont deux familles sapindaliennes étroitement liées (Pell, 2004). Plusieurs auteurs ont soutenu cette position phylogénétique entre les deux familles par les caractères communs : des canaux radiaux dans le xylème secondaire, les canaux sécréteurs verticaux intercellulaires dans le phloème primaire et secondaire, la capacité de synthétiser des biflavonilles, et des fleurs actinomorphes avec un disque nectarifère intrastaminal. Par ailleurs, les *Anacardiaceae*

peuvent se distinguer de la famille des *Burseraceae* par son ovule apotrope, la synthèse de deoxyflavonoides 5, et un seul ovule par loge. Chez les *Burseraceae* l'ovule est épitrope avec deux ovules par loge (Pell, 2004). La famille des *Anacardiaceae* est parfois étroitement liée avec les *Sapindaceae* et les *Julianaceae* (Brizicky, 1962).

1-4- Répartition géographique des *Anacardiaceae*

La famille des *Anacardiaceae* est principalement pantropicale distribuée sur 82 genres et plus de 700 espèces. Certains genres s'étendent dans la zone tempérée (Pell, 2004). Toutefois, Féraud (2013), a réduit cette diversité en quelques 600 espèces regroupées dans 77 genres à répartition tropicale et subtropicale. La région malaisienne est considérée comme un centre de diversité des *Anacardiaceae* avec 17 genres et 55 espèces (Tianlu et Barfod, 2008). Certaines espèces de *Dobinea*, *Pistacia*, *Rhus*, et *Toxicodendron* atteignent des altitudes supérieures à 2000 m dans le Guangxi, Guizhou et Yunnan (Tianlu et Barfod, 2008).

1-5- Propriétés et usages des *Anacardiaceae*

Plusieurs représentants de la famille ont une importance économique prouvée par la fourniture de produits tels que des fruits, du bois, des laques, et des tanins (Tianlu et Barfod, 2008). Les principaux produits agricoles appréciés des *Anacardiaceae* sont les noix de cajou, les mangues, les poivres roses et les pistaches (Pell, 2004). *Anacardium occidentale* et *Mangifera indica* sont largement cultivés comme des arbres fruitiers. *Pistacia chinensis* donne un colorant jaune naturel. *Rhus chinensis* est la plante hôte du puceron *Melaphis chinensis* qui produit la "vésicule chinoise", une source riche d'acide gallique (Tianlu et Barfod, 2008). De nombreuses autres espèces de la famille des *Anacardiaceae* sont également évaluées pour leur attrait horticole. Les spécimens de *Cotinus*, *Rhus*, *Schinus*, *Searsia*, *Pistacia chinensis*, *Pistacia mexicana*, *Harpephyllum caffrum*, *Lannea coromandelica*, *Rhodosphaera*, *Smodium*, et *Toxicodendron* sont plantés pour leurs belles inflorescences, infructescences, feuillage persistant, et / ou feuillage d'automne (Pell, 2004).

Certaines espèces d'*Anacardiaceae* sont utilisées depuis longtemps pour leurs propriétés médicinales. Par ailleurs, 32 parmi les 82 genres d'*Anacardiaceae* contiennent des espèces qui provoquent une dermatite de contact (Pell, 2004). En particulier, *Toxicodendron* et *Semecarpus*, peuvent provoquer une dermatite grave après un contact, surtout chez les personnes qui ont été sensibilisés par l'exposition à long terme aux plantes (Tianlu et Barfod, 2008).

Chapitre II

Présentation des genres affiliés à la famille des Anacardiaceae

II- 1- Le genre *Pistacia*

Pistacia L. est principalement un genre subtropical comprenant environ 10 espèces dioïques et résineux (Zohary, 1995). Selon la littérature, à partir de 15 espèces, qui sont mentionnées dans certaines flores, seulement 7 espèces réelles sont affiliées au genre *Pistacia*, car certaines d'entre eux ne sont que des appellations synonymes (Ghaffari et *al.*, 2005).

Les espèces du genre *Pistacia* se présentent sous forme d'arbustes ou d'arbres, à différentes tailles en raison des facteurs génétiques, des types de sol et des conditions climatiques qui caractérisent leurs régions de développement (Kaska et *al.*, 1995). La plupart des espèces *Pistacia* s'entrecroisent librement, formant des hybrides interspécifiques, car il n'y a pas de barrières physiologiques ou génétiques évidentes (Battle et *al.*, 1995).

Dans son étude monographique, basée sur des caractères de morphologie de feuille et du fruit, Zohary (1952) a subdivisé le genre en quatre sections (section : *lentiscella* Zoh. *Lentiscus* Zoh. *Butmela* Zoh. et *Terebinthus* Zoh.) et 10 espèces (*P. mexicana*, *P. texana*, *P. lentiscus*, *P. weinmannifolia*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. palaestina*, *P. khinjuk*, *P. vera* et *P. chinensis*).

II-I-1- Description botanique du genre *Pistacia*

Le genre *Pistacia* regroupe des arbres ou des arbustes, dioïques à feuilles caduques ou persistantes pari ou imparipennées, rarement trifoliolées ou simples (Tianlu et Barfod, 2008). Les bourgeons sont uniques, apicales, et généralement végétatifs dans les deux arbres mâles et femelles (Al-Saghir, 2005). Les inflorescences sont paniculées avec des fleurs mâles à périanthe réduit en 1 ou 2 parties, ou périanthe manquant; 3-5étamines, rarement 7, filets courts, adnés sur le disque, anthères larges, ovoïdes, pistilloïdes petits ou absents. Les fleurs femelles sont à périanthe réduit en 2-5 parties; staminoïde absent; disque réduit ou absent; ovaire supère, uniloculaire et uniovulaire, style court à 3 stigmates. Le fruit drupacée est rouge à maturité, pointu à endocarpe osseux. (Tianlu et Barfod, 2008). Tous les taxons sont strictement anémophiles (Zohary, 1995).

II-1-2- Répartition géographique du genre *Pistacia*

Le genre *Pistacia* est largement distribué dans les régions tropicales et subtropicales de l'hémisphère Nord (Kayimov et *al.*, 1998). Une dizaine d'espèce est originaire de la Méditerranée à l'Afghanistan, Est à Sud-Est d'Asie, Amérique centrale et du Sud. En plus des

espèces indigènes, *Pistacia vera* L. est cultivé dans le Xinjiang pour ses graines comestibles (pistaches) (Tianlu et Barfod, 2008). Géographiquement, la plus grande concentration des espèces appartenant au genre *Pistacia* se trouve à l'Ouest de l'Asie (six espèces) et dans le bassin méditerranéen (quatre espèces) (Zohary, 1995). La diversité des ressources génétiques du genre *Pistacia* et leurs répartitions ont fait l'objet de plusieurs études du fait que le genre renferme des espèces à intérêt médicinal, écologique et socio-économique (Benhassaini et al., 2007, Moghtader, 2010).

En Grèce, quatre espèces (*P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. palaestina* et *P. terebinthus*) sont enregistrés comme naturelles et deux autres espèces comme cultivées dans les vergers (Zakynthinos et Rouskas, 1998). L'emplacement de la Grèce dans le Sud-Est de l'Europe, sa proximité de l'Asie mineure, ses nombreuses îles dispersées dans la mer Méditerranée, son climat et sa situation de relief pourraient expliquer cette richesse naturelle en espèces (Rouskas, 1995).

En Turquie, une étude similaire sur la répartition du genre *Pistacia* a été faite (Kaska et al. 1995). *P. vera*, *P. terebinthus* et *P. khinjuk* et leurs hybrides naturels sont largement répandues dans le Sud-Est de la région de l'Anatolie (Turquie) (Atli et al., 1998). Kaska et al., (2005) notent d'autres espèces moins répandues tels que *P. mutica*, *P. lentiscus* et *P. palaestina*. En fait, dans leurs habitats naturels, les espèces du genre *Pistacia* montrent une constitution hybride en raison de la pollinisation libre qui améliore nettement la diversité génétique du genre en Turquie.

En Italie, la flore actuelle signale la présence de deux espèces spontannées (*P. lentiscus* et *P. terebinthus*) et une espèce cultivée (*P. vera*). Certains hybrides interspécifiques, à la fois entre les espèces naturelles et entre ceux-ci et l'une cultivée, sont également connus (Mazola et al., 1995). En Espagne, un recensement des ressources naturelles des espèces *Pistacia* à reconnu trois espèces natives à savoir *P. atlantica*, *P. terebinthus* et *P. lentiscus* et une espèce hybride *P. saportae* Burnat (*P. lentiscus* X *P. terebinthus*) (Battle et al., 1995).

Dans la Méditerranée, des études sur la répartition des espèces du genre ont été également réalisées. En Tunisie par Ghorbel et al., (1998), en Egypte par Hissein, (1998), en Syrie par Hadj-Hassan (1998). Au Liban, l'étude réalisée par Talhouk et al., (1998) a montré que les espèces du genre *Pistacia* sont distribués à des latitudes et des longitudes comprises

entre 33° 11'N et 34° 35'N et 35° 25'E et 36° 25'E, respectivement, et dans les zones où les précipitations variant entre 250 et 1200 mm.

Au Nord de l'Afrique, 04 espèces *Pistacia* (*P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. terebinthus* et *P. saportae*) prospèrent les pays du maghreb sur divers types de sols et sous différentes conditions climatiques et sont typiques au maquis méditerranéen (Loudyi, 1998, Ghorbel et al., 1998).

II-1-3- Propriétés et usages du genre *Pistacia*

En plus de la production de noix et l'extraction de la gomme et de l'huile, les espèces *Pistacia* notamment *Pistacia atlantica* Desf. sont d'excellents portes-greffes pour le pistachier vrai. En outre, les espèces du genre sont des sujets très appropriés pour des projets de conservation des sols. Leurs résistances aux dures conditions (sols extrêmement secs et très calcaires) leurs permet de prospérer dans des zones où peu d'autres espèces d'arbres ne sauraient pas survivre avec succès. Leurs utilisations pour la réhabilitation des terres et pour le boisement des zones dégradées est extrêmement intéressantes dans la région méditerranéenne, où ces espèces sont indigènes et représentent une composante importante des maquis locaux (Rouskas, 1995).

II-1-4- Evolution du genre *Pistacia*

Le genre *Pistacia* L. a d'abord été classé selon plusieurs caractéristiques morphologiques dans la famille des *Pistaciaceae* (Adanson, 1763). Les membres du genre sont dioïques, et ont un périanthe réduit (composé de tépales bracteiformes), styles plumeux et morphologie caractéristique de pollen avec huit ouvertures au maximum de forme mal définie et non colpée (Mabberley, 1997).

De nombreux auteurs ont reconnu l'affiliation du genre *Pistacia* et la tribu *Rhoeae* à la famille des *Anacardiaceae* et ce, en se basant sur leurs traits floraux (Marchand, 1869, Takhtajan, 1997). Dans la flore Brésilienne, Engler (1876) a placé *Pistacia* dans la tribu *Rhoideae* (= *Rhoeae*); un placement qui est reflétée par la plupart des classifications actuellement utilisés (Engler, 1883, 1892, Mitchell et Mori, 1987, Pell, 2004).

II-1-5- Description botanique et répartition géographique des espèces du genre *Pistacia*

II-1- 5- 1-*Pistacia atlantica*

C'est un arbre irano-touranien relativement grand, atteignant 7-20 m de hauteur, à une écorce grise foncée et striée. Les feuilles caduques, sessiles sont imparipennées de trois à cinq paires de folioles, lancéolées ou oblongues à largement oblongues, obtuses de 2,5 à 7 cm de long, avec un apex dur et pointu. Les fleurs sont dioïques et unisexuées. Les fleurs mâles sont regroupées en inflorescences jointes à la base des sacs polliniques jaunes de forme arrondie. Les fleurs femelles sont réunies en panicules courts, portant des ovaires simples. Le fruit est une drupe ovoïde ou ovoïde-globuleux, de 6 à 8 mm de long, avec un endocarpe osseux d'une couleur verte au bleu foncé ou noir à maturité (Août à Septembre) à une seule graine ovale et jaune (Ghorbel et *al.*, 1998) (Fig.3).

Écologiquement, le pistachier de l'Atlas est une espèce typiquement xérophile. Il se développe également avec d'autres arbustes xérophiles tels que l'*Amygdalus Crataegus* en chêne dégradé, Pin ou forêts de Genévriers (en particulier dans des niches sèches et chaudes) (Zohary, 1995). Sous des conditions écogéographiques, *P. atlantica* est subdivisé en 04 sous-espèces: s/esp. *cabulica* se développe au Pakistan, en Afghanistan et Sud de l'Iran, s/esp. *mutica* se produit dans le Caucase, Arménie Crimée, au nord de la Turquie et en Iran, s/esp. *kurdica* distribué dans la chaîne du Zagros de l'Ouest de l'Iran, la Turquie et la Syrie et la sous espèce *atlantica* originaire des pays du Maghreb (Zohary, 1995).

P. atlantica se propage plus ou moins en continuité sur toute la zone du Nord et de l'Ouest du Pakistan, en Afghanistan centrale et Sud, Sud et Ouest de l'Iran, Sud-Est du Caucase, le Nord de l'Irak, au sud la Turquie, la Syrie, le Liban et la Jordanie. Il occupe une large variété de sols, ainsi qu'une gamme d'altitude allant de 300 à 1800 m. En dehors de cette plage plutôt continue, *P. atlantica* réapparaît en Cyrénaïque, et il construit des peuplements massifs dans les pays du Maghreb (Tunisie, Algérie et Maroc). Il se trouve dans les régions arides des montagnes de l'Atlas saharien à une altitude de 2000 m (Loudyi, 1998), dans des zones sub-humides à une fourchette de précipitations de 480 mm, ou des zones semi-arides à 0-150 mm de précipitations en atteignant des altitudes allant jusqu'à 2000 m (Ghorbel et *al.*, 1998) (Fig.7).



Figure 3: Feuilles et fruits de *Pistacia atlantica* Desf. (Cliché, Tirse)

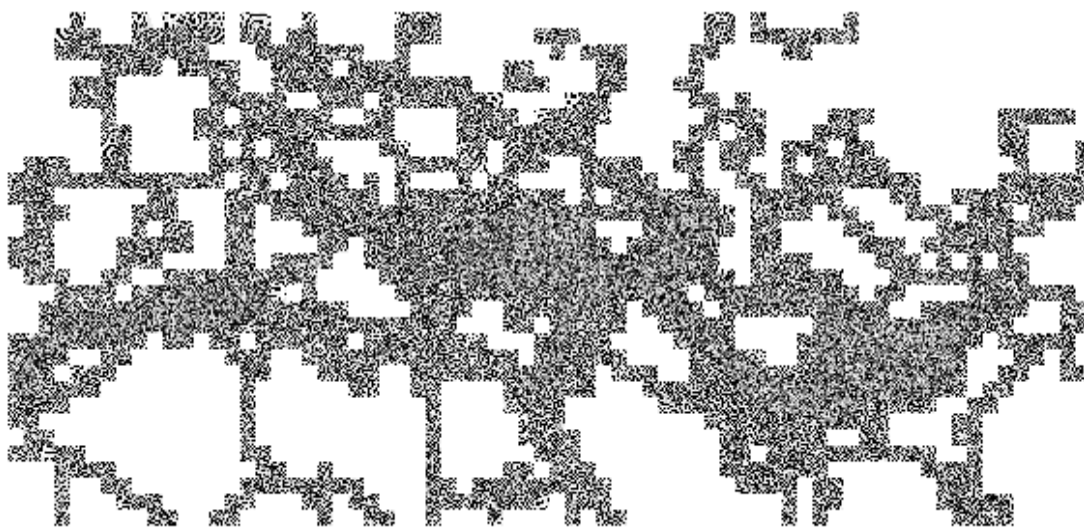


Figure 4: Distribution de *Pistacia atlantica* Desf. (incluant *P. mutica*)
(D'après Browicz, 1988)

II-1- 5- 2- *Pistacia lentiscus*

Le lentisque pousse comme un buisson de 2 à 3 m de hauteur. Il peut devenir un arbre en atteignant jusqu'à 5 à 6 m (Boudy, 1952). Les feuilles coriaces à rachis ailé sont pennées de 2 à 3 paires de folioles ovales à oblongues ou elliptiques, obtuses de 1,5 à 3,0 cm de long. Le fruit d'abord rouge puis noir à maturité a un diamètre de 3 à 4 mm (Zohary, 1995). Le poids de 100 noix est de 3,85 g (Atli et al., 1998) (Fig. 4).

Trois taxons ont été rapportés comme infraspécifiques en Italie : *P. lentiscus* var. *lentiscus*, *P. lentiscus* var. *latifolia* et *P. lentiscus* var. *massiliensis* (Mazola et al., 1995). Une variante de *P. lentiscus* Chia ou nommé *Mastichophora* existe dans l'île de Chios (Rouskas, 1995). Les relations taxonomiques avec les autres espèces sont indiquées par la présence des hybrides obtenus par croisement entre le lentisque et le térébinthe nommé *P. x saportae* Burnat.

La répartition géographique et la diffusion du lentisque dépend du facteur édaphique. Bien qu'il ne montre aucune préférence au sol, il préfère les sols secs pauvres en carbonates (Battle et *al.*, 1995, Mazola et *al.*, 1995). C'est une espèce circum-méditerranéenne et une composante principale du maquis thermophylle à faible altitude (0-500 m), s'étendant de l'île de Madère, et réapparaît comme une race géographique distincte: var *emarginata* Angl. dans l'Est de l'Afrique (Zohary, 1995). Le Lentisque s'associe dans les maquis persistants avec *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Ceratonia siliqua*, *Myrtus communis* L., *Phillyrea latifolia* L., *Arbutus unedo* L. appartenant à plusieurs associations phytosociologiques de l'alliance *Oleo-Cerantonion* dans le *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* (Talhouk et *al.*, 1998, Mazola et *al.*, 1995).

Le lentisque réapparaît comme buissons au sud de la péninsule ibérique à partir de 1000 m d'altitude. Au Liban, il se répartie à une altitude de 0 à 500 m et se caractérise par des niveaux de précipitations annuelles de 800 à 1200 mm (Talhouk et *al.*, 1998). En Italie, il se produit dans toute la péninsule à l'exception des régions non soumises au climat méditerranéen strict. Dans le sud de l'Italie, en Corse, Sardaigne, Sicile, les petites îles et Malte, le lentisque est très répandu. En Sicile, il est distribué partout dans la côte jusqu'à 700 m et dans toutes les îles de l'archipel sicilien (Mazola et *al.*, 1995).



Figure 5: Feuilles, inflorescences et fruit de *Pistacia lentiscus* (Cliché, Tirse)

II-1- 5- 3- *Pistacia terebinthus*

C'est un petit arbre de la Méditerranée qui pousse naturellement dans les zones rocheuses et les forêts et peut atteindre jusqu'à 3 à 5 m de hauteur en fonction des conditions du sol (Atli et *al.*, 1998). Les feuilles sont caduques de 10 à 20 cm de long, avec un rachis non ailé, et généralement avec 4 à 6 paires de folioles ovales-oblongues ou oblongues (rarement lancéolées), mucronées (rarement acuminées) de 3 à 5 cm de long. La foliole terminale est bien développée, et il est de taille similaire à ceux de latéraux. Le fruit est obovoïde de 6 à 7 mm de long et 5 à 6 mm de large, légèrement oblique à endocarpe osseux (Zohary, 1995). Les noix de *P. therebinthus* sont consommées frais en raison de leur douceur

et de récolte facile (Kaska et al. 2005). *P. terebinthus* var. *angustifolia* est reconnu comme taxon interspécifique sur le territoire italien (Mazola et al., 1995) (Fig. 5).

Sa zone générale de distribution est similaire à celle du lentisque, mais elle est plus large. En fait, elle comprend également le centre de la France et l'ensemble de la péninsule ibérique (Mazola et al., 1995). En raison de sa grande capacité d'adaptation à une variété de sols et du climat, *P. terebinthus* se développe bien à partir de la zone côtière au niveau de la mer jusqu'à 2000 m d'altitude dans le continent (Kaska et al., 1995) et peut atteindre des altitudes beaucoup plus élevées (jusqu'à 2200 m sur les montagnes de Rif au Maroc) (Loudyi, 1998).

P. terebinthus s'étend également à la bande côtière de la mer Noire, en particulier vers le nord de la Turquie (Zohary, 1995). Le térébinthe est un constituant caractéristique de la végétation méditerranéenne, souvent un élément co-dominant dans les maquis à *Quercus coccifera*, et largement dans les associations sclérophylles.



Figure 6: Feuilles, inflorescences et fruit de *Pistacia terebinthus* (Cliché, Tirse)

II-1- 5- 4- *Pistacia vera*

Le pistachier vrai est une espèce dioïque, xérophétique à feuillage caduc qui atteint jusqu'à 8 à 10 m de haut, souvent avec plusieurs principaux troncs et avec des couronnes denses et de grandes feuilles brillantes. Les feuilles composées de folioles coriaces sont larges-elliptiques à rondes-ovales de 12 cm de longueur. Les fruits relativement grands (1,0 à 3,5 cm de long) se développent rapidement et sont matures après environ 140-150 jours de la fécondation (Sheibani, 1995). Ils sont plus petits dans les formes sauvages et plus grande dans les variétés cultivées. Ils sont également très variables en forme, allant d'oblonglinéaire à largement ovales, avec une coquille osseuse (Zohary, 1995) (Fig. 6).

Le pistachier vrai est originaire de l'Asie centrale entre les frontières de l'Afghanistan, l'ex-URSS et au nord-est de l'Iran (Sheibani, 1996). En Italie, sa présence n'est

pertinente que dans la Sicile où il a probablement été introduit par les Arabes (Mazola et *al.*, 1996). Malgré cette origine ancienne et la longue période de culture, seulement une dizaine de cultivars femelles de pistaches sont maintenant cultivées en Italie avec un nombre encore plus restreint de sélections masculines (Barone et Caruso, 1996) (Fig.8).

P. vera se développent sur les sols à grains fins et les pentes rocheuses tout en préférant les hautes altitudes comprises entre 800 et 1500 m. Certains individus peuvent monter jusqu'à 1800-2000 m au dessus de la mer (Zohary, 1995). Toutefois, en Iran, les pistachiers croissent dans une fourchette de 700-3000 m d'altitude. Ils peuvent tolérer des températures comprises entre (-20) et (+45) C° (Sheibani, 1996).



Figure 7: Feuilles, inflorescences et fruit de *Pistacia vera* (Source : Wikipédia)

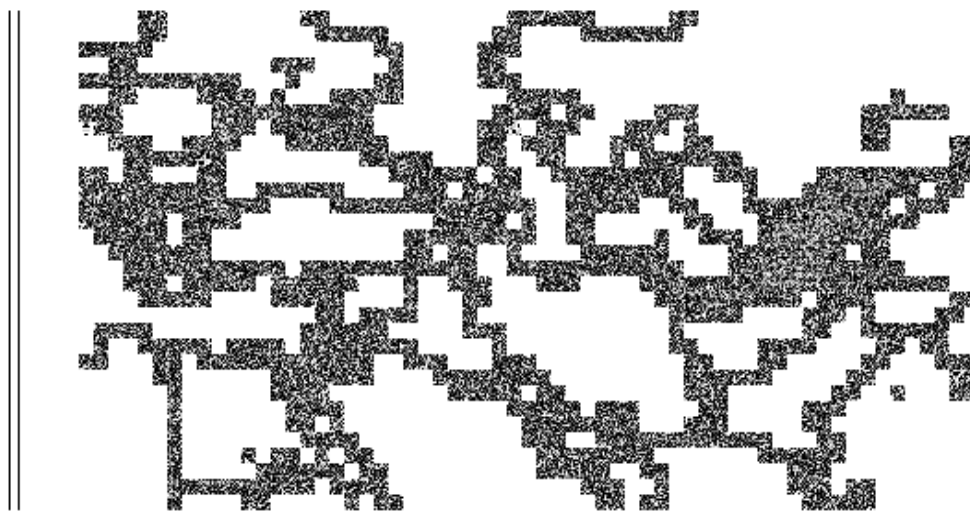


Figure 8: Distribution de *Pistacia vera* (D'après Browicz, 1988 et Sheibani, 1994)

II-1- 5- 5- *Pistacia x saportae* [*P. lentiscus* x *P. terebinthus*]

Dans la monographie de Zohary (1952), le *saportae* est considéré comme une véritable espèce appartenant à la section *Lentisque*, et qui était plus tard (Zohary, 1972), reconnu comme un hybride issu d'une hybridation interspécifique entre *P. terebinthus* et *P. lentiscus*. C'est un arbre à feuillage persistant et inflorescence femelle paniculée (et non en racème). Le fruit est de couleur blanchâtre.

P. saportae sous forme des sujets isolés prospèrent souvent à proximité des espèces parents. Il prospecte généralement les versants rocaillieux. Il se trouve ainsi au Sud de la France, Sardaigne, Italie, Chypre, Palestine et Nord-Ouest d'Afrique (Blamey et Grey-Wilson, 1993).

II- 2- Le genre *Rhus***II-2-1- Description botanique du genre *Rhus***

Le genre *Rhus* regroupe des arbustes ou des arbres à feuilles caduques, polygames ou dioïques. Les feuilles sont composées imparipennées, à rachis parfois ailé et folioles pétiolées ou sessiles, à marges dentelées ou entières. Les inflorescences terminales sont paniculées ou thyrsoides, à bractées florales persistantes ou caduques. Les fleurs sont fonctionnellement unisexuées ou bisexuées (Tianlu et Barfod, 2008). Les étamines insérées aux dessous du disque sont en nombre égal aux pétales (de 5 à 10), parfois plus, seulement 1 ou 2 fertiles en fleurs (Brizicky, 1962). Les rameaux secrètent un suc laiteux comme celui des Euphorbes (Fournier, 1977). L'ovaire est uni-loculaire et uni-ovulaire à 3 styles, souvent unis à la base. Le fruit est une drupe globuleuse, légèrement comprimée, pubescente glandulaire et poilu, rouge à maturité (Tianlu et Barfod, 2008).

Parmi les plantes les plus redoutés de phytodermatite allergique sont *Rhus Toxicodendron* ou herbe à puce dite sumac vénéneux. Le produit chimique qui provoque des lésions cutanées est connu comme l'urushiol. Dans ce genre, les feuilles, les tiges, les fruits, les fleurs et les racines dégagent une sève qui vire au noir si la plante est toxique (Svihra, 1987). Egalement, les espèces de ce genre sont les hôtes pour les insectes produisant les galles tels que les pucerons. Les galles de *Rhus chinensis* sont particulièrement recherchées après avoir des fins médicinales. Autres espèces du genre offrent également des galles, mais ceux-ci sont considérés comme de qualité inférieure (Tianlu et Barfod, 2008).

II-2-2- Répartition géographique du genre *Rhus*

Les espèces du genre *Rhus* sont réparties en Afrique, en Asie, en Amérique centrale, en Europe, Madagascar, Amérique du Nord, et les Pacifiques. Environ 250 espèces sont réparties dans les régions subtropicales tempérées et chaudes du monde dont six espèces *R. chinensis*, *R. wilsonii*, *R. teniana*, *R. hypoleuca*, *R. punjabensis*, *R. potaninii* sont endémiques au Chine (Tianlu et Barfod, 2008).

II-2-3- Propriétés et usage du genre *Rhus*

La littérature suggère fortement un potentiel antimicrobien, antifongique et antiviral accordé pour quelques espèces du genre *Rhus* telle que *R. glabra* qui est traditionnellement utilisée par les peuples autochtones d'Amérique du Nord dans le traitement des maladies bactériennes (la syphilis, la gonorrhée, dysenterie et la gangrène (Erichsen-Brown, 1989).

R. coriaria est couramment utilisé comme une épice en broyant les fruits secs avec du sel, et est également largement utilisé comme plante médicinale dans la Méditerranée et le Moyen-Orient, en particulier pour la cicatrisation (Sezik et *al.*, 1991). Autrefois, *R. cotinus* fut utilisé en tannerie et comme plante tintoriale et médicinale (en gargarisme et pour stopper les saignements) (Blamey et Grey-Wilson, 1993).

II-2-4- Evolution du genre *Rhus*

Le genre *Rhus* a été établi pour la première fois par Linné en 1753, et en 1974 par Tournefort comprenant *Cotinus*, *Toxicodendron* et *Rhus*.

Il s'est trouvé principalement dans les zones tempérées chaudes des deux hémisphères, mais s'étend aussi dans les régions tropicales et tempérées froides. Le genre semble être un peu hétérogène, et sa taxonomie est difficile et confuse.

Rhus au sens large est le plus grand genre dans les *Anacardiaceae*, comprenant plus de 250 espèces. Dans son sens large, *Rhus* comprend plusieurs taxons appartenant à des sous-groupes qui ont été diversement reconnu comme genres distincts constituant le complexe *Rhus*: *Actinocheita*, *Baronia*, *Cotinus*, *Lobadium*, *Metopium*, *Searsia* (= sous-genre *Thezera*), *Rhus* (sens strict), *Schmaltzia*, et *Toxicodendron* (Pell, 2004). Plusieurs membres du complexe *Rhus* surviennent au centre du clade *Rhoeae*, mais leurs relations au sein du clade ne sont pas encore résolues. Plusieurs études phyllogénétiques ont été faites comme une démarche vers la résolution des problèmes systématiques du genre *Rhus*. D'autres études

moléculaires et morphologiques devraient être menées afin de clarifier les relations au sein de ce complexe générique. Les changements taxonomiques sur la base des résultats de ces études seront formalisées les composants indépendants du complexe comme des genres distincts (Pell, 2004). Selon Brizicky (1962), il semble préférable de considérer *Lobadium* et *Toxicodendron* comme des sous-genres de *Rhus*. Plusieurs études phylogénétiques admettent que le complexes *Rhus* soit polyphylétique (Young, 1974, Miller et *al.*, 2001).

II-2-5- Description botanique et répartition géographique des espèces du genre *Rhus*

II-2- 5- 1- *Rhus coriaria*

R. coriaria ou sumac des corroyeurs est un arbuste qui peut atteindre jusqu'à 3m de haut à feuillage presque persistant. Les feuilles sont alternes à folioles ovales, dentées, parfois lobées à la base, à rachis élargi vers le sommet. Les fleurs sont réunies en grandes panicules assez étroites, blanches verdâtres de 6-7 mm, pétioles plus longs que les sépales. Le fruit est presque globuleux, poilu, brun pourpé ou cramoisi (Blamey et Grey-Wilson, 1993) (Fig.9). C'est une plante rare en Algérie, citée comme existante à Bouzaréa, près d'Alger (Anonyme).



Figure 9: Feuilles et fruit de *Rhus coriaria* (Source : Wikipédia)

II-2- 5- 2- *Rhus cotinus*

R. cotinus ou arbre à perruque est un arbuste aromatique, glabre de 5 m de hauteur. Les feuilles sont simples, ovales, non dentées d'une couleur vert bleuté à long pétiole. Les fleurs sont regroupées en grandes panicules lâches de 15 à 20 cm, vert pâle, inflorescence à nombreuses ramifications stériles filiformes se couvrant de longs poils soyeux à mesure que les fleurs évoluent, donnant un aspect plumeux. Le fruit est réniforme de 3 à 4 mm. C'est un taxon décoratif très planté dans les jardins en particuliers pour ses teints d'automne (Blamey et Grey-Wilson, 1993) (Fig.10).



Figure 10: Feuilles et fruit de *Rhus cotinus* (Source: Wikipédia)

R. cotinus L. est l'une des plantes méridionales du Bas-Valais cultivée souvent dans les bosquets (Auconnet, 1872). De France à Turquie, il est absent dans la plupart des îles sauf la Crète (Blamey et Grey-Wilson, 1993). *R. cotinus* prospère les garriques, bois clairs, broussailles et pentes sèches rocailleuses (Fournier, 1977).

II-2- 5- 3- *Rhus pentaphylla*

R. pentaphylla appelé également Sumac à cinq feuilles, vernaculairement Tizra est un arbre de 3^{ème} grandeur atteignant 5 à 7 m, mais se présente le plus souvent comme un arbuste buissonnant de 3 m d'environ (Boudy, 1952). Les feuilles sont palmées composées de 3-5 folioles oblongues à oblongues triangulaires, folioles lobées ou non, mais souvent à 3 dents à l'apex. Les fleurs jaune verdâtre, minuscules sont réunies en petits racèmes latéraux parfois ramifiés. Le fruit petit comme une baie de 6-8 mm vire au rouge à maturité (Blamey et Grey-Wilson, 1993) (Fig. 11). Le bois est lourd (densité de 1 à 1,18) dur à couleur acajou, donnant un bon combustible. Il contient jusqu'à 28% de tannin, surtout dans la racine.

Ecologiquement, *R. pentaphylla* se relève à des étages semi-aride (dans le Nord) et aride dans le Sud-Ouest et le Sud du Maroc. C'est une essence thermophile et héliophile. Il s'élève jusqu'à 1000 mètres, mais n'est pas montagnard. Très xérophile, il se content d'une tranche pluviométrique de 250 mm. Tizra se présente sous deux aspects : comme essence secondaire associée à des essences principales ou comme peuplements purs en mélange avec d'autres essences secondaires telles que le lentisque, ce qui n'est en réalité qu'une forme régressive d'une ancienne forêt de Thuya ou de Chêne-liège disparue. Le Tizra exerce dans l'évolution des peuplements forestiers, une action très importante en étage semi-aride et aride en permettant à la régénération naturelle des Chêne-liège et des Arganiers de s'installer dans ses

touffes buissonnantes (Boudy, 1952). Indifférent au sol, il pousse sur les terrains les plus secs et les plus pauvres.



Figure 11: Feuilles et fruit de *Rhus pentaphylla* (Cliché, Tirse)

L'aire de répartition de *R. pentaphylla* embrasse toute l'Afrique du Nord, c'est un véritable endémique nord-africain. On le trouve surtout dans la partie Ouest de l'Algérie et au Maroc, c'est dans le Maroc méridional qu'il a toute son extension (Boudy, 1952).

II-2- 5- 4- *Rhus typhina* (Sumac de Virginie): synonyme : *Rhus hirta*

R. typhina ou Sumac de Virginie est un arbre ou arbrisseaux à feuilles caduques, atteignant 5-8 m de haut. Les feuilles sont imparipennées composées de 11 à 31 folioles oblancées. Les petites fleurs jaunâtres sont regroupées en grappe, polygames à 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines et 1 pistil à une seule loge surmonté de trois styles donnant une drupe à maturité. La floraison s'étend de juin à juillet (Fig.12). Ce sont des plantes très envahissantes, odorantes contenant de la térébenthine et du tanin. Le sumac choisit les stations en pleine lumière, il est moyennement exigeant en substances nutritives et en humidité du sol (CSCPS, 2006).



Figure 12: Feuilles et inflorescences de *Rhus typhina* (Source : Wikipédia)

Le Sumac de Virginie est d'origine nord-américaine et fut introduit en Europe au 17^{ème} siècle. A partir des années 1960-1970, cette espèce fut régulièrement utilisée pour les projets d'aménagement paysager. En dehors de sa répartition naturelle, il semblerait que le sumac ne soit répandu que dans le sud-ouest de l'Europe, dans certaines régions du Canada et des USA. En Suisse il se répand particulièrement bien au Tessin (CSCPS, 2006).

II-2-5-5-*Rhus tripartitum*

R. tripartitum est un petit arbre ou arbrisseau de 1 à 2 m de haut, dioïque à rameaux tortueux et très épineux. Les feuilles caduques d'une couleur vert foncé sont composées de 03 folioles, rarement 05 à contour obovale denté. Les fleurs d'un blanc jaunâtre sont réunies en petites grappes rameuses. Le fruit est drupacé à maturité, subglobulaire à 03 tubercules au sommet peut être consommé frais ou stocké (Tlili et *al.*, 2014). *R. tripartitum* pousse dans les pays méditerranéens, l'Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Par son action anti-érosive, il colonise particulièrement les oueds rocheux du Sahara central. C'est l'une des principales essences du patrimoine végétal tunisien (Refka et *al.*, 2014).

Chapitre III

Caractéristiques
microphytodermiques chez les
Angiospermes

III-1- Structure de la feuilles chez les Angiospermes

L'épiderme représente l'assise cellulaire la plus externe de la plante, à l'exclusion de la racine, où elle prend le nom de rhizoderme ou assise pilifère. Elle peut être pluri-strates chez certaines espèces appartenant aux familles des *Piperaceae*, *Moraceae*, *Malvaceae*, *Begoniaceae*, *Orchidaceae*... etc. (Rudall, 2007). Les éléments spécialisés de l'épiderme de la feuille sont essentiellement: stomates, trichomes, papilles, sculpture de surface, cire épicuticulaire et des cellules épidermiques diversement différenciées.

L'épiderme est un tissu multifonctionnel jouant un rôle important dans les relations hydriques, la défense et l'attraction des pollinisateurs. Ces fonctions sont effectuées par de différents types de cellules spécialisées comme les stomates et les trichomes en montrant différents degrés de spécialisation morphologique (Khan et *al.*, 2011).

Chez *Arabidopsis*, les trichomes sont les premières cellules à se différencier et se développer de manière basipète (de l'extrémité de la feuille à la base). Les stomates se développent aussi d'une manière basipète et peuvent se former sur les deux faces des feuilles (amphistomatiques) ou se limiter sur une seule face (épistomatique/ hypostomatique), leur différenciation est le dernier aspect de développement de la feuille (Larkin et *al.*, 1996).

Dans les feuilles iso-bilatérales et centriques, les stomates sont plus ou moins uniformément répartis sur tous les côtés. Chez les plantes aquatiques et sur leurs feuilles submergées, les stomates restent confinés seulement à l'épiderme supérieur. Chez les plantes xérophiles, les stomates sont enfoncés dans des fosses (Dalal, 2012). Ces positions de stomates sont clairement corrélés à l'habitat, que ce soit à haute ou à faible quantité d'eau respectivement (Hidayat et Kusdianti, 2009).

Chez un certain nombre d'espèces, en particulier les plantes monocotylédones, les stomates et les cellules environnantes sont disposées selon un motif d'alternance régulier avec les cellules subsidiaires (Croxdale, 2000), alors que chez les plantes dicotylédones, les stomates sont fortuitement dispersés (Dalal, 2012) (Fig.13).

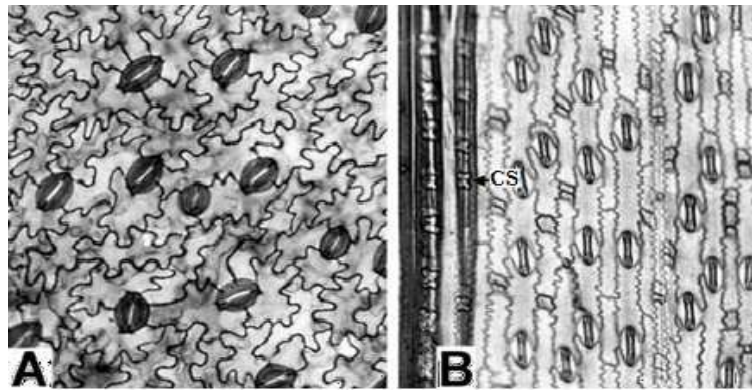


Figure 13: Disposition des stomates sur les faces foliaires abaxiales (Rudall, 2007)

A : La pivoine officinale: *Paeonia officinalis* (*Paeoniaceae*) (Dicotylédones), **B:** Grand roseau : *Arundo donax* (*Poaceae*) (Monocotylédones) CS: Corp de Silice.

Dans une étude qui a portée sur le développement stomatique en utilisant le microscope électronique à balayage sur les axes aériens de *Psilotum nudum* (*Psilotaceae*), la première étape identifiable de développement stomatique se produit à environ 0,5 mm de l'apex et les cellules de garde mères (CGM) à 20 mm le long de l'axe en formant un dôme (Mickle, 2012). En outre, les stomates se développent rarement sur les nervures majeures. L'absence de stomates sur les veines peut aider à prévenir la perte d'eau ou bien elle est liée au fait que les cellules du mésophylle palissadique photosynthétiquement actives sont rarement trouvées en étroite proximité des faisceaux vasculaires. Sur la surface adaxiale des feuilles d'*Arabidopsis*, presque tous les stomates sont positionnés sur la jonction de plusieurs cellules du mésophylle (Casson et Gray, 2007).

Il semble probable que la structuration stomatique est influencée par l'anatomie interne et qu'en plus il n'est pas connu s'il y existe un mécanisme de signalisation actif impliqué. Bien que cette structuration dépend de l'espèce (Casson et Gray, 2007), et de l'âge de la feuille (Gostin, 2009), les stomates matures sont généralement séparés l'un de l'autre par au moins une cellule épidermique, ce qui peut assurer leur fonctionnement optimal (Sachs, 1978). Tripathi et Mondal (2012) ont signalé que la forme des cellules de l'épiderme varie légèrement avec le port de croissance. Les espèces arbustives possèdent des cellules épidermiques en forme pentagonale à polygonale, celles des arbres sont façonnées différemment ou ondulée à irrégulière.

III-1-1- Complexe stomatique

III-1-1-1- Les cellules de garde

Les cellules de garde ont été récemment définies comme une « pierre de rosette » permettant la compréhension de l'intégration du signal entre les différents stimuli grâce à une approche multidisciplinaire d'ordre génétique, biologique, moléculaire et biophysique (Sirichandra et al., 2009). Dans une étude sur la diversité mécanique des stomates et leur signification dans le contrôle des échanges gazeux chez 04 espèces différentes (lycopode, fougère, 2 angiospermes herbacées), Franqs et Farquar (2007), notent deux types de déformation des cellules de garde pour créer le pore stomatique (Fig. 14):

✓ Une déformation des cellules de gardes de type *Psilotum* observé chez *Huperzia prolifera* (lycopode) dans lequel la paroi inférieure des cellules de garde s'élargit dans la cavité substomatique pendant l'ouverture stomatique.

✓ Une déformation des cellules de gardes de type *Adiantum* archétypale observé chez *Nephrolepis exaltata* (fougère) de sorte que les parois supérieures et inférieures des cellules de garde se bouclent vers l'extérieur et se gonflent dans une section arrondie pour créer l'ostiole. En revanche, chez les deux autres herbacées (*Tradescantia virginiana* et *Triticum aestivum*), les cellules garde subissent un déplacement latéral substantiel dans leurs cellules subsidiaires adjacentes lors de l'ouverture stomatique, dans la mesure où les cellules axillaires sont presque écrasées pour accueillir l'ouverture du stomate.

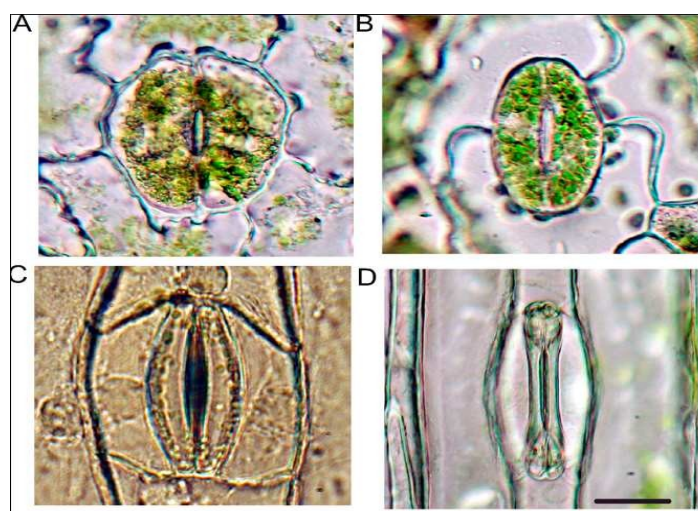


Figure 14: Images des stomates (fermés) de chaque espèce examinée (Franqs et Farquar, 2007), **A** : *H. prolifera*; **B** : *N. exaltata*; **C** : *T. virginiana*; **D** : *T. aestivum* (Echelle= 20µm)

III-1-1-2- Les stomates

Les stomates ont été trouvés dans des fossiles datant de plus de 400 millions d'années. La morphologie du complexe stomatique individuel est en grande partie inchangée, mais les tailles, le nombre et les modalités des stomates et leurs cellules environnantes sont énormément diversifiés (Vaten et Bergman, 2012).

Les stomates ont été étudiés par Stresburger (1866), suivie par Vesque (1889) qui ont reconnu 04 grandes catégories de stomates sur la base de la présence et l'agencement des cellules accessoires, ainsi que leur mode de développement. Les quatre types fondamentaux anomocytique, anisocytique, paracytique, diacytique correspondent à des définitions largement utilisées par les différents auteurs. Ils existent d'autres types tels que tétracytique, hécacytique mais leur reconnaissance précise passe par l'étude de leur mode de développement. De même, le stomate cyclocytique et stomate péricytique appelé également stomate flottant ou adétostome (Guyot, 1985) sont différemment définies par les auteurs selon le nombre et le mode d'agencement des cellules adjacentes.

Les stomates jouent un rôle essentiel dans la régulation des échanges gazeux chez les plantes à fleurs et sont répartis tout au long de l'épiderme aérien y compris les feuilles, les tiges, les fleurs, les fruits et les graines. Ils se développent progressivement au cours de la croissance des organes. Bien que la fréquence et le positionnement des stomates soient des caractères spécifiques aux organes et à l'espèce, ils sont également affectés par des facteurs environnementaux (Vaten et Bergman, 2012).

Des anomalies stomatiques sont considérées comme des caractères intéressants chez les *Solanaceae* et les *Rubiaceae*. Toutefois, il n'existe aucune preuve pour suggérer que de telles anomalies sont aussi le résultat de facteurs environnementaux ou de maladie (Essiette et al., 2010).

III-1-2- Ontogenèse stomatique

Le développement stomatique chez la plante modèle *Arabidopsis* commence par une cellule protodermale se convertissant à une cellule meristemoïde mère (CMM) qui se divise de manière asymétrique pour produire un petit meristemoïde triangulaire et une cellule soeur plus large (Fig.3). Cette division initiale est connue comme la division d'entrée. D'autres divisions d'amplification asymétrique peuvent se produire en régénérant un meristemoïde et

une cellule fille plus grande. Le nombre de divisions d'amplification est dépendant d'écotype et est normalement compris entre 0 et 03. Finalement, le meristemoïde se transforme en une cellule de garde mère (CGM) qui se divise une fois seulement, de manière symétrique pour former une paire de cellules de garde matures. La morphogenèse stomatique s'ensuit au cours de laquelle les parois des cellules de garde subissent un épaississement, puis se séparent pour former le pore (Casson et Gray, 2007).

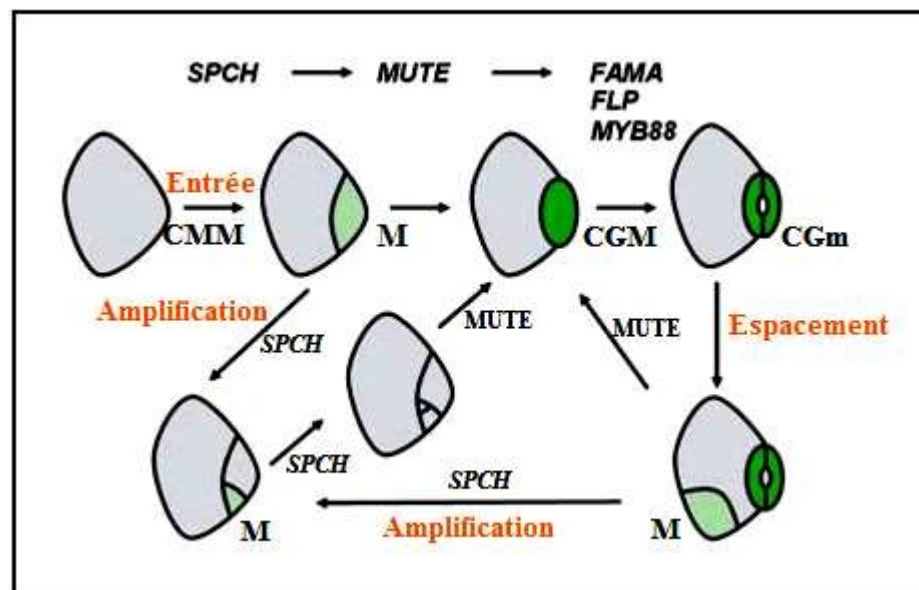


Figure 15: Représentation schématique des divisions cellulaires au cours de développement des stomates chez *Arabidopsis thaliana* (Casson et Gray, 2007)

CMM: Cellule meristemoïde mère subit une division d'entrée asymétrique produisant, **M** (vert) : meristemoïde plus petit et une cellule soeur plus grande.

CGM (vert) : cellule de garde mère, **CGm**: cellules de garde matures

SPCH régleme l'entrée et les divisions d'amplification, **MUTE** régleme la transition de meristemoïde à CGM, **FAMA**, **FLP** et **MYB88** régleme la division et la différenciation des cellules de garde matures.

Les deux cellules filles descendantes peuvent également subir des divisions d'espacement asymétrique pour produire de nouveaux méristemoïdes satellites. Les divisions d'espacement sont orientées de telle sorte que les méristemoïdes satellites se forment à partir d'un stoma original ou d'un précurseur (Geisler et *al.*, 2000). Par contre, l'orientation des divisions d'entrée des CMM (cellule méristemoïde mère) isolées est aléatoire. Si deux CMM se développent l'un à côté de l'autre, leurs divisions d'entrée asymétrique peuvent se traduire par la formation de deux méristemoïdes adjacents les uns aux autres,

suggérant que les CMM isolées soit ne répondent pas, ou n'émettent pas des indices de position pour les divisions orientées (Lucas et *al.*, 2006). Dans cette situation, l'un des méristémoïdes adjacents sera subit soit une division d'espacement orientée, en plaçant une cellule fille entre les deux méristémoïdes, ou se différencier en une cellule de revêtement (Geisler et *al.*, 2000).

Chez les monocotylédones, la division produit un petit stomate initial, souvent rectangulaire, et une cellule voisine plus grande. Cette division asymétrique est orientée de telle sorte que les formes stomatiques initiales soient plus proches de l'extrémité de la feuille. Dans cette initiation stomatique, la cellule de garde mère (CGM) subit une division symétrique pour former deux cellules de garde (Casson et Gray, 2007). Selon Vaten et Bergman (2012), les divisions cellulaires asymétriques produisent des cellules de garde mère (CGM) sans transition au préalable grâce à une étape d'auto-renouvellement de meristemoïde. Les cellules protodermiques dans les fichiers accompagnants la CGM, se polarisent et se divisent de manière asymétrique donnant naissance à des cellules subsidiaires. Après cela, la CGM se divise pour produire des cellules de garde en forme d'haltère. Toutefois, les stomates sont souvent associés à des cellules subsidiaires qui peuvent se développer à partir de la cellule stomatique initiale elle-même ou sa voisine (Croxdale, 1998). Le motif de division régulière assure que les stomates à maturité soient toujours séparés des autres par au moins une cellule voisine (Casson et Gray, 2007).

Chez les taxons dicotylédones, Bunning (1956) a observé que les nouveaux stomates se développent entre les complexes matures et a émis l'hypothèse que les stomates mûrs libèrent un inhibiteur pour prévenir de nouveaux stomates de se produire à proximité. Seulement, lorsque la nouvelle croissance dépasse l'influence inhibitrice, des stomates se forment à nouveau. Au-delà de ces observations originales, bien qu'il semble probable qu'une certaine forme de communication cellulaire est impliquée dans le motif stomatique, aucun inhibiteur n'a été isolé à ce jour (Croxdale, 2000). En effet, les divisions d'amplification, d'espacement et de recrutement subsidiaire exigent toute une communication entre les cellules et, conjointement, elles contribuent à la configuration stomatique. La fréquence avec laquelle les cellules participent à ces genres de division peut être modifiée pour produire d'extraordinaire diversité de types stomatiques observées dans la nature (Peterson et *al.*, 2010).

Selon Guyot (1985), il est nécessaire de définir le méristémoïde afin de systématiser la description des principaux types stomatiques. Il définit le méristémoïde comme une cellule protodermale qui est à l'origine de la formation du complexe stomatique, issu lui-même de la division égale de la cellule stomatique mère ainsi que certaines des cellules qui l'entourent et qui sont dites mésogène. Les autres cellules, au contact du stomate et qui ne sont pas issues de cette cellule méristémoïde sont dites périgènes. Selon que le stomate sera entouré de cellules non issues, partiellement issues ou complètement issues de cette cellule méristémoïde, il sera dit périgène, mésopérigène ou mésogène respectivement.

III-1-3- Types stomatiques

Sur la base d'arrangement des cellules épidermiques voisines de la cellule de garde, plus de 25 types de stomates chez les dicotylédones ont été reconnus (Metcalf et Chalk, 1979). Dilcher (1974) et Stace (1980) ont reconnu 31 différents types de stomates chez les plantes cotylédones en se basant sur l'arrangement des cellules subsidiaires des stomates matures. Selon Guyot (1985), plusieurs types de stomates peuvent être représentés sur le même épiderme. Ainsi, chaque épiderme peut être représenté par une formule stomatique plus ou moins significative dans laquelle les différents types présents sont indiqués, les moins nombreux entre parenthèses, les rares ou exceptionnels entre deux parenthèses (Guyot, 1971). Selon Prabhakar (2012), les noms des stomates largement utilisés et conservés sont présentés par les types pericytique, desmocytyque, paracytyque, diacytyque, anisocytyque, anisotricytyque, isotricytyque, tetracytyque, staurocytyque, anomocytyque, cyclocytyque et un bon nombre de variétés de chaque type sont ainsi utilisés. Ces types stomatiques sont comptabilisés sur la base de leur structure plutôt que leurs voies ontogénétiques (Fig.16).

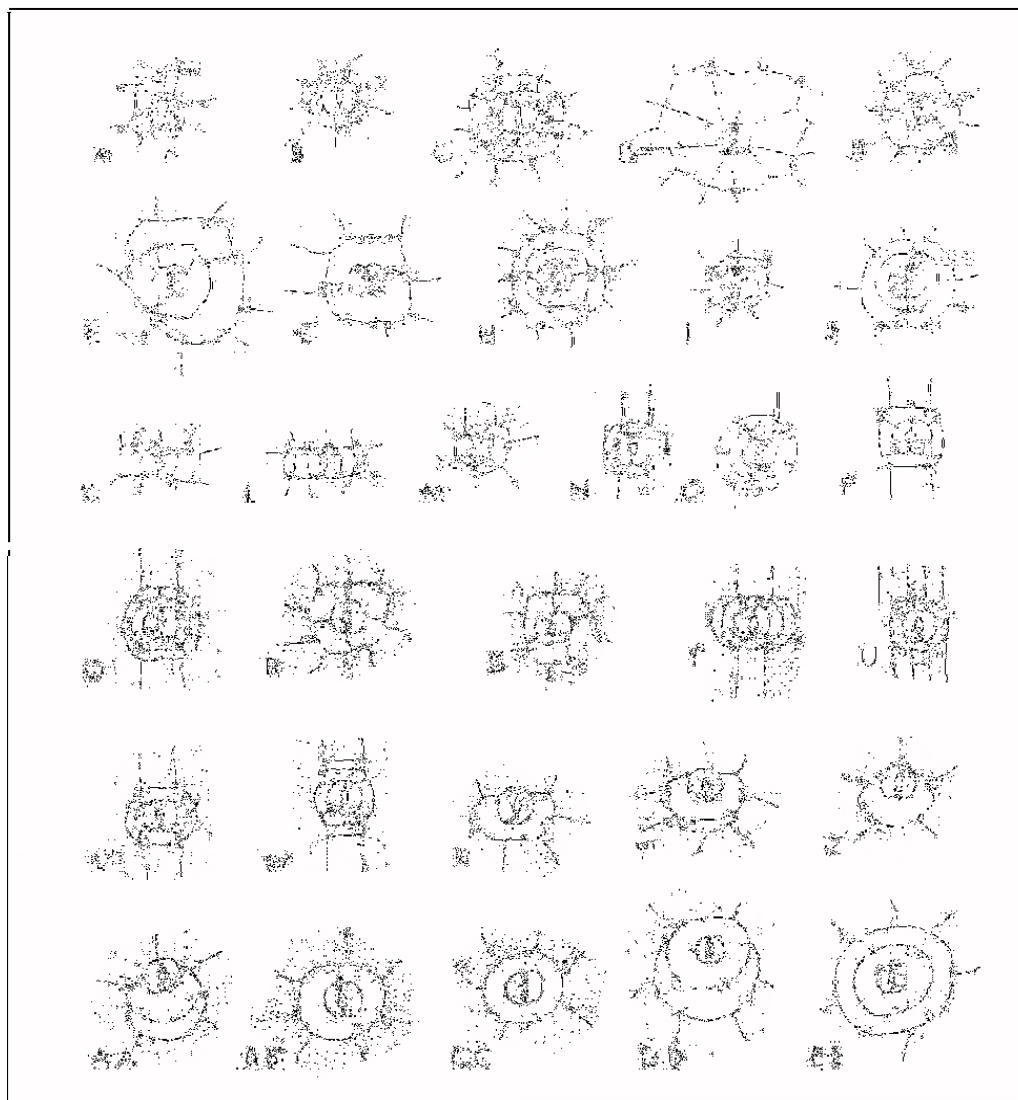


Figure 16: Complexes stomatiques des plantes vasculaires sur la base de l'arrangement des cellules subsidiaires (Dilcher, 1974) **A** : anomocytique, **B** : cyclocytique, **C** : amphicyclocytique, **D** : actinocytique, **E** : anisocytique, **F** : amphianisocytique, **G** : diacytique, **H** : amphidiacytique, **I** : paracytique, **J** : amphiparacytique, **K** : brachyparacytique, **L** : amphibrachyparacytique, **M** : hemiparacytique, **N** : paratetracytique, **O** : amphiparatetracytique, **P** : brachyparatetracytique, **Q** : amphibrachyparatetracytique, **R** : staurocytique, **S** : anomotetracytique, **T** : parahexacytique, **U** : parahexacytique dipolaire, **V** : brachyparahexacytique monopololaire, **W** : brachyparahexacytique dipolaire, **X** : polocytique, **Y** : copolocytique, **Z** : axilocytique, **AA** : coaxillocytique, **BB** : desmocytique, **CC** : péricytique, **DD** : copéricytique, **EE** : amphipericytique.

Plusieurs études sur la micromorphologie épidermique foliaire ont été menées sur des différentes espèces appartenant à différents niveaux taxonomiques (sections, genres, groupes et familles) afin de résoudre les chevauchements de la délimitation taxonomique au sein de ces entités.

Mashima (1970) a étudié les stomates des feuilles de 48 espèces du genre *Salix*, et a décrit 19 types de stomates sur la base du nombre de cellules subsidiaires. Toutefois, Binns et Blunden (1980) ont divisé les types des stomates en deux types anomocytique et paracytique basés sur les formes et la disposition des cellules subsidiaires. Deux nouveaux types : stomates cyclocytiques et laterocytiques ont été également introduits. Les stomates de type pericytique et amphianisocytique sont fréquents chez la famille des *Haloragaceae* (ordre des *Saxifragales*). Le type stomatique *Ranunculaceae* (anomocytique) est également présent, tandis que les types hemiparacytique et staurocytique sont diagnostics pour *Haloragis tetandra* et *Laurembergia engleri* respectivement (Babalola et Adekemi, 2008).

Une étude sur la microphytodermie des espèces de deux groupes de section *Germinata*, genre *Solanum* (*Solanaceae*) a révélé la présence des stomates anisocytiques sur la surface abaxiale à l'exception de *S. lucens*, et *S. tanysepalum* *S. imberbe* qui ont également montré des stomates staurocytiques sur la face adaxiale (De Rojas et Ferrarotto, 2009). Les stomates chez *Sibbaldia* (*Rosaceae*) sont classés comme anomocytiques, aussi appelé type irrégulier. Ce type a été également signalé chez les *Ranunculaceae*, *Papaveraceae*, *Capparidaceae* et *Nyctaginaceae* (Saleha tahir et Rajput, 2009).

Tripathi et Mondal (2012), ont établi une étude comparative des stomates chez 45 genres appartenant à l'ordre des légumineales (*Fabaceae*, *Caesalpiniaceae* et *Mimosaceae*). Chez les *Caesalpiniaceae*, toutes les espèces arbustives étudiées portent des feuilles hypostomatiques, par contre, la majorité des taxons non ligneux ont des feuilles amphistomatiques. Chez les *Mimosaceae*, seules les taxons arbustifs ont des feuilles hypostomatiques.

Chez les *Fabaceae*, les feuilles sont pour la plupart amphistomatiques et montrent des stomates anomocytiques, anisocytiques et paracytique. La plupart des herbes de la famille des *Fabaceae* ont à la fois les stomates anisocytique et anomocytique.

Akcin et al., (2010), ont rapporté des feuilles amphistomatiques avec une distribution homogène des stomates de type anomocytique sur les deux faces foliaires chez le genre *Anchusa* (*Boraginaceae*). Chez 22 espèces étudiées du genre *Fucus* (*Moraceae*), les feuilles sont hypostomatiques à stomates de type paracytique et anomocytique (Khan et al., 2011). Selon l'étude de Chen et al., (2008), il ressort que le type stomatique primitif chez les dicotylédones soit le type paracytique, et d'autres types en sont dérivés.

Les espèces du genre *Fraxinus* ainsi que *Juglans nigra* ont généralement des stomates anomocytique, tandis que les espèces *Castanea* sont souvent cyclocytiques. Egalement, le type cyclocytic est observé chez le frêne blanc (Shaneka et al., 2013).

Les stomates cyclocytiques de 05 à 06 cellules subsidiaires ont été trouvés chez 02 espèces du genre *Kandelia* (*Rhizophoraceae*). Les parois des cellules subsidiaires sont très minces, ce qui se traduit par la difficulté de compter le nombre de cellules subsidiaires et reconnaître le type de stomates (Sheue et al., 2005).

Les sous-genres et sections étudiés de *Quercus* sont bien différenciés. Les représentants du s/g *Sclerophyllodrys* ont des stomates cyclocytiques avec un anneau intensivement cutinisé sur les cellules subsidiaires. Les espèces de s/g *Cerris* ont également des stomates cyclocytiques, mais ils sont entourés par des cellules subsidiaires pas très bien différenciées des autres cellules de l'épiderme dans la forme, la taille et la couleur. Chez le s/g *Quercus*, les stomates sont de type anomocytique, leurs cellules de garde sont intensivement colorées avec des murs extérieurs cutinisés, tandis que les cellules épidermiques sont identiques ou plus légèrement colorées. Le genre *Fagus* a des stomates cyclocytiques avec un anneau bien développé de cellules subsidiaires et des trichomes sécrétoires simples et unisériés universels pour toute la famille. *Castanopsis* a également des stomates cyclocytiques avec un anneau clairement différencié des cellules subsidiaires. L'autre genre *Castanea* de la sous-famille *Castaneoideae*, présente une combinaison des types cyclocytique, anomocytique et types stomatiques transitoires, suggérant une réduction progressive de type cyclocytique et une transition vers le type anomocytique (Uzunova et al., 1997).

Le type de stomates cyclocytique considéré comme plésiomorphe, se trouve dans les représentants des familles géologiquement plus anciennes (*Dryophyllum*, *Eotrigonobalanus*) et dans les espèces relativement anciennes à feuillage persistant à semi-persistant de *Quercus* s/g *Sclerophyllodrys* et *Cerris*. Stomates anomocytiques, cuticules plus minces et présence de flocons de cire cristalline sont considérées comme des caractéristiques apomorphiques et caractérisent les taxons à feuilles caduques de s/g *Quercus*. Ces changements sont interprétés comme des adaptations écologiques à l'évolution des climats du tertiaire à l'heure actuelle (Uzunova et al., 1997). Toutes ces données indiquent que le type des stomates cyclocytique caractérise les représentants des familles les plus âgées, basales et plésiomorphiques. Par le biais de la réduction progressive des cellules subsidiaires, le type anomocytique avait émergé, et soit typique pour les représentants du s/g *Quercus*. En effet, la période datant de la fin du

Miocène et le début du Pliocène est très intéressante, car elle marque la tendance transitoire des stomates cyclocytiques aux stomates anomocytiques (Uzunova et *al.*, 1997).

Les stomates chez *Mangifera indica* L. var. *Alphonso* (*Anacardiaceae*) sont profondément ancrés sous le niveau de l'épiderme abaxial, avec deux cellules de garde bombées entourées essentiellement par deux sous-cellules de cellules subsidiaires étroites. Ils sont donc cyclocytiques ayant des anneaux circulaires de cellules subsidiaires (Periyamayagam et *al.*, 2012).

III-4- Formes d'adaptation stomatique

Chez de nombreuses espèces xéromorphes ou sclérophylles, les stomates sont regroupés dans des zones défavorisées de l'épiderme appelées "cryptes stomatiques" (Metcalf et Chalk, 1979). Ces invaginations représentent une caractéristique structurelle considérée comme une adaptation à la sécheresse. En raison de sa richesse taxonomique (80 genres et 1750 espèces) et sa grande diversité écologique et anatomique, la famille des *Proteaceae* a fait l'objet d'une étude comparative évolutionnaire de différentes formes de protection stomatique dans des habitats secs. Jordan et *al.*, (2008) ont établi 04 formes de cryptage profond chez cette famille :

1. **Marges étroitement rotoïdes** : les bords des feuilles ont été apprimées soit l'une à l'autre ou à une nervure médiane (Fig. 17, a). Les ouvertures des rainures résultant étaient bordées de poils dans presque toutes les espèces.
2. **Sillons longitudinaux** : Sous cette forme, les stomates se limitaient à une série de profondes rainures étroites, bordées de poils, sur toute la longueur de la feuille (Fig.5, b).
3. **Cryptes individuelles** : Les grandes cellules épidermiques et les très épaisses cuticules couvrent chaque anus artificiel, en créant une structure en forme de volcan (Fig.5, c, d). Les stomates sont généralement petits (40-50 μm). L'ouverture de la crypte est d'environ 10-20 μm de large.
4. **Fosses profondes** : les aréoles de feuilles ont été profondément invaginées, en créant une cavité bordée par les stomates. Les ouvertures sont occluses par les poils à 100 μm de diamètre, et les cavités sont souvent de 300 μm de diamètre et contient 40 - 100 stomates (Fig. 17, e, f).

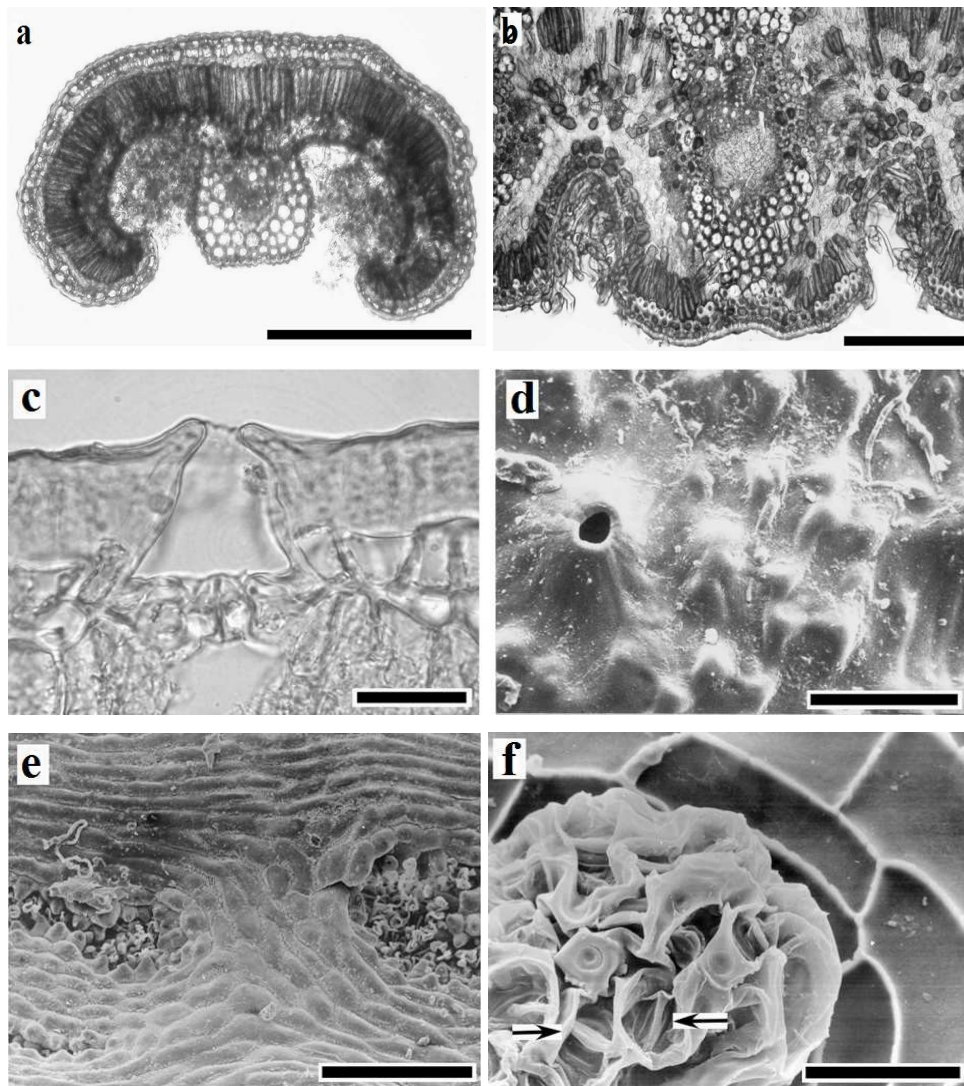


Figure 17: Formes de protection stomatique chez les *Proteaceae* (Jordan et al. 2008) **a** : Coupe transversale vue au microscope optique montrant les marges étroitement rotoïdes (*Banksia ericifolia*) **b**: Coupe transversale montrant deux rainures bordées de poils contenant des stomates (*Grevillea striata*), **c**: Coupe transversale montrant une crypte individuelle (*Hakea lissosperma*), **d**: surface externe montrant l'ouverture d'une crypte individuelle (*H. lissosperma*) **e**: Face abaxiale externe montrant des ouvertures de deux fosses remplies de poils (*Banksia quercifolia*), **f**: Face interne de la cuticule abaxiale montrant une crypte en forme de ballon (*Banksia quercifolia*) (Echelles : **Fig. a** : 500 μm ; **Fig. b, e** = 200 μm ; **Fig. c, d, f** = 50 μm).

En fait, il existe d'autres formes de protection stomatique (Jordan et al. 2008):

Fosses papilleuses ont été définies pour les stomates enfoncés sous l'épiderme à 25 - 40 μm et partiellement recouverts par de grandes papilles. D'autres espèces ont des stomates légèrement enfoncés (<20 μm) au-dessous de la surface de la feuille (*Lomatia dentata*, *Grevillea hilliana*) ou avait un peu de surface papilleuse (*Lambertia echinata*, *Hakea*

petiolaris). Les résultats de Jordan et *al.*, (2008) impliquent que les formes de cryptage profond sont étroitement liées aux climats secs, tandis que d'autres formes de protection stomatique (les fosses papilleuses et le revêtement dense de poils) ne sont pas systématiquement associées à l'aridité. Généralement, les plantes des milieux arides et semi-arides montrent des stomates souvent couverts par des masses résineuses et des couches de cire ou confinés dans des cryptes profondes du limbe. Ces cryptes sont souvent occluses par des tubules de cire ou des trichomes ce qui pourrait réduire davantage la transpiration (De Micco et Aronne, 2012).

III-1-5- Trichomes

Les trichomes des plantes ont pris récemment une grande signification comme de fiables marqueurs taxonomiques. Ces caractères seront utiles pour le champ des taxonomistes dans l'identification des plantes en l'absence des fleurs et des fruits qui ne sont pas disponibles que dans certaines saisons de l'année (Dipa et Daniel, 2011).

Sur la base des résultats conclus de l'étude d'Agrawal et *al.*, (2009), les espèces pourraient être qualitativement classées en trois types selon la surface de la feuille:

- (1) glabre, avec <300 de trichomes/ cm^2 et pas de cristaux de cire.
- (2) pubescente, avec plus de 300 trichomes/ cm^2 et pas de cristaux de paraffine.
- (3) glauque, avec une surface recouverte d'une couche de plaquettes de cire épicuticulaires mais avec quelques à aucun trichomes.

Bien que la gamme «glabre» inclut contre-intuitivement des densités pouvant atteindre 300 trichomes/ cm^2 .

La présence d'une haute densité de trichomes non glandulaire a été corrélée avec des habitats ouverts, chauds et arides, où les trichomes fonctionnent à l'ombre de la surface de la feuille contre les rayons ultraviolets (UV), en réduisant la charge thermique par absorption du rayonnement solaire (Ehleringer et *al.*, 1976). Les trichomes non glandulaires peuvent aussi agir comme une barrière physique contre le mouvement et la consommation de nombreux herbivores invertébrés, bien que divers insectes aient des adaptations pour en surmonter (Agrawal et *al.*, 2009). Bien que les feuilles xéromorphes sont généralement plus poilues que ceux des mésomorphes, les trichomes morts participent à la réduction de la transpiration lorsque les stomates sont fermés, tandis que les trichomes en vie pourraient augmenter les pertes d'eau (De Micco et Aronne, 2012).

La répartition des trichomes glandulaires variaient selon l'organe de la plante (Krstic, 2007). Les trichomes capités sont supposés sécréter des quantités variables des polysaccharides avec des huiles essentielles (Werker, 1993). La matière dans le sac cuticulaire des trichomes capités est stockée sous forme de substances lipophiles, tels que des terpènes, des lipides, des cires et des flavonoïdes aglycones (Mayekiso et *al.*, 2008).

III-2- Valeur systématique des traits micromorphologiques

La forme, la distribution, l'orientation et la taille des stomates ainsi que les divers épaississements et l'ornementation des cellules de garde sont tous des caractères fréquemment utilisés dans les travaux d'ordre taxonomiques.

Ces caractéristiques stomatiques ont été reconnus d'être spécifiques pour les taxons infrafamiliaux. Le type, l'indice, la superficie et la fréquence des stomates sont de valeur diagnostique (Shiva Kameshwari, 2011). Selon Coisin et Gostin (2011), les caractéristiques micromorphologiques de la tige, les feuilles, et le pollen fournissent conjointement des caractères utiles pour la distinction des espèces au sein du genre.

Selon une étude pharmacognosique des feuilles et des tiges de *Diodia scandens* Sw (*Rubiaceae*), la diversité des stomates est d'un intérêt taxonomique car il peut être utilisé pour distinguer *Diodia scandens* qui est hypoamphistomatique (Essiet et *al.*, 2010). *Anthocleista djalonesis* est unique dans l'aspect des stomates, elle se distingue par des stomates cyclocytiques et staurocytiques sur les deux surfaces et anisocytiques sur la surface abaxiale, tandis que *Anthocleista liebreichsiana* a des stomates paracytiques sur les deux surfaces. Les résultats respectifs de ces caractéristiques pourraient être utiles pour la délimitation taxonomique au niveau spécifique, mais pas au niveau générique (Wosu et *al.*, 2012).

Chez le genre *Anchusa* (*Boraginaceae*), la pubescence est un caractère fortement variable chez les spécimens provenant de différentes localités (Akcin et *al.*, 2010). La nature des trichomes dans le genre *Ficus* semble plus fiable que leur simple présence ou absence (Khan et *al.*, 2011). Les trichomes extrêmement variables dans leur structure et leur fonction, pourraient avoir une importance taxonomique dans certains groupes de plantes (Coisin et Gostin, 2011). Toutefois, les résultats de Yasmin et *al.*, (2009), ont montré que les différents genres ne peuvent pas être distingués sur la base de type de trichomes. Les données

quantitatives ont servi d'outil de diagnostic dans une certaine mesure, mais elles ne pouvaient pas être utilisées pour distinguer les différents taxons comme chez les *Polygonaceae*.

Le niveau d'élévation et d'enfoncement des stomates sur l'épiderme foliaire, présence ou absence de cire sur les cellules de garde et les cellules subsidiaires fournissent un outil taxonomique important pour l'identification des espèces du genre *Sibbaldia* (*Rosaceae*) (Saleha tahir et Rajput, 2009). Selon Eshratifar et al., (2010) en combinant toutes les données, la micromorphologie de *Teucrium* a une valeur hautement systématique et soutient fortement la subdivision réelle au sein de ce genre.

La présence d'éléments laticifères, trichomes glandulaires et non glandulaires, distribution hypostomatique, présence des hydathodes, épiderme chargée de fluide, parois cellulaires silicifiées et calcifiées qui se produisent dans des cystolithes à différentes formes, trichomes aciculaires plurisériés simples chez les espèces *Girardinia* (tribue d'*Urticeae*), trichomes glandulaires multicellulaires chez *Laportea*, trichomes non glandulaires aciculaires longs chez *Droguetia iners* et glandulaires multicellulaires à pointe recourbée chez *L. alatipes* : toutes ces caractéristiques ont été trouvés avoir une valeur systématique fiable (Kadiri et al., 2011).

La morphologie des parois des cellules et des papilles, les micros poils, la taille des stomates et la forme des cellules subsidiaires ont été trouvés d'être les structures les plus importantes pour la délimitation générique et spécifique des espèces étudiées de la tribue d'*Andropogoneae* (*Poaceae*). Chez les graminées, les papilles possèdent un potentiel taxonomique important en raison de leur nombre par cellule, arrangement et leur forme spécifique (Ullah et al., 2011).

L'étude de la composition de cire épicuticulaire chez le genre *Clusia* L. (*Clusiaceae*) suggère que les proportions relatives des alcanes et des triterpénoïdes peuvent avoir une signification taxonomique pour une séparation d'ordre spécifique ou infragénérique (Medina et al., 2004). La morphologie et la chimie de cire sont importantes dans la systématique des plantes, mais les cires répondent à l'environnement en qualité et en quantité (Gostin, 2009).

Chapitre IV

Biologie de la cuticule

IV- 1- Evolution de la cuticule de la plante

La cuticule comme structure a une très longue histoire sur le temps paléontologique. Les plus anciens vestiges de cuticules végétales remontent à environ 400 millions d'années, appartenant aux sporanges des *rhyniophytes*.

Brongniart (1834) a donné le nom de «cuticule» à la membrane superficielle de l'épiderme isolée des feuilles de chou par un rouissage dans l'eau. Cette première cuticule isolée contenait une matière grasse car elle s'est teintée avec du colorant Soudan. Plus d'un siècle plus tard, Norris et Bukovac (1968) ont défini les limites de la cuticule comme «toute couche qui peut être séparée de la cellulose de la paroi cellulaire sous-jacente», y compris la cuticule, et les couches cuticulaires. Le concept d'une couche de cuticule est attribué à Von Mohl (1847).

La cuticule tapisse l'extérieur de la paroi épidermique primaire très tôt dans l'ontogenèse d'organes et a été appelé cuticule proprement dite (CP) par Von Mohl (1847), composé de lipides solubles et de polymères. Sous la CP, une zone de la paroi cellulaire primaire (PCI^{aire}), puis la paroi cellulaire secondaire (PCII^{aire}) d'épaisseur variable deviennent progressivement imprégnées de cutine au cours du développement d'organes (Schiefelstein et Loomis, 1959).

La cuticule a été pensée aussi par Karsten (1857, 1860) et d'autres pour qu'elle soit formée de la transformation chimique des polysaccharides de la paroi cellulaire I^{aire}, dite théorie «metacrase ». Des générations successives de scientifiques ont admis que la cuticule et la cire ont pour origine les cellules de l'épiderme et les pores ont été jugés nécessaires pour le transport des constituants de la cuticule à la surface (Jeffree, 2006).

La cuticule est une membrane extracellulaire qui constitue une interface entre les tissus primaires des végétaux et l'atmosphère. Composée de cutine et de cire, la cuticule recouvre les surfaces des feuilles, des fleurs, des fruits et des tiges non ligneuses (Jetter et al., 2006). Dans les cires cuticulaires, une couche intracuticulaire et une couche épicuticulaire peuvent être distinguées en fonction de l'emplacement de la cire à l'intérieur ou à l'extérieur de la matrice de cutine respectivement (Fig.18). Bien que chez de nombreuses espèces végétales, cette couche de film relativement mince de cire épicuticulaire forme une surface lisse, les cristaux de cire saillants de ce film créent une surface microscopique rugueuse chez d'autres espèces (Jeffree, 2006), pouvant ainsi par leurs structures complexes superposées modifier les propriétés optiques de la surface de la plante (Tomaszewski et Zielinski, 2014).

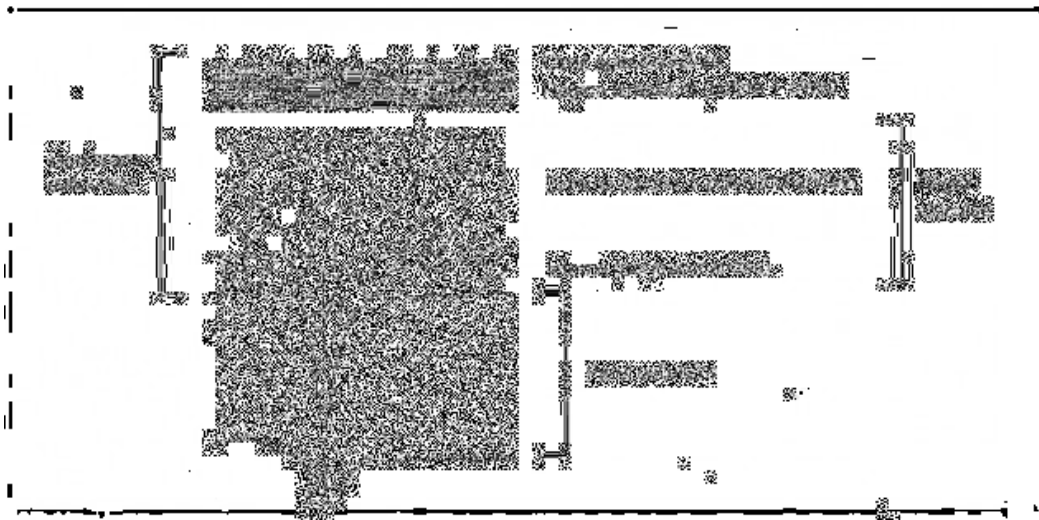


Figure 18 : Coupe transversale schématique de la partie supérieure de l'épiderme végétal (Jeffree, 1986)

IV- 2- Les principales fonctions de la cuticule chez les plantes

Autant qu'une structure non-vivante, une variété de fonctions a été attribuée à la cuticule surtout en matière de protection contre les conditions de l'environnement. La résistance fongique de certaines plantes peut être attribuée à des métabolites secondaires d'origine lipidique cuticulaire (Dubis et *al.*, 1999). La cuticule, souvent en association avec la paroi externe des cellules épidermiques et la vacuole de l'épiderme peuvent contribuer à un criblage efficace des rayonnements UV et protéger ainsi les tissus internes sensibles. Elle limite aussi bien la perte de vapeurs et l'absorption de gaz à travers l'interface plante-atmosphère. La cuticule joue aussi un rôle crucial dans le bon développement des plantes. Des mutants avec des cuticules défectueuses présentent une perte d'eau croissante et, en même temps, des anomalies morphologiques exceptionnelles telles que la fusion des organes (Riederer, 2006).

IV-3- La structure fine de la cuticule de la plante

Au début de l'ontogenèse, la membrane cuticulaire ou bien la cuticule proprement dite, est superposée à une couche superficielle de la paroi cellulaire primaire PCI^{aire} . Cytochimiquement, cette couche est positivement réactive avec des colorants cationiques, caractéristique de la présence de pectine (Jeffree, 2006). La procuticule PC apparaît sur les organes végétaux aériens très tôt dans le développement des cellules épidermiques, par exemple sur les feuilles non expansées encore en bouton (Wattendorff et Holloway, 1980). Les toutes premières cellules épidermiques dans l'apex de pousses et ébauches foliaires sont déjà couvertes par un film fortement hydrofuge, osmiophile qui forme une couche amorphe d'environ 20 nm d'épaisseur. La procuticule est donc la première zone de la cuticule à

apparaître pendant l'ontogenèse de la cuticule, ce qui donne rapidement lieu à la CP qui est assemblée à l'extérieur de la paroi cellulaire primaire PCI^{aire}. La couche cuticulaire se développe en deux grandes couches, différenciées par leurs compositions. Cette superposition découle en partie du processus d'imprégnation des couches de paroi cellulaire I^{aire} et paroi cellulaire II^{aire}, mais aussi d'un processus de maturation centripète de la cutine déposée (Jeffree, 2006).

IV-4- Composition des cires cuticulaires végétales

Les extraits de cire de diverses espèces de plantes contiennent une série homologue de composés aliphatiques de très longue chaîne, à savoir les acides gras, les aldéhydes, les alcools primaires et secondaires, les cétones, les alcanes à des longueurs de chaîne de C20-C36, ainsi que les esters d'alkyle C38-C70 (Jetter et *al.*, 2006, Kimberly et *al.*, 2006). Les triterpénoïdes, les tocophérols ou des composés aromatiques peuvent être présents dans certaines espèces uniquement sous forme de traces et dominant le mélange chez autre espèce (Buchaus et *al.*, 2007).

07 classes de composés ont été identifiées dans la cire totale des faces adaxiales des feuilles de *Rosa canina*. Le mélange est dominé par des alcanes (36%) et des alcools primaires (23%), suivie par des esters d'alkyle (11%) et des triterpénoïdes (7%). Les alcools secondaires, les alcools primaires alcénols (insaturés) et les esters de benzyle ont tous été détectés en tant que composants mineurs (1-2%), ne laissant que 14% du mélange de cire non identifié. Dans la classe des triterpénoïdes, 12 composés ont été identifiés (Buchaus et *al.*, 2007).

IV-4-1-La cire épicuticulaire

Les cires épicuticulaires forment souvent une pruine cireuse visible sur les surfaces végétales. L'effet Lotus, synonyme aujourd'hui à l'ultra-hydrophobie causée par la nano-structure de cire est nommé d'après lotus : *Nelumbo nucifera*, une espèce aquatique avec des feuilles glauques qui utilise des cires pour repousser l'eau plutôt que de la conserver (Jeffree, 2006). Généralement, la microscopie électronique à balayage (MEB) révèlent les morphologies complexes et diversifiées des cristaux de cire épicuticulaire (Jeffree, 2006), tandis que la microscopie électronique à transmission (MET) montre la structuration distincte des couches intérieures de la cuticule (Yeats et Rose, 2013).

IV-4-2-La classification structurelle et chimique des cires épicuticulaires

La première classification des types de cires épicuticulaires a d'abord été tentée par Bary (1871, 1884). Amelunxen et *al.*, (1967) ont proposé cinq catégories principales:

- 1- Cire épicuticuaire en grains.
- 2- Cire épicuticuaire en tiges et filaments.
- 3- Cire épicuticuaire en plaques et écailles.
- 4- Cire épicuticuaire en fims et croutes.
- 5- Cire épicuticuaire en couches de cire liquide et graisseuse.

Les morphologies des cristaux de cire épicuticulaire les plus couramment rencontrées chez les plantes sont des films amorphes, des grains ou de granulés, de plaques (simples ou crénelés), des filaments ou des tiges, mais d'autres formes sont possibles : tubes avec un centre creux, rubans allongés aplatis avec diverses formes (Jeffre, 2006).

Par exemple, dans le blé (*Triticum aestivum*), les cires riches en alcool primaire ont presque toujours une morphologie simple de plaque, tandis que les cires riches en β -dicétone sont tubulaires. Les cires de type à plaques dominées par les alcools primaires sont très répandues chez les *Fabaceae* et les *Myrtaceae* (*Eucalyptus*), et apparaissent aussi fréquemment chez les *Poaceae* et d'autres groupes monocotylédones (Jeffree, 2006). Cependant, chez *Vitis vinifera*, la morphologie des plaques est accompagnée par la présence d'acide oléanolique comme un constituant majeur (Baker, 1982).

IV-5- Méthodes d'extraction des cires cuticulaires végétales

Les cires cuticulaires des plantes sont préparées pour l'analyse chimique par extraction de surface des organes intacts dans des conditions contrôlées (choix, volume et température du solvant, durée du contact entre le solvant et la surface de la plante) afin de donner des résultats reproductibles (Jetter et *al.* 2006). Le chloroforme CHCl_3 (pureté 99%) s'est avéré approprié (Dragota et Riederr, 2007). D'autres solvants, comme le chlorure de méthylène ou l'éther de pétrole (Arrendale et *al.*, 1988), et le n-hexane (Rashotte et *al.* 2001) ont été utilisés. Toutefois, ce solvant, en raison de sa très faible polarité, ne peut dissoudre que des quantités limitées de constituants de cire plus polaires, de sorte que des volumes relativement importants doivent être appliqués pour l'extraction exhaustive. Quand à la température du solvant, une température ambiante est généralement adéquate à tous types de solvants appropriés (Jetter et *al.*, 2006). Selon Skafrenek et *al.*, (2008), une température de 60 C° du

chloroforme est nécessaire pour une extraction complète de la cire. La quantité totale des cires extraites est la meilleure base de comparaison entre les espèces, les organes, les stades de développement et les tissus cultivés dans des conditions variables (Jetter et *al.*, 2006).

La durée de l'extraction a varié considérablement dans les études précédentes, en partie à la distinction entre la cire épi ou intracuticulaire. Il a été constaté que l'extraction est complète au bout de 5 à 20 secondes (Holloway, 1984). Cependant, un protocole comprenant deux étapes d'extraction de 30 s chacune est supposé avoir un rendement total des mélanges de cire (Jetter et *al.* 2006). Dans la plupart des cas, des préparations de cire exemptes de lipides internes sont obtenues par extraction d'un tissu frais et sain (Jetter et *al.*, 2006). Toutefois, Silva Fernandes et *al.*, (1964), ont exigé au préalable un séchage des feuilles à l'ombre. Bien que certaines études estiment les montants des cires en unités de masse par poids sec de tissu, il est préférable de quantifier la masse de cire par unité de surface (Jetter et *al.*, 2006).

IV-5-1- L'analyse instrumentale

Les extraits des cires épicuticulaires ont été quantifiés par plusieurs méthodes, y compris gravimétrique (Silva Fernandes et *al.*, 1964), colorimétrique (Ebercon et *al.*, 1977), par chromatographie (Toole et *al.* 1979) et par résonance magnétique des protons (Johnson et *al.*, 1984).

En raison de la complexité des mélanges et des quantités disponibles relativement faibles, des extraits de cire cuticulaires peuvent être mieux analysés par chromatographie en phase gazeuse CPG. Pour améliorer la forme de pic et de donner ainsi une meilleure résolution, des groupes fonctionnels contenant de l'hydrogène actif devraient être transformés en dérivés. A cette fin, des groupes hydroxyles d'alcools et d'acides carboxyliques sont typiquement transformés en silyle de triméthyle (TMSi) correspondant aux éthers et esters, en utilisant des réactifs de silylation tels que le bis-N, O-triméthylsilyltrifluoroacétamide (BSTFA). Il a été démontré que cette réaction de dérivatisation va jusqu'à son terme, et que les composés résultants peuvent être très facilement identifiés et quantifiés avec précision (Deas et *al.* 1974). L'utilisation de ces dérivés, composés avec différents groupes fonctionnels et / ou nombre de carbones différentes ont, dans tous les cas, été séparés par chromatographie CG. Ces composés individuels dans la plupart des études ont été quantifiés en utilisant la détection FID ou la spectrométrie de masse (Jetter et *al.*, 2006),

Chapitre V
Matériels et Méthodes

IV-1- Description des sites d'échantillonnage

La station de récolte des espèces du genre *Pistacia* se situe dans la région de Tessala, wilaya de Sidi Bel Abbès, une zone montagneuse qui s'élève à 989 m d'altitude. Quant au genre *Rhus*, la seule espèce représentative du genre à savoir *Rhus pentaphylla* est collectée dans la région de Sidi Djelloul de la wilaya de Témouchent à une altitude de 68 m. Les deux stations d'étude se situent dans la région Nord occidentale oranaise de l'Algérie (Fig.19).

D'après les services de l'ONM de la wilaya de Sidi Bel Abbès, le climat est sec et froid en hiver où les températures minimales atteignent parfois -7,8°C. 05 mois de l'année sont sous gelée allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Février. Des précipitations faibles et irrégulières parfois soudaines (421,5 mm enregistrées l'année 2008) sont concentrées sur les périodes d'automne et d'hiver, alors que la période sèche s'étend sur 06 mois de l'année voire du mois d'Avril à Septembre. Le climat est dur en été avec des températures atteignant 47°C en Juillet et Août. Les journées d'été sont chaudes et sèches (température >40°C, humidité < 30%) (Ferka Zazou, 2006).

La synthèse des données climatiques portées précisément sur les précipitations, source d'alimentation hydrique, les températures (maximales et minimales), facteur climatique majeur conditionnant la vie du végétal et le repérage géographiques donné par la latitude, la longitude et l'altitude des zones d'étude ont mis en évidence un climat semi-aride continental pour la station de Tessala. La station de Sidi Djelloul est influencée par un climat semi-aride littoral. Les données climatiques sont représentées par le tableau 2.



Figure 19: Localisation des sites d'échantillonnage des espèces du genre *Pistacia* et du genre *Rhus*

Tableau 2 : Coordonnées climatiques et géographiques des stations d'étude

Site	Latitude	Longitude	Altitude (m)	M (C°)	m (C°)	Ann.Rain (mm)	Q3	Type de climat
Tessala (Ts)	35°16'21 N	0°47'13' W	989	25,01	8,91	231,96	49,43	Semi-aride « continental »
Sidi Djelloul (SD)	35° 18' N	1° 21' W	68	30,58	10,09	362,68	60,71	Semi-aride « littoral »

M: La moyenne des températures maxima du mois le plus chaud; **m:** La moyenne des températures minima du mois le plus froid; **P:** Précipitation annuelle; **Q₃:** Quotient pluviothermique d'Emberger

IV-2- Matériel végétal

Les espèces examinées du genre *Pistacia* citées ci-dessus ont été récoltées de la station de Tessala, l'année 2013 (période estivale). Les échantillons foliaires de *R. pentaphylla* ont été prélevés l'année 2014 de la station de Sidi Djelloul (Ain Témouchent). Les feuilles ont été prélevées d'une manière aléatoire de la frondaison de chaque arbre. 05 répétitions pour

chaque espèce ont été faits. Le matériel végétal destiné à l'extraction chimique a été collecté au début du mois de Novembre 2015, période de maturation complète des feuilles qui ont été choisies soigneusement à l'état saine, prélevées et transportées toute fraîches au laboratoire. Le temps entre le prélèvement des échantillons et l'extraction ne doit pas dépasser les 24 h. Toutefois, certains protocoles tolèrent un séchage des feuilles à l'air ambiant avant extraction (Alcereto et *al.*, 2002). En effet, tous les tissus doivent être échantillonnés fraîchement avant l'extraction des lipides pour éviter toute hydrolyse ou oxydation avant sa dispersion dans le mélange de solvants. Les tissus végétaux doivent être traités immédiatement après la collecte par immersion dans le propanol 2 chaud ou l'eau. La phospholipase D de la plante est connue pour être active même dans certains solvants. Tout tissu qui ne peut être extrait immédiatement doit être congelé aussi rapidement que possible en carboglace ou mieux dans l'azote liquide et stocké dans des récipients de verre scellés à -70 C°.

IV-3- Préparation des échantillons

IV-3- 1- Observations au microscope photonique

Pour la microscopie photonique, les observations ont été faites sur des empreintes épidermiques réalisées par la méthode de prélèvement de l'épiderme. Une méthode simple qui consiste à étaler une couche assez épaisse du vernis à ongle transparent sur les deux faces d'une feuille fraîche. Une fois la couche du vernis est bien séchée à l'air ambiant, à l'aide d'une pince, on enlève l'épluchure du vernis qui a recopier la topographie de la feuille et on l'étale sur une lame mouillée d'une goutte d'eau au préalable. Les observations ont été faites aux grossissements (x10) et (x40). Les lames sont conservées au laboratoire de « Biodiversité Végétale » Université Djilali Liabès de Sidi Bel-Abbès.

IV-3-2- Observations au microscope électronique à balayage

Le mode de préparation d'un échantillon pour une observation au MEB dépend de l'information recherchée, la topographie, la microstructure, la nature de l'échantillon et la forme dans laquelle il se présente : échantillon dur et massif, échantillon biologique, poudre...etc (Ruste, 2007). En fait, toute préparation préalable de mise en forme de

l'échantillon doit être effectuée selon le type de l'échantillon (Beaunier, 2007). Des microphotographies à différents grossissements ont été réalisées au MEB, type *Ieol 6320 F (FEGSEM)* au sein du Centre Interdisciplinaire des Nanosciences de Marseille, CINaM, France.

IV-3-3- Extraction chimique des cires cuticulaires totales

Les cires cuticulaires désignées au pluriel regroupent à la fois les cires épicuticulaires (CE) et les cires intracuticulaires (CI).

Tous les lipides doivent être protégés contre une dégradation par oxydation par l'oxygène, de solvants, des enzymes en combinaison avec la température et la lumière. De ce fait, les extraits de cires récupérés sont conservés dans des tubes en plastique dans un frigidaire à une température basse.

IV-1-4- Analyse qualitative et quantitatives des cires cuticulaires

IV-1-4-1- Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

L'analyse par CPG-MS a été réalisée en utilisant un chromatographe en phase gazeuse (Modèle 6890N, Agilent, Palo Alto, CA, USA) équipé d'un injecteur, Agilent modèle 7683 échantillonneur automatique et un Agilent HP5-MS condensé à une colonne de silice (5% phényle-méthylpolysiloxane, 30m $\times$ 0,25 mm id, l'épaisseur du film 0,25 mm). Les conditions de GC inclus un chauffage programmée de 60 à 2468 C au 38 C / min, suivi de 20 min sous conditions isothermes. L'injecteur a été maintenu à 2,508 C. L'hélium a été le gaz porteur, à raison de 1,0 ml / min. Les échantillons exécutés ont été dilués dans de l'hexane avec un rapport de dilution de 1: 100 et (1 ml) et injectés dans le mode partagé (1:20). La GC a été équipée d'un spectromètre de masse quadripolaire avec un détecteur Agilent modèle 5973. Les conditions de sclérose en plaques ont été les suivantes: énergie d'ionisation, 70 eV, l'impact électronique d'ions de température de la source, 2008C; température quadripolaire, 1508C; vitesse de balayage, 3.2 scan / s; plage de masse, de 30 à 480 u. Le logiciel qui a été utilisé pour traiter et analyser les spectres de masse et chromatogrammes était un Agilent ChemStation MSD E.01.00.237. Les indices de rétention linéaires (IRL) pour tous les composés ont été comparés avec ceux d'échantillons authentiques de base de données Adams. L'identification des constituants des cires cuticulaires a été réalisée en comparant leurs IRL et

leurs spectres de masse à partir d'une bibliothèque de maison ou à partir des données de la littérature et les bases de données de spectres de masse, y compris HPC 2205 (Adams, 2007) et W8N05ST (NIST / EPA / NIH 2005).

Chapitre VI

Résultats et Discussion

VI-1- Résultats

❖ Microphytodermie

VI-1-1- Résultats des paramètres qualitatifs

VI-1-1-1- Genre *Pistacia*

La synthèse des traits microphytodermiques qualitatifs étudiés chez 03 espèces du genre *Pistacia* *P. lentiscus*, *P. terebinthus*, *P. saportae* sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Synthèse des paramètres épidermiques qualitatifs étudiés des espèces du genre *Pistacia*

Espèces		<i>P. lentiscus</i>	<i>P. terebinthus</i>	<i>P. saportae</i>
Caractéristiques épidermiques				
Forme des cellules épidermiques		Pentagonale / Hexagonale	Hexagonale/ Polygonale ± allongée	Hexagonale/ Polygonale
Forme des stomates		Arrondie/ elliptique	Plus long/large arrondie	Plus long/large arrondie
Types des complexes stomatiques		Peri., Acti., Para., Desm.	Para., Anis., Stau., Tetr.	Acti. Para. Stau. Ampa.
Type des trichomes	T.G.	pelté	capité pelté	//
	T.N.G.	cilié	//	capité

Péri. : Pericytique, **Acti.** : Actinocytaire, **Para.** : Paracytaire, **Desm.** : Desmocytaire.
Anis. : Anisocytaire, **Stau.** : Staurocytaire, **Tetr.** : Tetracytaire, **Ampa.** : Amphiparacytaire,
T.G. : trichome glandulaire, **T.N.G.** : trichome non glandulaire.

VI-1-1-1-1- *Pistacia lentiscus*

Les empreintes épidermiques foliaires du *P. lentiscus* observées au microscope électronique à balayage révèlent une structure granulaire rugueuse sur la face adaxiale. Cette rugosité est accentuée par l'abondance de cire épicuticulaire sous forme d'écailles en absence de stomates sur l'ensemble de la surface (Fig.20, a, b, c, d).

Sur la face abaxiale, la nervure principale est bien saillante (Fig.20, a), les stomates en nombre important sont légèrement engoutés dans la surface épidermique (Fig.20, b). Agrandi 6000 fois (Fig.21,c), les cellules de garde, bombées bien surélevées au dessus de l'épiderme démontrent une structure raide à plissée, leur surface est recouverte de particules résinifères.

Les crêtes stomatiques externes sont légèrement surélevées, épaisses munies de cire épicuticulaire. Les crêtes stomatiques externes de l'otiole ont une structure fortement plissée (Fig. 21, d).

Les microphotographies prises au MEB ont révélé la présence des trichomes glandulaire de type pelté sur la face inférieure (Fig.21, f). Les microphotographies prises par microscope photonique ont révélé aussi la présence des trichomes non glandulaire de type cilié (Fig.22, i).

Les microphotographies prises par microscope photonique ont permis ainsi de déterminer la structuration et l'agencement des cellules épidermiques. Elles sont d'une forme géométrique pentagonale à hexagonale (parfois polygonale) et d'une taille inégale (Fig.22, g)

Les échantillons foliaires du lentisque se révèlent comme hypostomatiques (des stomates seulement sur la face abaxiale) (Metcalf et Chalk, 1950) à l'exception de quelques stomates très rares (non mesurables) observés près de la nervure principale de la face adaxiale (Fig.22, h). Pour la plupart des échantillons observés, les stomates sont d'une forme arrondie circulaire, rarement elliptique

Une diversité de complexes stomatique a été recensée chez *P. lentiscus* à savoir les stomates de type péricytique, actinocytyque et paracytyque.

Les stomates de type péricytyque s'observent fréquemment sur les empreintes épidermiques foliaires du *lentiscus*, entourés complètement par une seule cellule subsidiaire (Prabhakar, 2004, Ibrahim et Ayodel, 2013), appelé également stomate flottant (synonyme : adétostome (Guyot, 1985) ou amphipéricytyque (synonyme: copérécétique) (Prabhakar,

2004). Les cellules subsidiaires ne peuvent pas être arrangées toujours comme les types clés décrites dans les différentes classifications, plusieurs auteurs ont exprimé des difficultés pour décrire quelques arrangements (Metcalf et Chalk, 1950). En telle situation, le stomate pérécétique observé sur nos échantillons se présente sous deux formes, le premier est bordé par un cercle de cellules environnantes en nombre de 07 (Fig.22,a), le deuxième est entouré par 09 cellules environnantes formant une rosette (Fig.22, b). Le stomate actinocytyque est typique dans sa forme selon la définition de Metcalf et Chalk (1950). Les cellules de garde sont encerclées par 11 cellules subsidiaires en forme de rosette (Fig.22, c).

Le type paracytyque observé chez le lentisque est ainsi sous l'ambiguïté de différentes classifications et définitions selon la taille et la forme des cellules subsidiaires. La figure (22,d) représente un stomate paracytyque avec des cellules subsidiaires parallèles le long de l'axe du l'ostiole (Metcalf et Chalk, 1950). La figure (22, e) indique un stomate brachyparacytyque (du grec *brakhus* signifie court) avec une ou deux cellules subsidiaires courtes (dites aussi cellules filiales) (Carpenter, 2005).

Un autre type est enregistré chez le lentisque à savoir le type desmocytique (Fig.22, f).

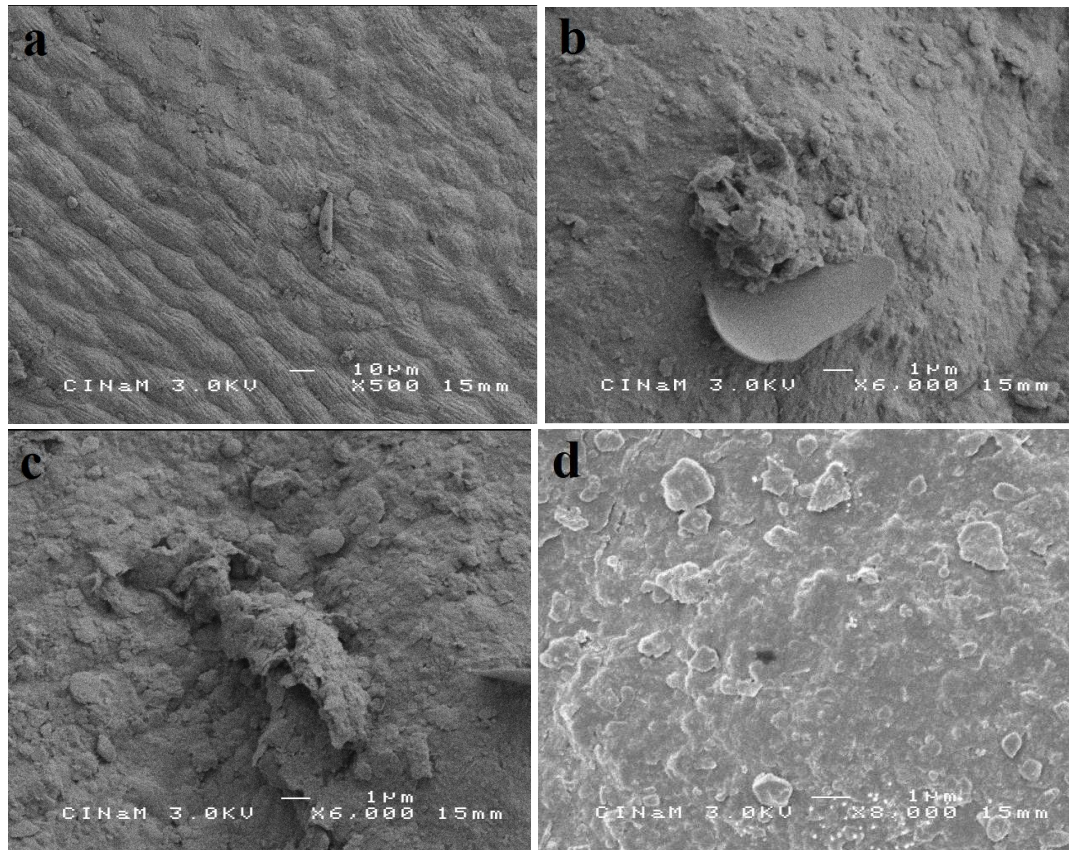
Planche I

Figure 20 : Structure de la face adaxiale des folioles du *Pistacia lentiscus* (MEB)

Planche II

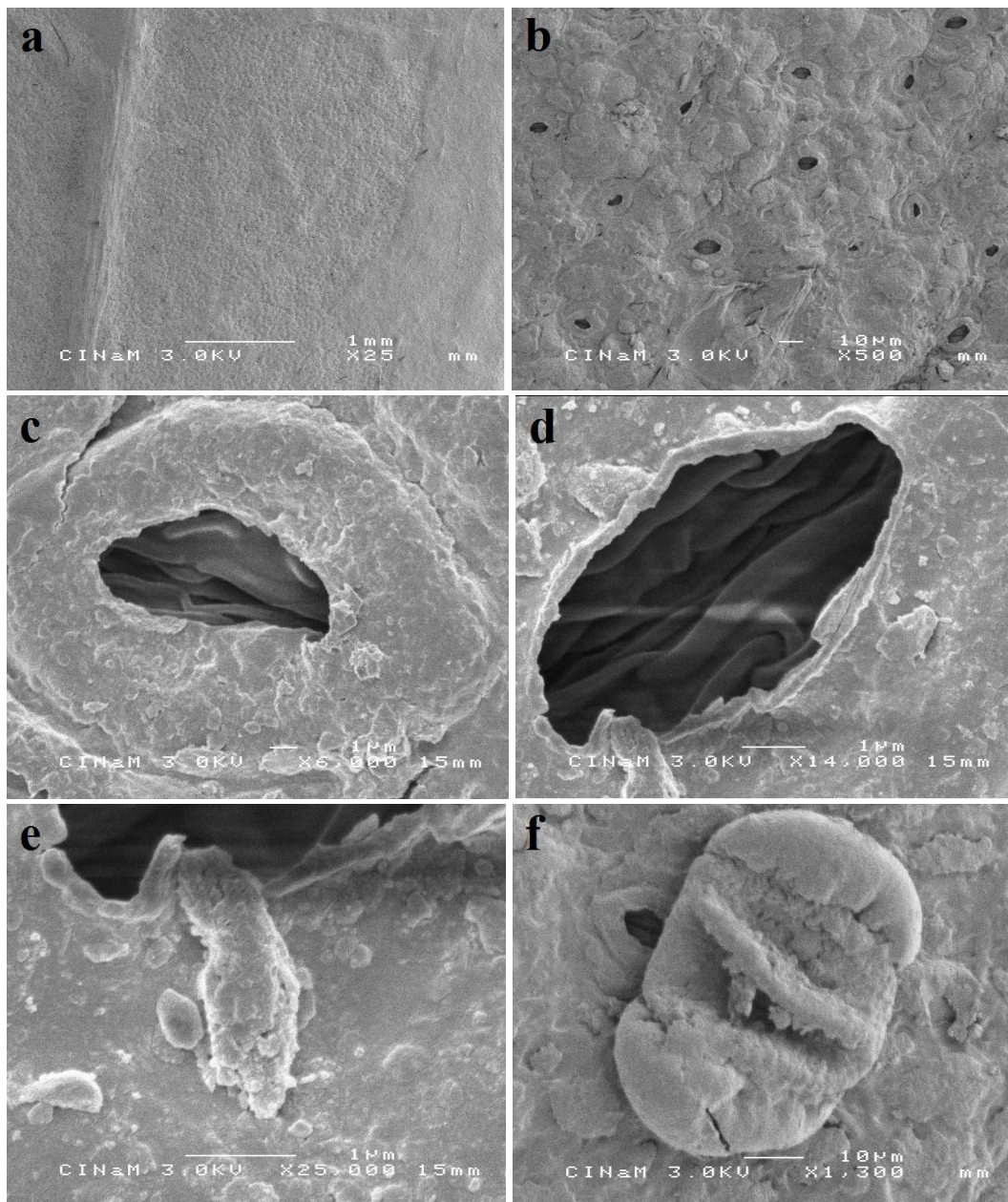


Figure 21 : Structure de la face abaxiale des folioles de *Pistacia lentiscus* (MEB)

Planche III

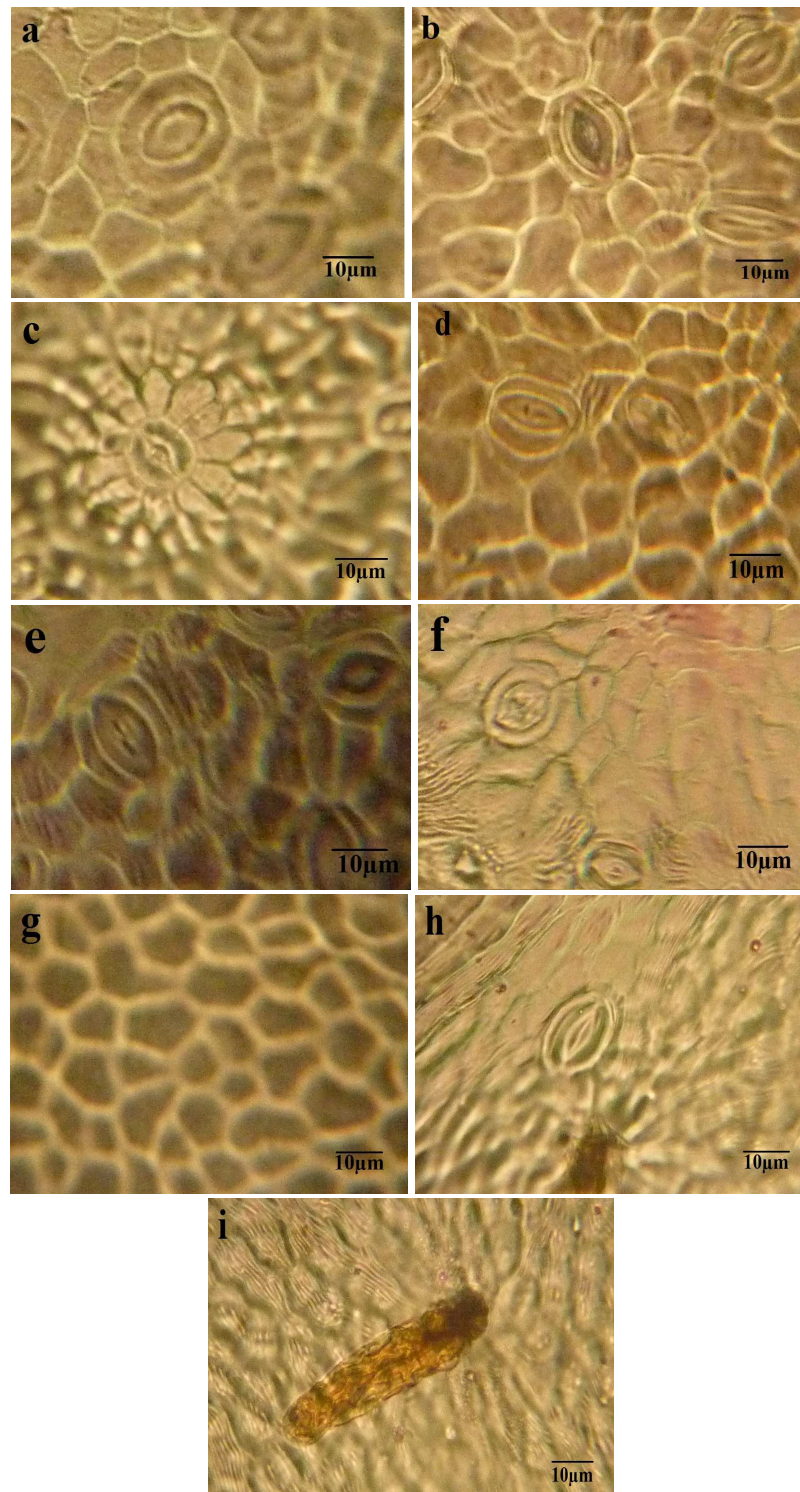


Figure 22: Types stomatiques de *Pistacia lentiscus* (microscope photonique)

a, b : stomates pérycétiques, **c :** actinocytaire, **d :** paracytaire, **e :** brachyparacytaire, **f :** desmocytaire, **g :** forme des cellules épidermiques (face adaxiale), **h :** stomate rare près de la nervure médiane (face adaxiale), **i :** trichome glandulaire capité

VI-1-1-1-2- *Pistacia terebinthus*

Les microphotographies des échantillons foliaires du *Pistacia terebinthus* prises par microscope électronique à balayage MEB révèlent l'ultrastructure de la surface épidermique.

Observé à un faible grossissement (x 25), la nervure médiane est saillante sur la face adaxiale (Fig. 23, a). Les nervures secondaires projetées depuis la nervure principale et les nervures tertiaires forment un réseau concentrique dense.

Les échantillons foliaires du *P. terebinthus* manifestent une structure rugueuse et striée sur la face adaxiale. Les stomates en nombre important sont fortuitement dispersés. Les stries ou les sillons projetés depuis les stomates sur l'ensemble de la surface épidermique forment des paquets concentriques raides et sinueux (Fig. 23, b).

Agrandi (x6000 fois), le stomate légèrement enfoncé au dessus de la surface de l'épiderme révèle une structure plus ou moins lisse. La surface des cellules de garde est bien tachetée de petites particules de résines. Les crêtes stomatiques lisses à paroi épaisse sont légèrement surélevées (Fig. 23, c). Les crêtes stomatiques de l'ostiole manifestent une texture fortement plissée, les plis sont sinueuses et alternées (Fig. 23, d).

Sur la face abaxiale, la nervure principale est bien saillante (Fig. 23, a). Une proportion importante de stomates se focalise fortuitement. L'ensemble de la surface épidermique révèle une structure raide à sinueuse. Les sillons projetés depuis les stomates en forme de paquets concentriques et denses accentuent la raideur de la surface de l'épiderme (Fig. 24, b).

Les stomates dévoilent une structure légèrement lisse, quelques particules résinifères sont dispersées près des cellules de garde (Fig. 24, c). À un grossissement de 8000 fois, les crêtes du stomate démontrent une bordure légèrement crénelée fortement vêtue par des sécrétions de résine. Les crêtes stomatiques de l'ostiole légèrement surélevées présentent une structure fortement plissée (Fig. 24, d).

Deux types de trichomes glandulaires sont observés chez les échantillons foliaires de *Pistacia terebinthus* à savoir les trichomes glandulaires capités et peltés.

La figure (24, e) représente un trichome glandulaire de type capité inséré dans la surface de l'épiderme est formé d'un pied court à texture lisse sur lequel s'insère une tête plus ou moins allongée à surface fortement crispée.

Le trichome glandulaire pelté observé sous forme de boule sessile à surface granuleuse est inséré sur la nervure médiane (Fig. 24, d).

Les folioles du térébinthe sont tous isoamphystomatiques, sans stomates sur la face adaxiale que la face abaxiale. Les stomates prennent une forme plus longue que large, parfois arrondis, les pôles stomatiques où se réunissent les cellules de garde ont une forme légèrement élliptique qui tend vers le carré.

Quand aux cellules épidermiques, elles se visualisent nettement sous microscope photonique. Ce dernier permet d'identifier la forme et l'agencement des cellules épidermiques sur la surface du limbe. Les cellules de l'épiderme ont une forme géométrique hexagonale à polygonale plus ou moins allongée (Fig. 25, g).

Les empreintes épidermiques foliaires du térébinthe vues sous microscope photonique manifestent une diversité des complexes stomatiques. Le type paracytique est observé fréquemment (Fig. 25, a). D'autres types stomatiques ont été recensés chez le térébinthe à savoir le type anisocytique staurocytique et tétracytique et (Fig. 25, b, c, d). Le stomate actinocytique est également observé (Fig. 25, e). Deux stomates contigus enveloppés par une seule cellule subsidiaire ont été remarqués (Fig. 25, f).

Planche IV

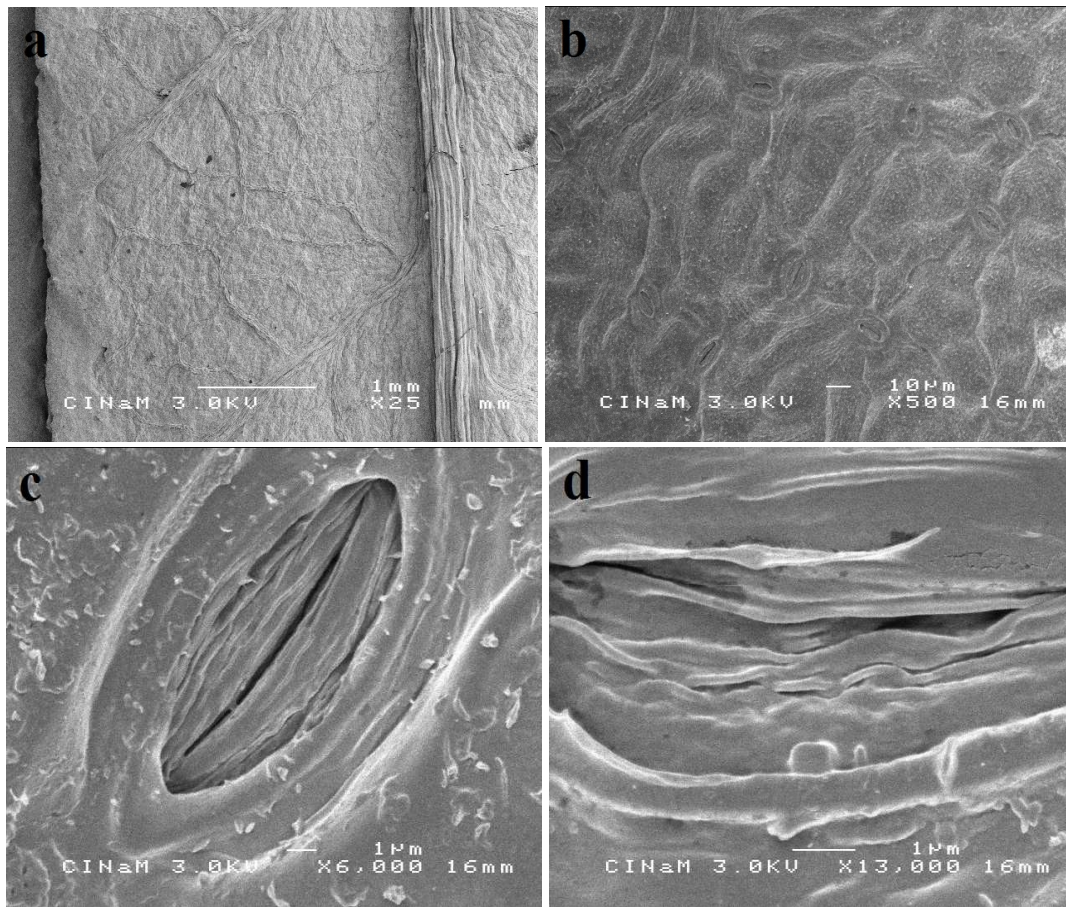


Figure 23 : Structure de la face adaxiale des folioles de *Pistacia terebinthus* (MEB)

Planche V

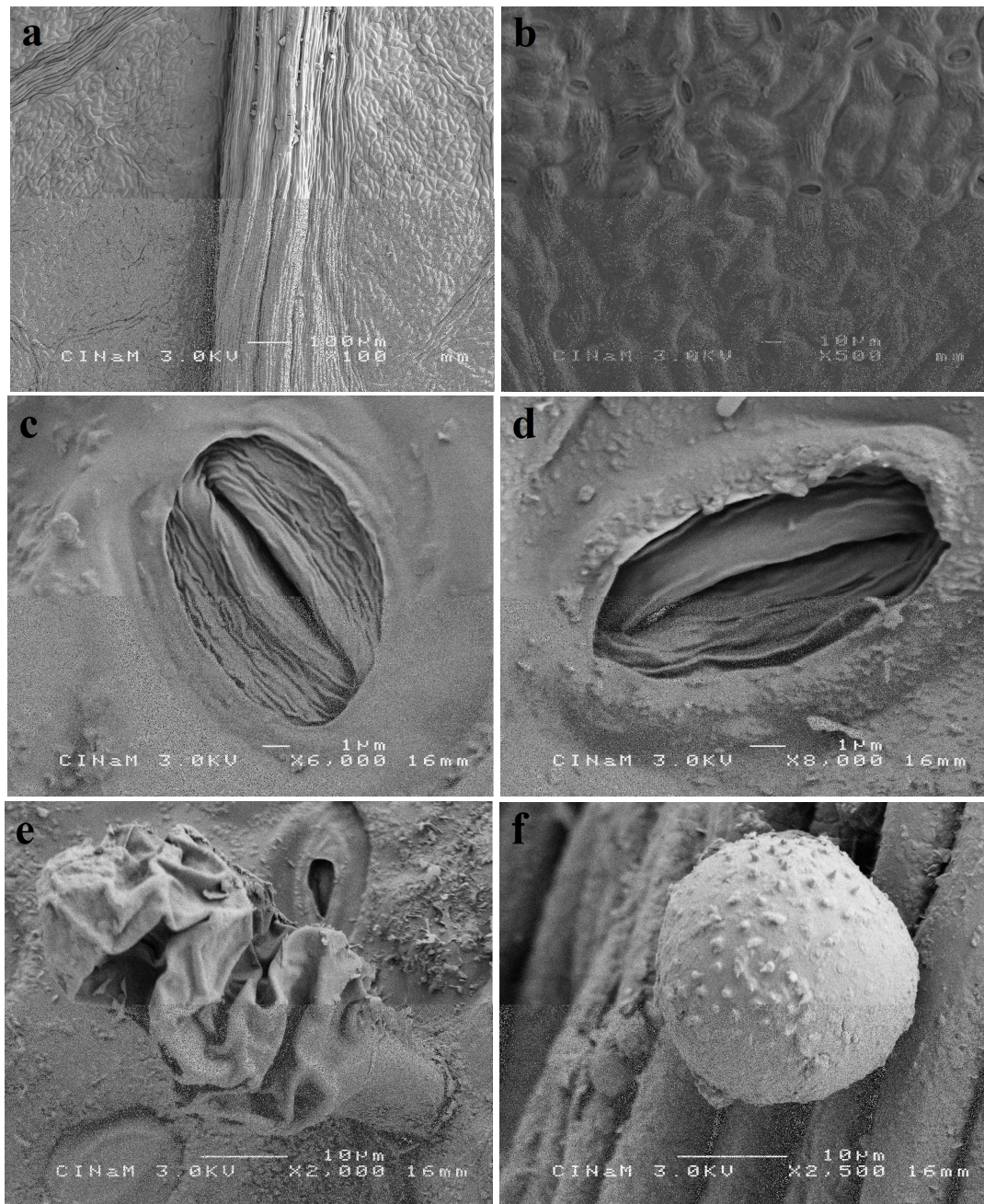


Figure 24 : Structure de la face abaxiale des folioles de *Pistacia terebinthus* (MEB)

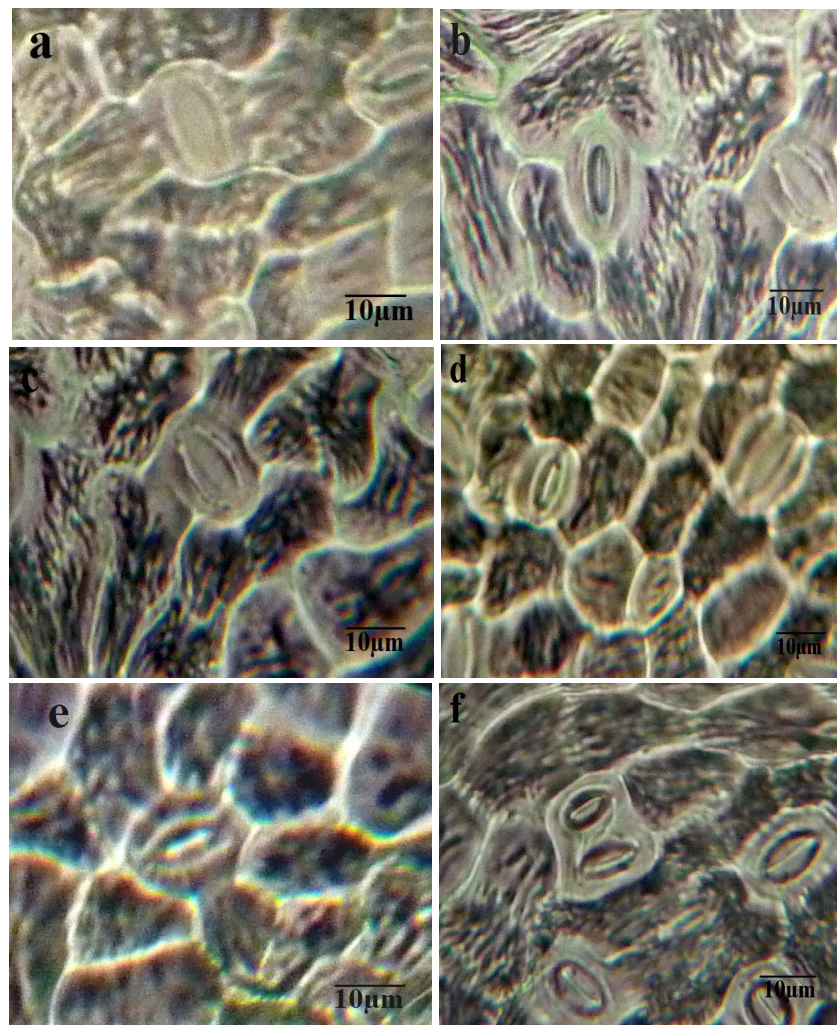
Planche VI

Figure 25 : Types stomatiques de *Pistacia terebinthus* (microscope photonique)
a: stomate paracytique, **b**: anisocytique, **c**: staurocytique, **d**: tétracytique, **e** : actinocytique, **f** :
deux stomates contigus

VI-1-1-1-3- *Pistacia saportae*

Vue sous microscope électronique à balayage MEB, la face adaxiale des échantillons foliaires du *Pistacia saportae* démontre une structure en puzzle faiblement striée (Fig. 26, a). Agrandi (8000 fois), la face supérieure dévoile une structure légèrement écailleuse due à la présence des crêtes de cire épicuticulaire (Fig. 26, b). Celle-ci se présente parfois sous forme de boule (Fig. 26, c, d). La face adaxiale est dépourvue de stomates à l'exception de quelques uns observés près de la jonction des nervures secondaires sous microscope photonique (Fig. 28, f).

Sur la face abaxiale, la nervure médiane est bien saillante (Fig. 27, a).

Les microphotographies des échantillons foliaires prises au MEB révèlent un grand nombre de stomates, fortuitement éparpillés et légèrement enfoncés au dessous de l'épiderme. Les stries projetées autour des stomates accentuent la raideur de la surface épidermique.

La focalisation d'un grand nombre de stomates sur la face abaxiale des échantillons foliaires du *saportae* par rapport à la face adaxiale leur confère le caractère hypoamphystomatique.

Agrandis (x 6000 et x 8000 fois) respectivement, les stomates présentent des cellules de garde à structure bombée, bien surélevées au dessus des cellules environnantes de l'épiderme. Les crêtes stomatiques sont crénelées (Fig. 27, c, d). A un grossissement de 20000 fois, les crêtes stomatiques de l'ostiole révèlent une structure bien striée (Fig. 27, e).

Vues sous microscope photonique, la forme des cellules épidermiques varie de l'héxagonale au polygonale. Des trichomes glandulaires de type capité ont été ainsi observés (Fig. 27, g).

Une diversité de complexes stomatiques a été recensée. Le type stomatique actinocytaire est fréquemment observé. Les types paracytaire et staurocytaire sont également enregistrés (Fig. 28, a, b, d). Un nouveau type stomatique a été observé sur les empreintes épidermiques du *saportae* à savoir le type amphiparacytaire (Fig. 28, c).

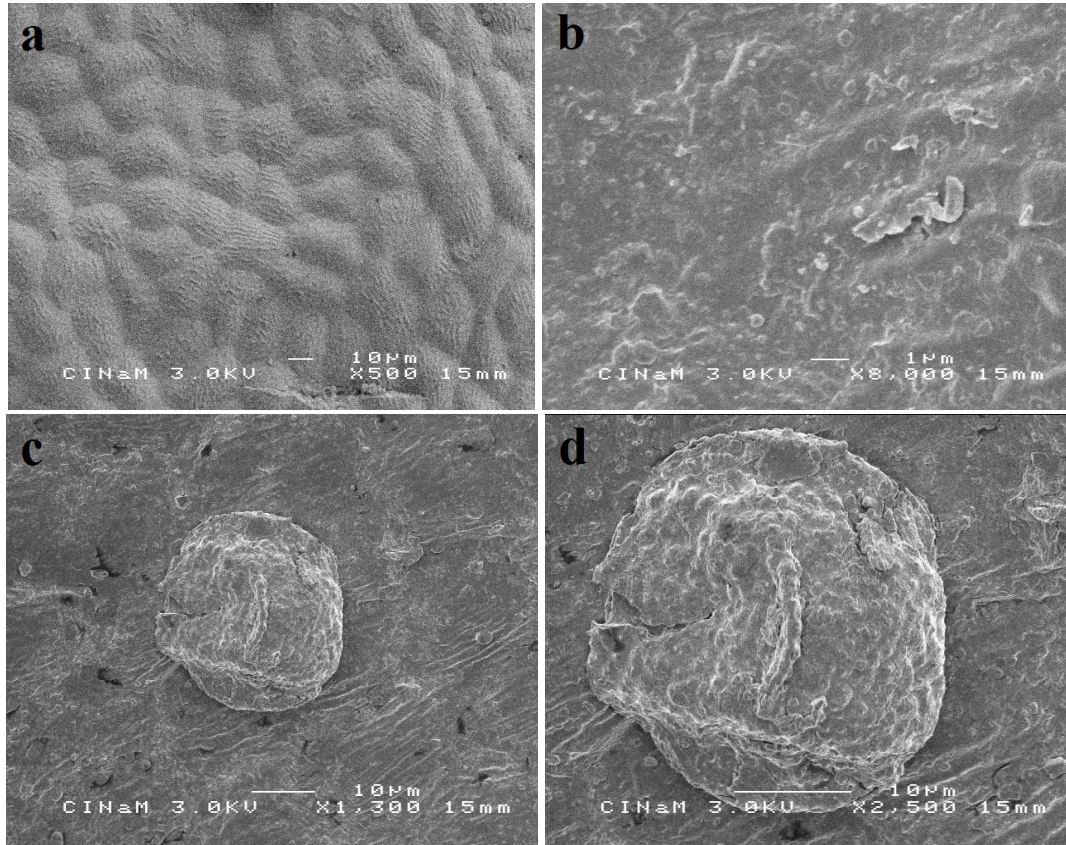
Planche VII

Figure 26 : Structure de la face adaxiale des folioles de *Pistacia saportea* (MEB)

Planche VIII

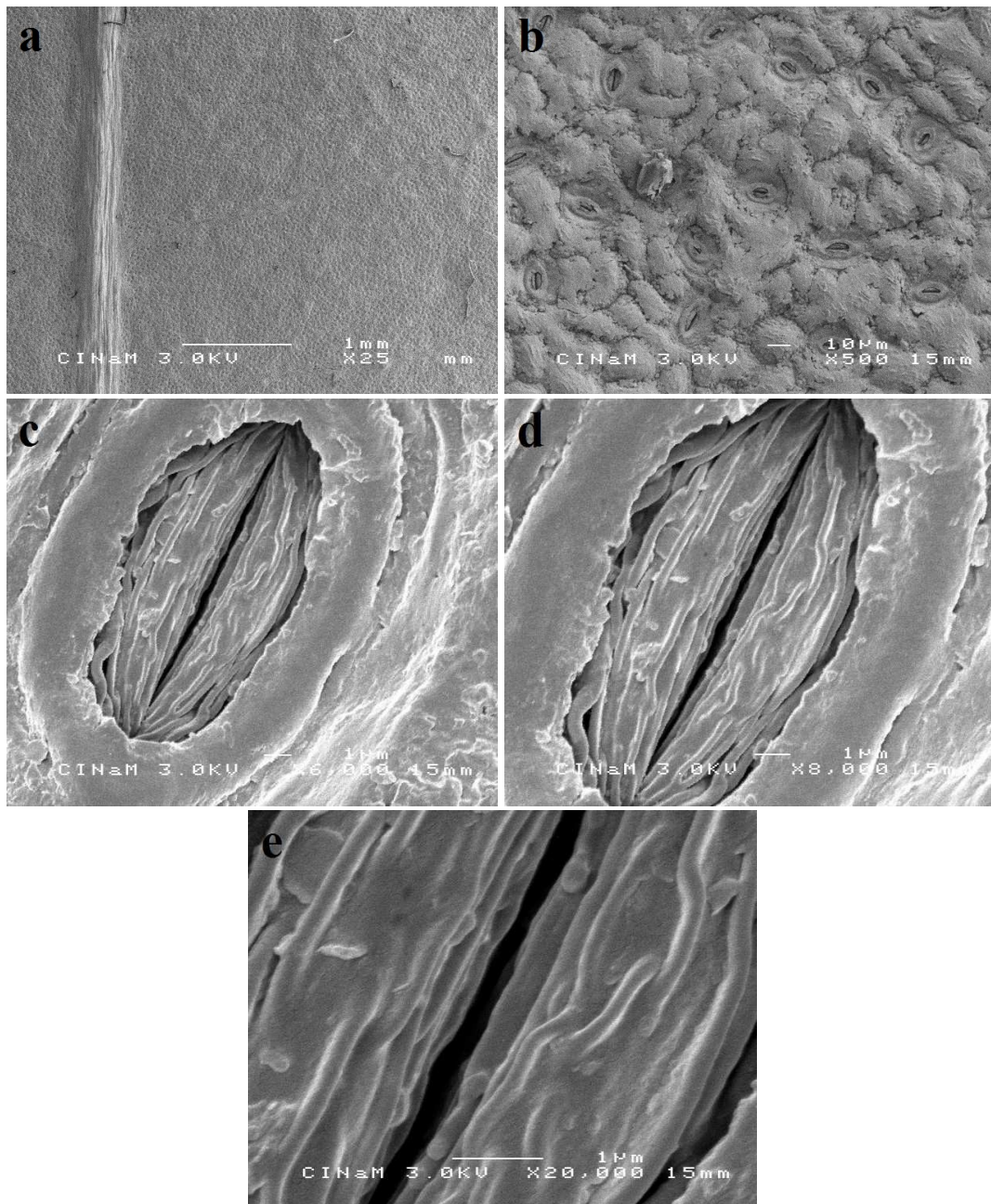


Figure 27 : Structure de la face abaxiale des folioles de *Pistacia saportea* (MEB)

Planche IX

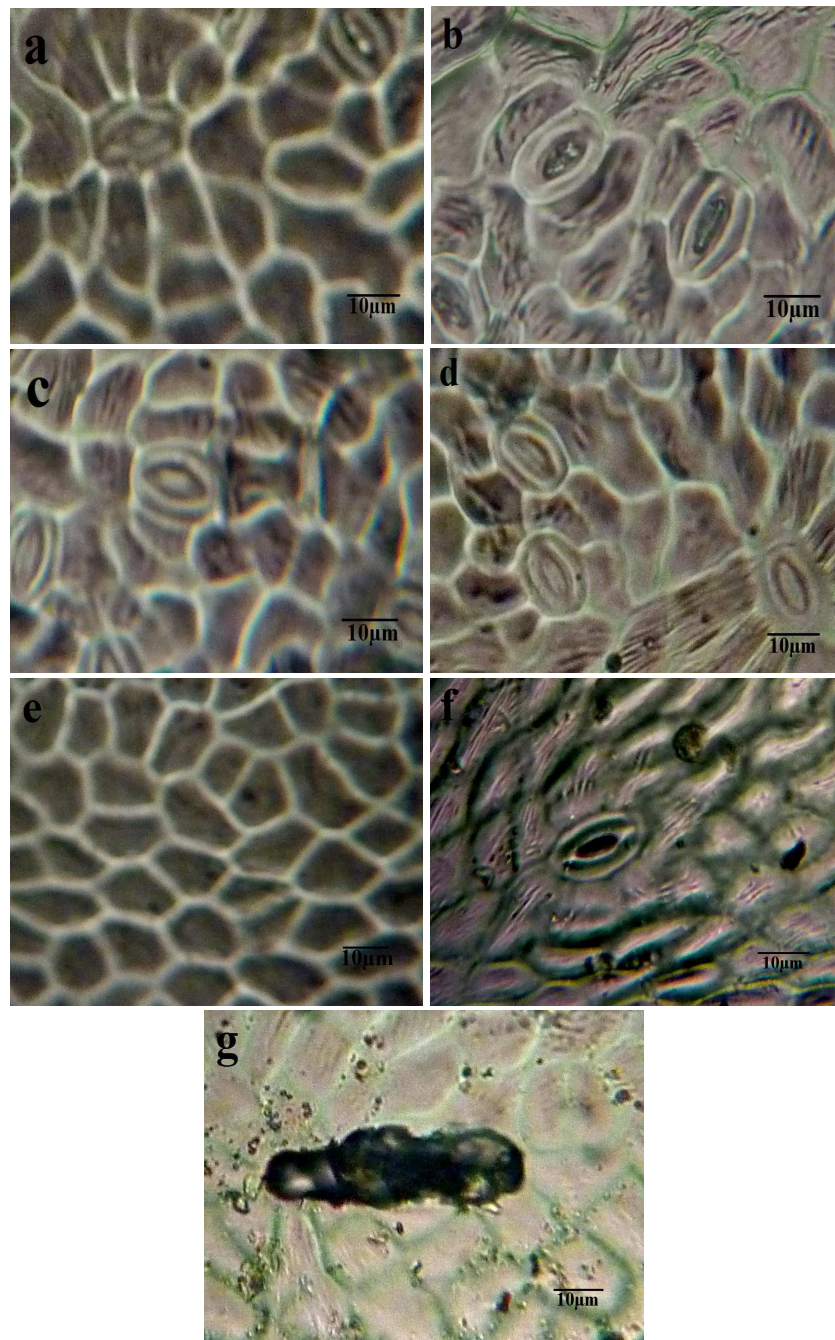


Figure 28 : Types stomatiques de *Pistacia saportae* (microscope photonique)

a : stomate actinocytyque, **b :** paracytyque, **c :** amphiparacytyque, **d :** staurocytyque, **e :** forme des cellules épidermiques, **f:** stomate rare sur la face adaxiale, **g:** trichome glandulaire capité

VI-1-1-2- Genre *Rhus*

VI-1-1-2-1- *Rhus pentaphylla*

Les échantillons foliaires de *Rhus pentaphylla* ont été examinés sous microscope électronique à balayage. A un faible grossissement (x 25), la surface épidermique adaxiale de la feuille apparaît presque complète et manifeste une structure raide et trop plissée (Fig. 29, 30, a). Encore plus agrandi (x 100), la nervure médiane est aplatie et l'ensemble de la surface de l'épiderme dévoile une structure sinueuse et trop striée (Fig. 29, b).

Les stomates sont fortuitement dispersés sur l'ensemble de la surface épidermique supérieure. Les stries ou les sillons parallèles sont orientées de manière rayonnante en formant des réseaux très compliqués. Ces stries sinueuses regroupées en paquets concentriques projetés autour des stomates forment des rides et des plies, ce qui accentue la rugosité et la raideur de la surface (Fig. 29, c). Un stomate agrandi 6000 fois, manifeste une structure lisse garnie légèrement de petites particules de cire épicuticulaire (Fig. 29, d).

Les crêtes stomatiques externes sont plus ou moins épaisses et légèrement crénelées (Fig. 29, e). Celles de l'ostiole révèlent une structure fortement plissées, les plies sont trop serrées et disposées l'une sur l'autre (Fig. 29, f). Les surfaces épidermiques manifestent tant de stomates sur la face adaxiale qu'abaxiale, ce qui leur confère le caractère isoamphystomatique.

Les microphotographes de la face abaxiale prises à un faible grossissement (x 100) manifestent une structure faiblement crispée en relief (Fig. 30, b). Les stries projetées de part et d'autre des stomates fortuitement éparpillés accentuent la raideur de la surface (Fig. 30, c). Agrandi 6000 fois, les cellules stomatiques apparaissent surélevées au dessus de la surface, recouvertes de granules cireuses (Fig. 30, d). Les crêtes stomatiques sont légèrement crénelées vers l'extérieur (Fig. 30, e). Celles de l'ostiole forment un réseau à structure tubuleuse entrecroisée (Fig.30, f).

Les complexes stomatiques recensées chez *R. pentaphylla* sont de type amphycyclocytique, staurocytique, actinocytaire, anomocytaire et paracytaire (Fig. 31).

Planche X

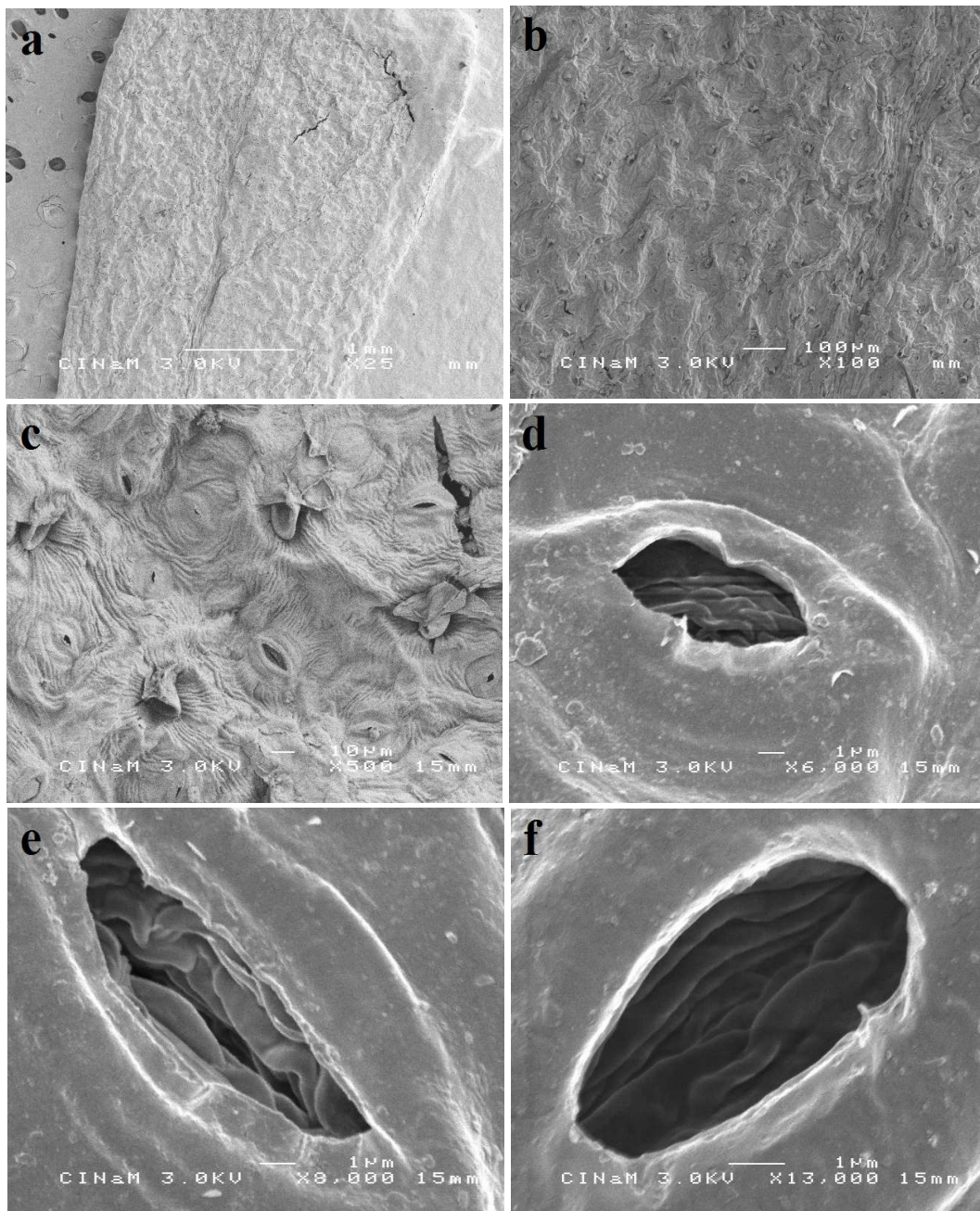


Figure 29 : Structure de la face adaxiale des folioles de *Rhus pentaphylla* (MEB)

Planche XI

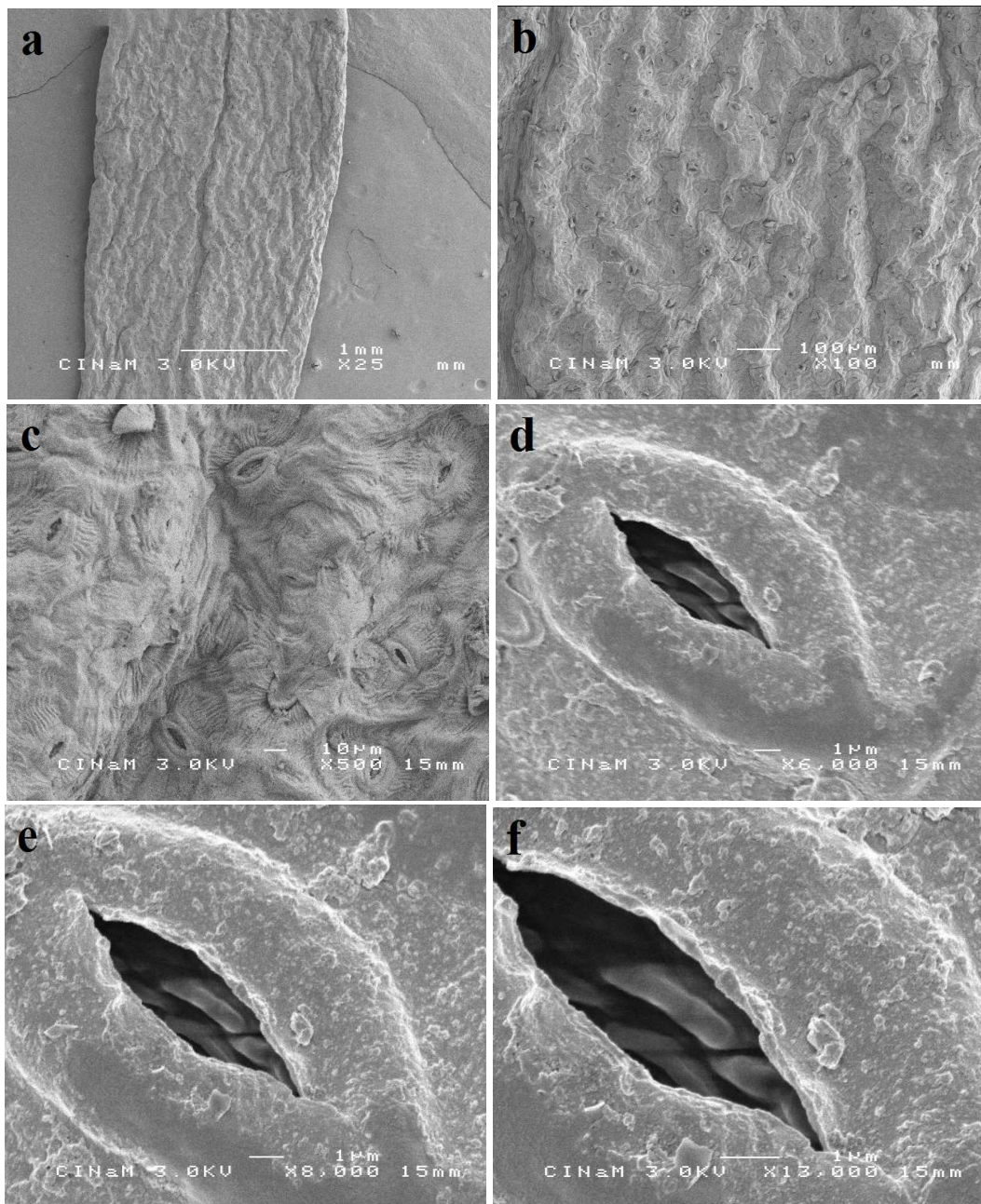


Figure 30 : Structure de la face abaxiale des folioles de *Rhus pentaphylla* (MEB)

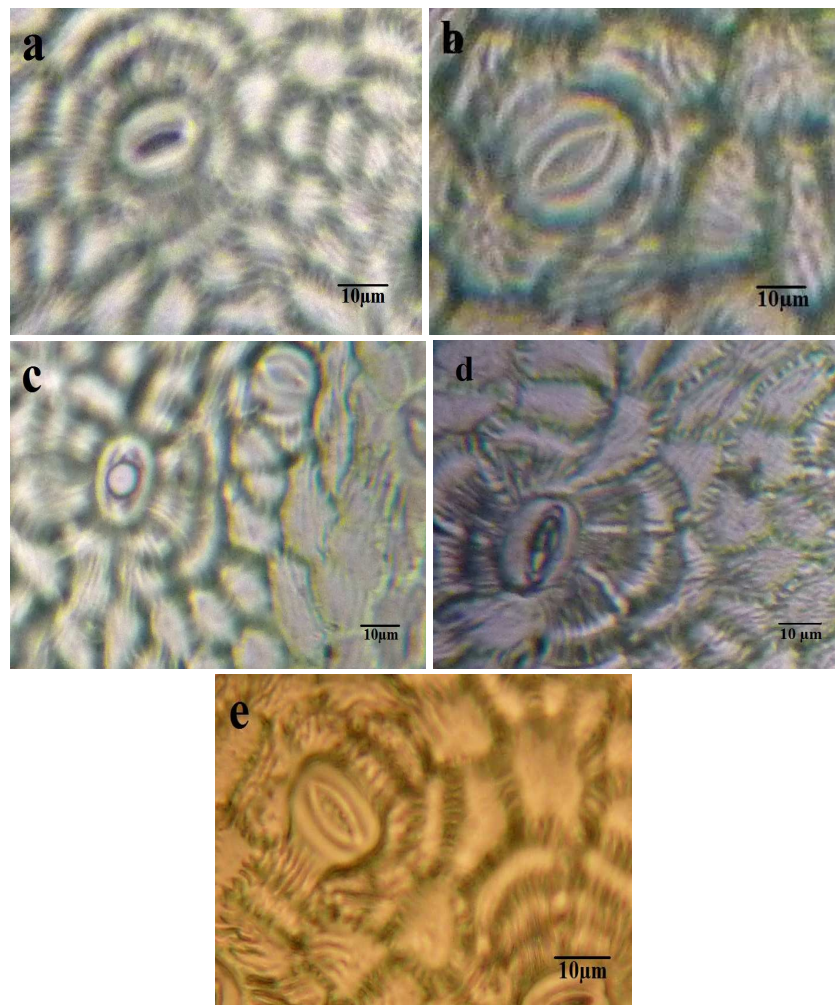
Planche XII

Figure 31 : Types stomatiques de *Rhus pentaphylla* (microscope photonique)
a: stomate amphicyclocytique, **b** : staurocytique, **c** : actinocytique, **d** : anomocytique
e : paracytique

VI-1-2- Résultats des paramètres quantitatifs

VI-1-2-1- Genre *Pistacia*

Les résultats des paramètres quantitatifs mesurés de la stomatie foliaire y compris la densité stomatique, la taille stomatique (produit de la longueur et la largeur des stomates, le ratio de la densité des stomates sur les deux faces et la forme stomatique des trois taxons examinés du genre *Pistacia* sont donnés par le tableau 4. Les mesures effectuées sur les deux faces des folioles sont données en μm .

Tableau 4: Synthèse des paramètres épidermiques quantitatifs des espèces du genre *Pistacia*

	Densité stomatique (Ds)		Ratio (Ds) Ad/Ab	Taille stomatique (Ts)		Forme stomatique (Fs)	
	Ad	Ab		Ad	Ab	Ad	Ab
<i>P. lentiscus</i>	nm	272,50 $\pm$ 33,63 p **	— — —	—	203,35 $\pm$ 16,12 p **	—	1,42 $\pm$ 0,09 p **
<i>P. terebinthus</i>	320,00 $\pm$ 23,91 p **	450,00 $\pm$ 22,70 p **	0,71	145,76 $\pm$ 24,57 p	199,86 $\pm$ 44,19 p **	1,79 $\pm$ 0,12 p **	1,57 $\pm$ 0,13 p **
<i>P. saportae</i>	nm	350,00 $\pm$ 27,95 p **	— — —	—	230,76 $\pm$ 25,16 p **	—	2,86 $\pm$ 27,09 p **

P : Différence non significative au seuil 5%, **P**** : Différence significative au seuil 5% (P<0,01)

VI-1-2-1-1- *Pistacia lentiscus*

Les échantillons épidermiques foliaires du *P. lentiscus* révèlent une densité stomatique de l'ordre de 272,50 st/mm² sur la face abaxiale. Sur la face adaxiale, très peu de stomates (non mesurables) sont observés près de la nervure médiane de la feuille (Fig. 32).

La taille stomatique est estimée à 203,35 sur la face abaxiale donné par le produit d'une longueur de stomate de 16,89 µm et d'une largeur de 12 µm (Fig. 33).

Le ratio donné par le rapport de la longueur sur la largeur du stomate définit ainsi la forme stomatique et est estimée de 1,42. Sur la face abaxiale, la plupart des stomates du *P. lentiscus* ont une forme arrondie, les pôles où se réunissent les cellules de garde ont une forme circulaire. D'autres formes peuvent substituer comme la forme obtuse, très rarement la forme elliptique. La forme est quantifiée à 1,42 sur la face inférieure (Fig. 34).

VI-1-2-1-2- *Pistacia terebinthus*

Les empreintes épidermiques du *Pistacia terebinthus* révèlent une densité stomatique considérable sur la face adaxiale estimée à 320 st/mm². La face abaxiale révèle une densité stomatique plus importante de l'ordre de 436,73 st/mm² (Fig. 32).

La taille des stomates est estimée de 145,76 sur la face supérieure, obtenue du produit d'une longueur de stomate de l'ordre de 16 µm et d'une largeur de l'ordre de 8,89µm. Sur l'autre face, la taille stomatique est de l'ordre de 199,86. C'est le produit d'une longueur stomatique estimée à 16,89 µm et d'une largeur de 11,33µm (Fig. 33).

La forme des stomates est estimée quantitativement à 1,79 sur la face adaxiale et de 1,57 sur la face abaxiale. Les stomates sont plus longs que larges, rarement, ils prennent la forme arrondie. Les pôles où se joignent les cellules de garde ont une forme légèrement elliptique à angulaire (Fig. 34)

VI-1-2-1-3- *Pistacia saportae*

Les empreintes épidermiques des feuilles de *P. saportae* manifestent une densité des stomates de l'ordre de 350 st/mm² sur la face abaxiale. Sur l'autre face, très peu de stomates sont observés près de la nervure médiane (Fig. 32). La taille stomatique est de l'ordre de 230 sur la face inférieure. C'est le produit d'une longueur stomatique estimée à 18,22 µm et d'une largeur de 12,67µm (Fig.33). Quantitativement, la forme des stomates est de l'ordre de 28,62. Les stomates du *Saportae* dévoilent plusieurs formes à savoir la forme circulaire qui est le plus observé. Rarement, les stomates peuvent être aussi plus longs que larges à contour géométrique (Fig.34)

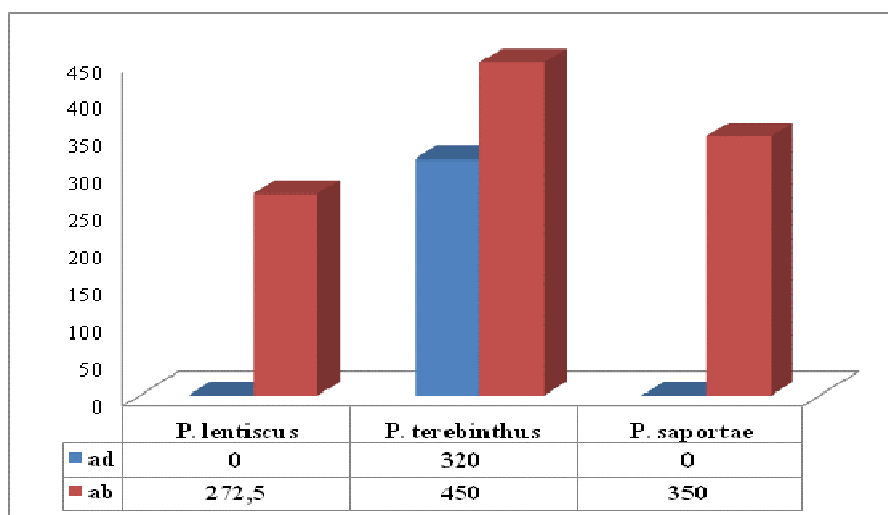


Figure 32 : Densité stomatique des 03 espèces du genre *Pistacia*

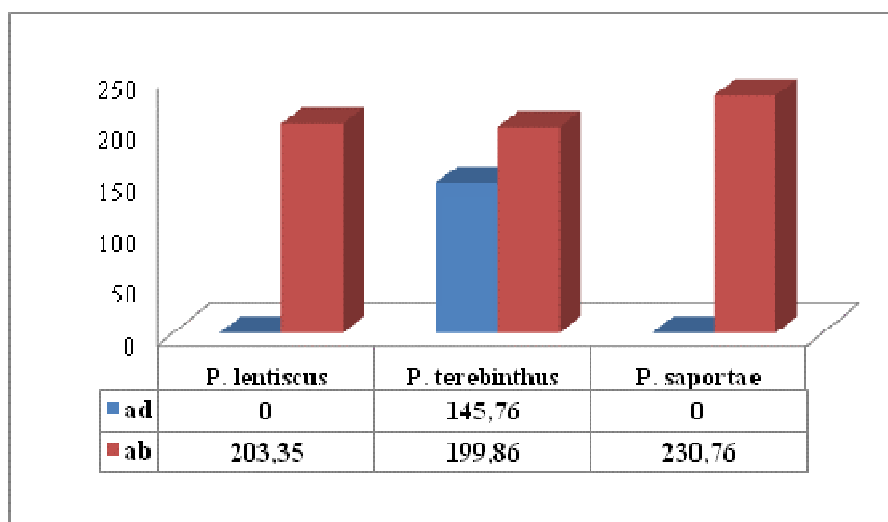


Figure 33: Taille stomatique des 03 espèces du genre *Pistacia*

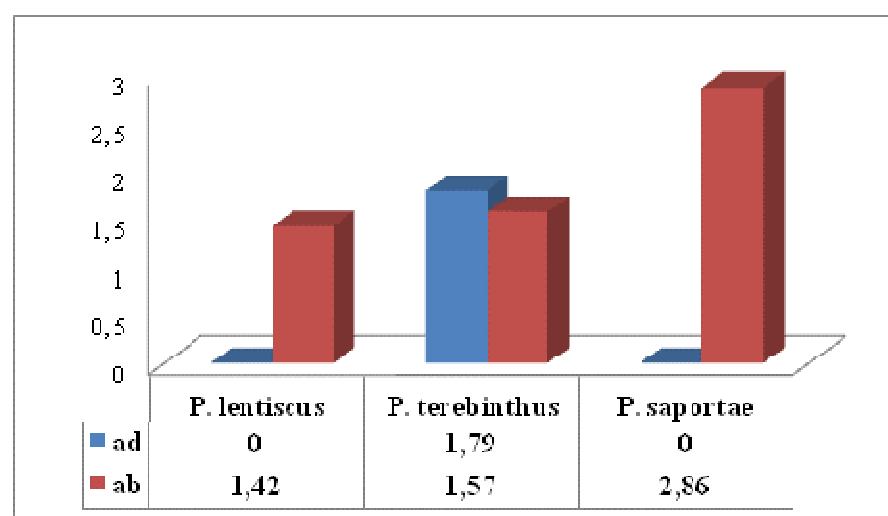


Figure 34: Forme stomatique des 03 espèces du genre *Pistacia*
ad : Face adaxiale, **ab :** face abaxiale

VI-1-2-2- Genre *Rhus*

Les résultats des paramètres quantitatifs d'un seul représentant du genre *Rhus* à savoir *Rhus pentaphylla* sont donnés par le tableau 5. Les mesures effectuées sur les deux faces des folioles sont exprimées en μm .

Tableau 5: Synthèse des paramètres épidermiques quantitatifs de *Rhus pentaphylla*

	Densité stomatique (Ds)		Ratio (Ds) Ad/Ab	Taille stomatique (Ts)		Forme stomatique (Fs)	
	Ad	Ab		Ad	Ab	A d	Ab
<i>R. pentaphylla</i>	225± 25,00	200± 22,00	1, 12	400,53± 32,41	397,30± 24,25	1,31± 0,12	1,31± 0,05
	P **	P **		P	P**	P**	P *

P : Différence non significative au seuil 5%, **P **** : Différence significative au seuil 5% (P<0,01)

VI-1-2-2-1- *Rhus pentaphylla*

Les empreintes épidermiques de *Rhus pentaphylla* dévoilent des stomates sur les deux faces des feuilles. La face adaxiale révèle une densité stomatique de l'ordre de 225 stomates/ mm^2 . Sur l'autre face, la densité des stomates est estimée à 200 stomates/ mm^2 .

La taille des stomates sur la face adaxiale est estimée à 400,53 obtenue du produit d'une longueur de stomate de l'ordre de 22,88 μm et d'une largeur de l'ordre de 17,55 μm . Sur l'autre face, la taille stomatique est de l'ordre de 397,30. C'est le produit d'une longueur stomatique estimée à 22,88 μm et d'une largeur de l'ordre de 17,32 μm .

La forme des stomates est estimée quantitativement à 1,31 sur les deux faces foliaires. Les stomates sont arrondis, rarement plus longs que larges. Parfois les pôles où se réunissent les cellules de garde ont une forme carrée.

La figure 35 représente l'ensemble de ces paramètres.

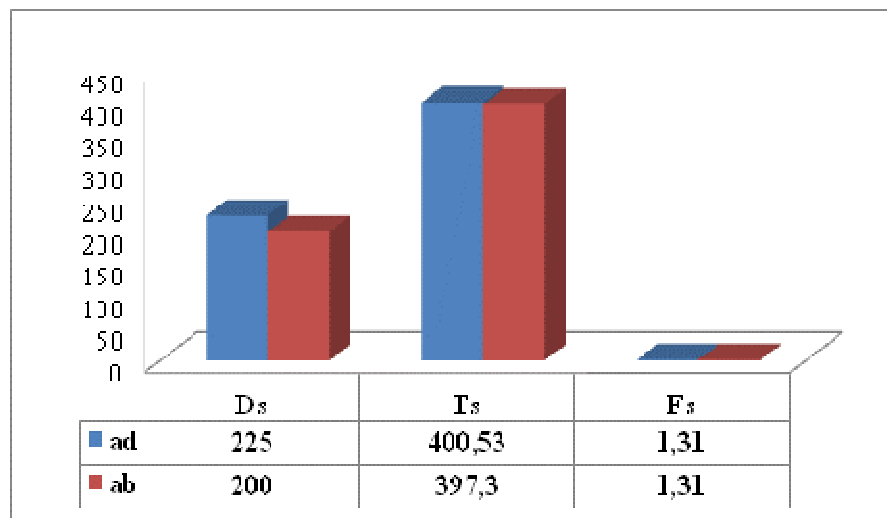


Figure 35: Paramètres microphytodermiques de *R. pentaphylla*
Ds : Densité stomatique, **Ts :** Taille stomatique, **Fs :** Forme stomatique
ad : Face adaxiale, **ab :** face abaxiale

Les résultats ont été traités statistiquement par une analyse en composante principale (ACP). La projection des variables sur les deux axes F1 (48,80%) et F2 (29,74%) fait ressortir trois groupes (Fig. 36).

Le groupe (G1) dévoile une corrélation positive sur les deux axes entre le térébinthe et la densité stomatique abaxiale. Une autre corrélation positive sur l'axe F1 entre *Rhus pentaphylla* et les 03 paramètres phytodermiques (la forme stomatique abaxiale et la taille stomatique des deux faces) est donnée par le groupe (G2). Le saportae s'est corrélié négativement sur les deux axes avec la forme stomatique abaxiale et la densité stomatique adaxiale (G3) (Tableau 6).

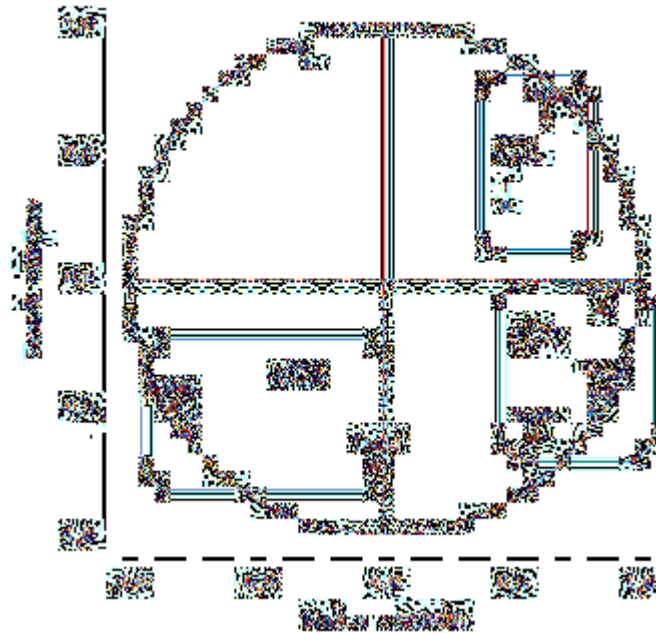


Figure 36: Cercle de corrélation entre les variables microphytodermiques des 4 espèces étudiées

Tableau 6 : Contribution des variables sur le cercle de corrélation ACP

Variables	Code	F1	F2
Densité stomatique abaxiale	Dsab	0,630221	0,643211
Densité stomatique adaxiale	Dsad	-0,035738	-0,731347
Taille stomatique abaxiale	Tsab	0,592879	-0,615554
Taille stomatique adaxiale	Tsad	0,877278	-0,500330
Forme stomatique abaxiale	Fsab	-0,826874	-0,500330
Forme stomatique adaxiale	Fsad	0,851125	-0,109835

❖ Cires cuticulaires

VI-1-3- Analyse qualitative et quantitative des cires cuticulaires des espèces du genre *Pistacia***VI-1-3- 1-*Pistacia atlantica***

L'analyse chromatographique en phase gazeuse des cires cuticulaires des folioles du *P. atlantica* a révélé la présence de trois alcanes en l'occurrence le pentadécane, l'heptadécane et le nonadécane correspondant à des indices de rétention linéaires (IRL) de 26.50, 34.54 et 41.78 et à des concentrations de 18.8 %, 21.4 % et 13.2 % respectivement. La figure 35 représente le chromatogramme des constituants des cires cuticulaires foliaires de *P. atlantica*

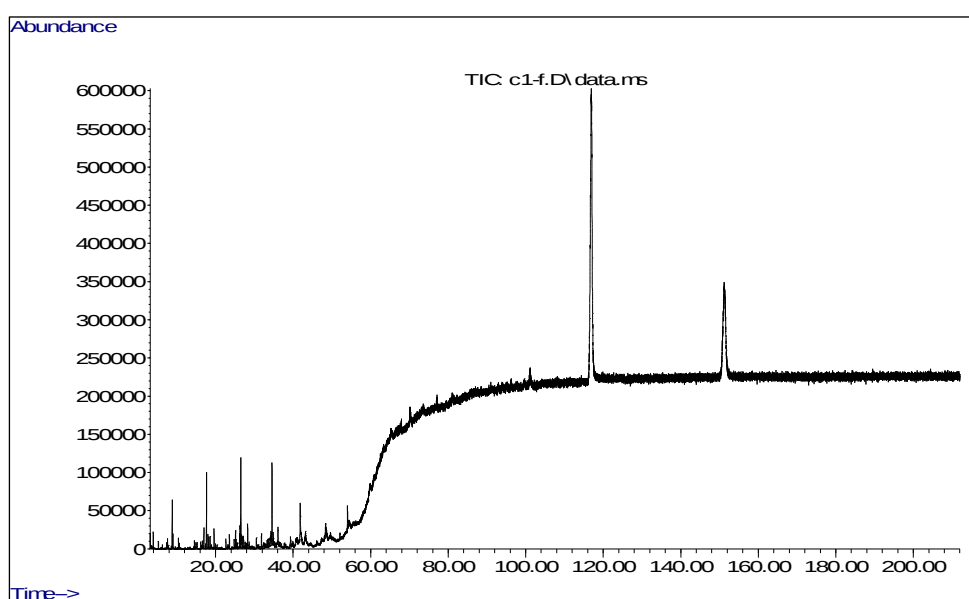


Figure 37 : Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de *P. atlantica*

VI-1-3- 2-*Pistacia lentiscus*

Parmi les composés révélés par la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse CPG /SM des cires cuticulaires foliaires du *P. lentiscus*, on note la présence de 05 composés chimiques à savoir : le pentadécane, l'hexadécane, l'heptadécane, l'octadécane et le nonadécane à des concentrations de 6.9 %, 1.2 %, 8.9 %, 1.5 %, 8.2 % respectivement. Les indices de rétention linéaires de ces composées étaient de 26.50, 30.51, 34.54, 37.69, 41.78 respectivement. Le chromatographe des composés des cires cuticulaires de *P. lentiscus* est représenté par la figure 36.

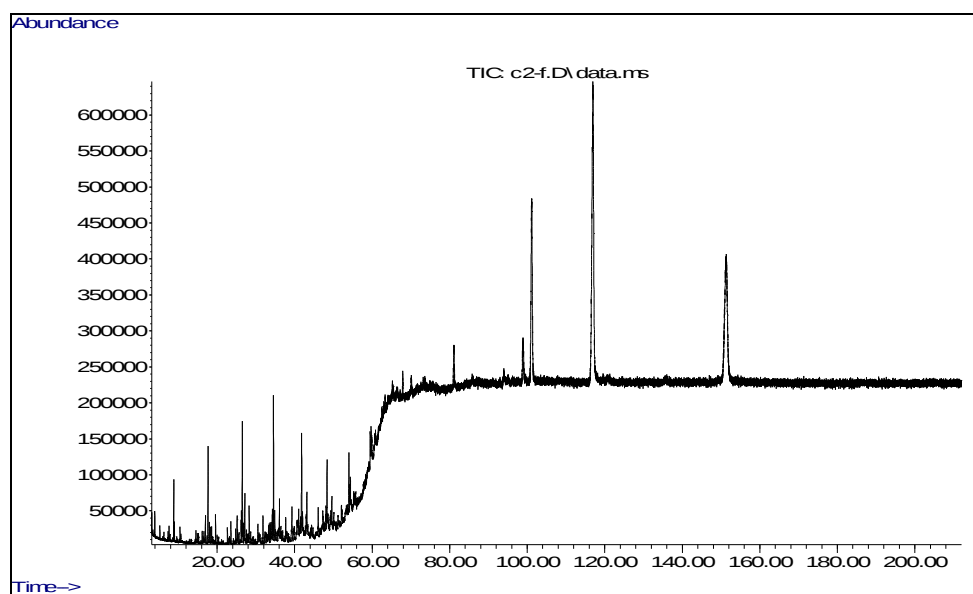


Figure 38 : Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de *P. lentiscus*

VI-1-3- 3-*Pistacia terebinthus*

La figure 37 représente le chromatogramme des principaux constituants identifiés dans les cires cuticulaires des folioles de *P. terebinthus* qui a dévoilé la présence de 03 alcanes en l'occurrence le pentadécane, le heptadécane et le nonadécane à des concentrations de 10.2, 13.0 et 12.0 % respectivement. Deux (02) esters ont aussi été identifiés à savoir l'éthyl hexadécanoate et l'éthyl octadécanoate à des proportions relativement basses (4,8 % et 9%) retenus après des temps de rétention de 44.08 et 50.09 respectivement.

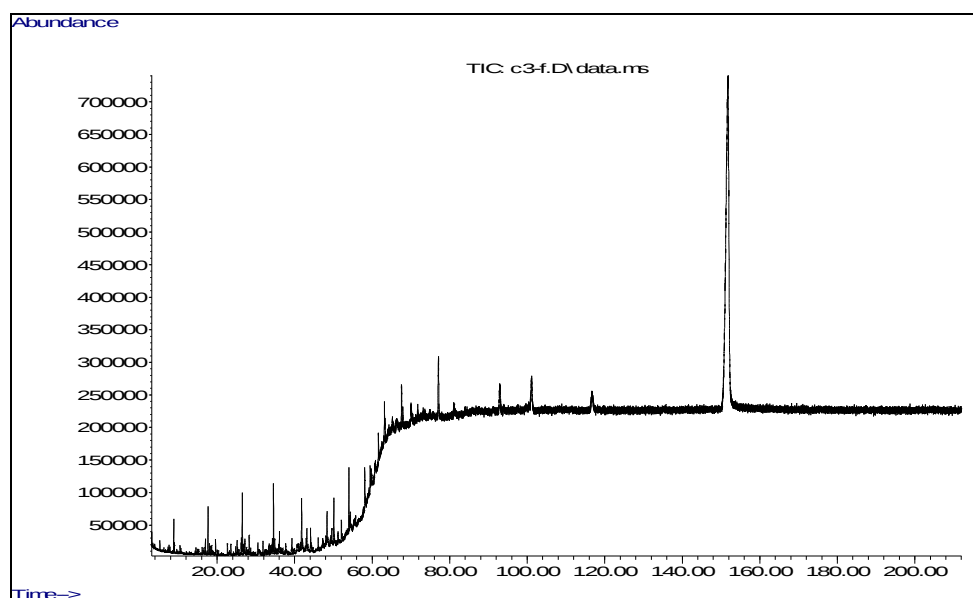


Figure 39: Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de *P. terebinthus*

VI-1-3- 4-Pistacia saportae

Concernant le *saportae*, l'analyse chromatographique en phase gazeuse des cires cuticulaires des folioles du *P. saportae* a révélé la présence de 07 composés chimiques de nature alcaniques et qui sont : le pentadécane, l'heptadécane, le nonadécane, l'hexadécane, l'octadécane, l'eicosane et l'heneicosane. Les deux esters, l'éthyl octadécanoate et l'éthyl hexadécanoate sont aussi observés. Le chromatogramme de ces composés est donné par la figure 38.

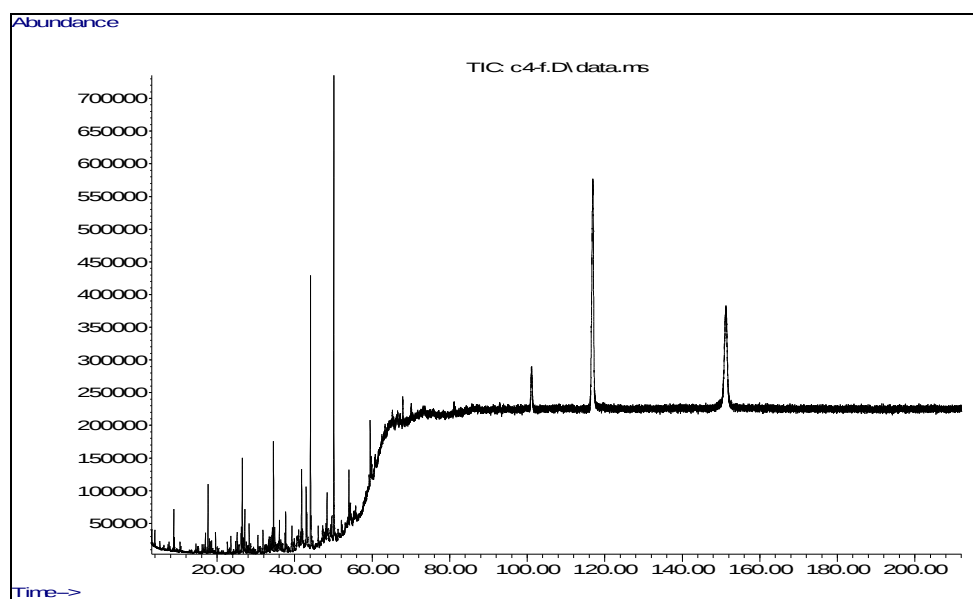


Figure 40 : Chromatogramme des cires cuticulaires foliaires de *P. saportae*

VI-2- Discussion

Les plantes des régions semi-arides et arides ont développé beaucoup de mécanismes d'adaptation pour survivre et se reproduire dans un environnement sec.

Le climat des écosystèmes méditerranéens est caractérisé par deux périodes de stress au cours de l'année, à savoir la sécheresse de l'été et le froid de l'hiver. Le manque d'eau est le principal facteur limitant dans les écosystèmes de type méditerranéen (De Micco et Aronne, 2012). La sécheresse entraîne un déficit en eau dans le tissu de la feuille, ce qui affecte de nombreux processus physiologiques et peut avoir des conséquences ultimes pour la croissance et la survie des plantes (Vilagrosa et *al.*, 2003). La végétation méditerranéenne consiste principalement à des arbres à racines profondes et feuilles sclérophylles persistantes et arbustes, qui maintiennent les feuilles vertes au cours de la période estivale, arbustes semi-caduques, qui perdent une partie de leur feuilles pendant l'été, des géophytes et des herbes annuelles d'hiver, qui échappent à la limitation saisonnière de l'eau en terminant leur cycle annuel avant l'été (Galmes et *al.*, 2007). Dans une réponse à la diversité des conditions climatiques, la végétation méditerranéenne a développé une gamme d'adaptations au stress hydrique, traduite par une grande diversité des formes de vie et de croissance. Ces plantes communément appelées xérophytes ont des caractéristiques communes qui comprennent: un petit rapport de la surface foliaire en réduisant la transpiration, des tissus renforcés mécaniquement pour éviter le flétrissement (De Micco et Aronne, 2012), et une haute résistance à la cavitation du xylème (Vilagrosa et *al.*, 2003). Toutefois le xéromorphisme, ne se limite pas aux xérophytes et pas toutes les xérophytes développent des fonctionnalités xéromorphiques (Rheda et *al.*, 2009).

La densité des stomates et l'architecture régulatrice de leurs ouvertures ont un intérêt clé pour l'étude de l'adaptation des plantes à la sécheresse sous des conditions semi-arides (Pearce et *al.*, 2005, Shiva Kameshwari, 2011). Carpenter (2006), note que les cellules épidermiques spécialisées (stomatodes chez les plantes aquatiques, trichomes chez les xérophytes) représentent des adaptations à une large gamme écologique. A cet effet, les recherches récentes du développement des plantes à base moléculaire ont été attirées à l'épiderme des feuilles et de ses structures spécialisées telles que les trichomes, comme un système offrant de nombreux avantages (Carpenter, 2006). L'étude microphytodermique foliaire y compris, densité, taille, distribution et types des stomates, types et densités des trichomes, présence, absence et formes des cires épicuticulaires ont fait la thématique de

plusieurs études traitant: les réponses adaptatives des plantes vis-à-vis les conditions environnementales fluctuantes (Torre et al., 2003; Casson et Gray, 2007; Galmes et al., 2007 ; Aslantas et Karakurt, 2009; Rheda et al., 2009; Bani Aameur et Zahidi, 2013), l'effet des polluants atmosphériques sur l'anatomie foliaire (Arminana et al. 2004; Sanyal, 2006; Garcia-Breijo et al. 2008); études des processus physiologiques (Mott et al., 1999 ; Medrano et al., 2002, Franks et Farquhar, 2007); diversité et évolution taxonomique des angiospermes (Carpenter, 2005, Carpenter, 2006), diversité et systématique des dicotylédones (Perveen et al., 2007; Zarinkamar, 2009; Ahmad et al., 2009), des monocotylédones (Dalal, 2012), des familles (Inamdar et al. 1974; Hidayat et Kusdianti, 2009; Hameed et Hussain, 2011), des tribus (Taia, 2004; Moon et al. 2009; Kadiri et al., 2011), des genres (Yasmin et al., 2009; Sahreen et al., 2010; Khan et al., 2011), des espèces (Appidi et al., 2008 ; Ashafa et Afolayan, 2008; Kaviani, 2008; Fasola et al., 2009; Gostin, 2009; Badmus et Afolayan, 2010; Shiva Kameshwari, 2011), des variétés (Ilgin et caglar, 2009) et des clones (Walton, 1974).

Les genres *Pistacia* et *Rhus* sont les deux représentants de la famille des *Anacardiaceae* en Algérie. Le genre *Pistacia* renferme 8 espèces, dont 6 sont circumméditerranéennes, 1 est localisée au Texas, la huitième se trouve en Asie orientale (Brosse, 2010). Selon la littérature, à partir de 15 espèces, qui sont mentionnées dans certaines flores, seuls 7 espèces sont des espèces *Pistacia* réelles, puisque certaines d'entre eux sont des espèces synonymes (Ghaffari et al., 2005). *P. atlantica*, *P. lentiscus* *P. terebinthus*, *P. vera* et *P. saportae*, initialement décrit comme espèce hybride entre *P. lentiscus* et *P. terebinthus* sont les espèces les plus populaires répondues dans le territoire algérien. Le genre *Rhus* est le plus grand genre de la famille compte plus de 250 espèces diversement classées dans plusieurs entités taxonomiques. Seuls *R. pentaphylla* et *R. tripartitum* sont les deux espèces représentant du genre dans l'Algérie, le sumac des corroyeurs ou *Rhus coriaria* est citée comme une plante rare trouvée près d'Alger.

L'histoire évolutive du genre *Pistacia* (y compris le cadre de l'évolution des stomates) et la relation taxonomique entre ses espèces sont controversées et pas bien compris (Al-Saghir, 2005). De même, plusieurs taxons du genre *Rhus* appartenant à des sous-genres ont été traités comme des genres distincts dans le complexe *Rhus* (Pell, 2004).

Dans l'ensemble, les espèces du genre *Pistacia* ont fait l'objet de plusieurs études traitant leurs variabilité macromorphologique (Zohary,1952; El-Oqlah,1969, Al-yafi (1998; Lin et al., 1984 ; Ghaemmaghami et al., 2009); processus physiologiques (lin et al.,

1984, Verdu et Garcia-Fayos, 1997), propriétés physico-chimiques (Benhassaini et al. 2007; Kawashty, 2000; Amhamadi et al. 2009), diversité génétique (Kafkas et Perl-Treves, 2001; Kaska et al., 1995), et distribution géographique et systématique (Zohary, 1995; El-Oqlah, 1998; Battle et al., 1995; Mazzola et al., 1995).

Les espèces du complexe *Rhus* ont bénéficiés ainsi des mêmes études traitant leurs pouvoirs germinatifs sous des conditions de stress hydrique (Refka et al., 2013), les activités biologiques y compris l'activité antimicrobienne, antifongique et/ou antivirale de leurs différents extraits (Rayne et Mazza, 2007), la systématique et la nomenclature de leurs entités taxonomiques (Brizicky, 1963). Toutefois, Pell (2004), a établi une étude détaillée de la famille des *Anacardiaceae* y compris les deux genres en question, leurs emplacements et leurs relations et liens évolutives avec les autres entités alliées de la famille.

La présente étude est la première dans son genre, a été menée en vue d'atteindre deux objectifs primordiales : d'une part, caractériser l'épiderme foliaire de 03 taxons du genre *Pistacia* en l'occurrence : *P. lentiscus*, *P. terebinthus* et *P. saportae* (Monts de Tessala, Sidi bel Abbès), et 01 espèce représentative du genre *Rhus* à savoir *Rhus pentaphylla* (Sidi Djilloul, Témouchent) qui se trouvent dans la région oranaise occidentale de l'Algérie, afin de connaître les traits micromorphologiques adaptatifs face aux conditions environnementales fluctuantes, et voir si ces traits peuvent apporter d'éventuelles critères pour la systématique des deux genres mises sous question. D'autre part, l'étude contribue à une initiation à l'identification qualitative et quantitatives des cires cuticulaires des espèces du genre *Pistacia*.

Les stomates sont des petits pores sur la surface des feuilles qui réglementent la perte d'eau par transpiration et absorption de CO₂ lors de la photosynthèse. Un complexe stomatique se réfère au stomate plus tous les cellules spécialisées adjacentes qui l'entoure (Carpenter, 2005).

Les échantillons foliaires des 03 espèces du genre *Pistacia* manifestent plusieurs modes de distribution des stomates sur les deux faces foliaires.

Pistacia lentiscus et *Pistacia saportae* se révèlent comme hypoamphistomatiques. Les stomates se trouvent abondamment sur la face inférieure, quelques stomates très rares s'observent occasionnellement près de la nervure médiane de la face supérieure. Toutefois, Rotondi et al., (2003), et Al-Saghir (2006), notent une absence totale des stomates sur la face supérieure du lentisque, une raison pour laquelle, cette espèce s'adapte au manque d'eau de

son environnement (Smail Saadoun, 2005). Selon Al-Saghir (2006), seuls *P. falcata* et *P. khinjuk* se manifestaient comme hypostomatiques : de grands stomates observés que sur la surface adaxiale. En effet, il a été suggéré que l'hypostomatie est considéré comme un trait primitif chez les plantes terrestres, et l'amphistomatie comme un état dérivé, comme les cryptogames vasculaires sont presque exclusivement hypostomatiques (Mott et *al.*, 1982).

Les empreintes épidermiques de *P. terebinthus* révèlent une distribution amphystomatique selon la terminologie de Metcalfe et Chalk (1959), ou bien isoamphystomatique: les stomates sont en nombre plus ou moins égal sur les doubles faces (Spinner, 1935). Ceci contredit les résultats d'Al-Saghir (2006) où il confirme que les espèces du genre *Pistacia* y compris le térébinthe ont des stomates uniquement sur la face abaxiale.

Chez *P. atlantica*, *P. eurycarpa*, *P. mutica*, et *P. vera*, la distribution des stomates sur la face adaxiale était légèrement plus élevée que la face abaxiale (Al-Saghir, 2006). Ce ci contredit nos résultats qui ont prouvé l'hypoamphystomatie chez le lentisque et le saportae (le plus grand nombre de stomates est sur la face abaxiale), et antérieurement chez *P. atlantica* (Tirse et *al.*, 2014), bien qu'il est admit amphistomatique par Belhadj et *al.*, (2011). Chez *P. chinensis*, les stomates ont été observés sur les deux surfaces adaxiales et abaxiales, la densité stomatique était nettement supérieure à la surface adaxial avec des petits stomates (Al-Saghir, 2006). Al-Saghir et Porter (2005), ont noté que la présence des stomates sur les deux faces de la feuille est un état plésiomorphe et leur présence sur l'une des faces est un caractère évolué chez les espèces du genre *Pistacia*.

Camargo et Morenco (2011), lors de leur étude sur la densité, la taille et la distribution des stomates chez 35 espèces arborées de la forêt tropicale de l'Amazonie centrale, indiquent que l'amphistomatie n'est pas une réponse d'acclimatation, mais une stratégie adaptative et évolutionnaire à long terme par laquelle les plantes modifient les caractères anatomiques foliaires pour faire face à des changements permanents dans les conditions environnementales. Cependant, l'absence du caractère amphistomatique chez des arbres sous haute irradiance suggère que l'amphistomatie est probablement déterminée par le fond génétique de chaque espèce (Berger et Altmann, 2000), plutôt que par des changements environnementaux tout au long du cycle de vie de la plante.

Un avantage de la distribution des stomates sur les deux surfaces de la feuille est de doubler la couche limitante de conductance, et par conséquent, les feuilles amphistomatiques pourraient être avantageuses dans les environnements où les feuilles sont exposées à une forte irradiation (Camargo et Morenco, 2011).

La perte des stomates peut se produire chez les espèces du genre *Pistacia* et peut se traduire comme une adaptation aux changements du climat, à des variations de la distribution des précipitations élevées et des températures chaudes (Al-Saghir et Porter, 2005). Dans ce cadre, nos résultats peuvent soutenir l'effet d'un climat continental de la région de Tessala sur la stomatie des espèces *Pistacia* où les précipitations se répartissent irrégulièrement et les températures sont à forte écart thermique. Toutefois, selon Bani Ameer et Zahidi (2013), il ne semble y avoir aucune relation entre l'adaptation des espèces à la sécheresse et la présence des stomates sur une face donnée de la feuille.

Chez les 03 espèces étudiées, la densité stomatique (sur millimètre carré) de la face abaxiale oscille entre 272 st/mm² et 350 st/mm² chez *P. lentiscus* et *P. saportae* respectivement. Le térébinthe révèle la plus grande densité stomatique de l'ordre de 450 st/mm². Cependant, Rotondi et al. (2003), ont estimé une densité stomatique abaxiale de l'ordre de 254 st/mm² chez le lentisque et peut atteindre jusqu'à 420 st/mm² (Galmes et al., 2007). Sur la face adaxiale, mise à part *P. lentiscus* et *P. saportae* qui ont très peu de stomates non mesurable, les empreintes de *P. terebinthus* révèlent une densité de stomates estimée à 320 st/mm². Le ratio de la densité stomatique de la face adaxiale par rapport à la face abaxiale est de 0,71. Toutefois, le pistachier de l'atlas a révélé une densité des stomates oscillant entre 431 et 526 st/mm² sur la face abaxiale et entre 17,56 et 96,25 st/mm² sur la face adaxiale (Tirse et al., 2014).

La grande variation de la densité stomatique (Ds) chez les espèces indique que leurs constitutions génétiques jouent un rôle majeur pour la déterminer, bien que, les facteurs environnementaux liés en quelque sorte à la hauteur de l'arbre (par exemple, l'intensité de la lumière, l'humidité de l'air ou la qualité de lumière) modulent finalement la fréquence des stomates sur une face donnée de la feuille (Camargo et Morinco, 2011). La densité des stomates diminue visiblement au cours de la maturation des feuilles. Sur l'épiderme inférieur des feuilles très jeunes de *Buxus sempervirent*, la Ds est de l'ordre de 366,67 st/mm² et seulement 199,68 st/mm² sur l'épiderme des jeunes feuilles, alors que ce paramètre continue à se diminuer jusqu'à la dimension finale des feuilles (feuilles mûres) où la Ds est de l'ordre de 142 st/mm² (Gostin, 2009).

Dans ce but, Sun et al., (2003) ont évalué cinq types de variation naturelle pour la densité stomatique (Ds) et l'indice stomatique (Is) chez les feuilles existantes de *Ginkgo biloba* y compris le moment de maturation de la feuille, les feuilles jeunes contre les feuilles

mâtures, des rameaux courts par rapport aux longues pousses, la position dans la canopée, et des arbres males contre les arbres femelles.

La famille des *Euphorbiaceae* est également caractérisée par une très grande variété de densité stomatique. L'état de l'environnement et le facteur génétique influent fortement la morphogenèse des stomates (Willmer, 1983). Par contre, Palasciano et *al.*, (2005), indiquent que le nombre de stomates par unité de surface foliaire est considéré comme une caractéristique particulière propre aux espèces et variétés végétales. Toutefois, la densité des stomates et la régulation de leurs ouvertures sont la clé pour toute étude adaptative vis-à-vis les conditions xériques (Pearce et *al.*, 2005).

Les stomates ont des formes variées chez les 03 espèces étudiées. Le lentisque manifeste des stomates arrondis, parfois elliptiques. Par contre, le térébinthe et le saportae révèlent une forme presque identique qui varie de l'arrondi au plus longs que larges. Ce paramètre quantifié par le rapport de la longueur sur la largeur de stomate s'est révélé plus faible chez le lentisque (1,42), adéquate ainsi à la forme arrondie de ses échantillons. La forme plus longue que large des stomates du térébinthe et du saportae est ainsi soutenue par un rapport de l'ordre de 1,57 et 2,86 respectivement. La taille stomatique mesurée par le produit de la longueur et la largeur de stomate est la plus faible ($199,86 \mu\text{m}^2$), enregistrée sur la face abaxiale des échantillons foliaires de *P. terebinthus*. Le saportae révèle la plus grande taille de stomates de l'ordre de $230,76 \mu\text{m}^2$. Toutefois, les stomates de lentisque ont une taille estimée à $203,35 \mu\text{m}^2$.

Selon Al-Saghir (2006), les espèces du genre *Pistacia* y compris le lentisque et le térébinthe ont de grands stomates, ceux du pistachier de l'atlas sont relativement grands. Cependant, des échantillons foliaires de *P. atlantica* collectés de différents étages bioclimatiques ont prouvé de grands stomates où la taille oscille de $280,91$ à $363,31 \mu\text{m}^2$. Les plus petits stomates sont en lien étroit avec le milieu aride (Tirse et *al.* 2014). Conformément à nos résultats antérieurs, De Micco et Aronne (2012), indiquent que l'adaptation à la sécheresse implique une diminution de la taille des stomates, tandis que la densité des stomates montre une réponse plus plastique aux changements environnementaux. Dans ce cadre, et selon Gostin (2009), les plantes à feuilles persistantes ont généralement une cuticule épaisse sur la face supérieure de leurs feuilles et la plupart des stomates se trouvent sur l'autre face. Ils ont des adaptations particulières à surmonter les effets du gel puisque leurs tissus sont exposés à des températures très basses en hiver. Ils remplacent leurs feuilles en

permanence, donc les plus faibles éclipsées par le dessus sont supprimées et pendant les conditions de sécheresse certains tombent pour réduire la demande de l'eau.

Selon Shiva Kameshwari (2011), la taille stomatique est un attribut écologique important. C'est un indicateur de l'habitat de la plante (Chen et *al.*, 2008). Toutefois, aucune relation significative n'a été marquée entre la taille des stomates et le port de croissance (herbacé ou arbustif) chez les *Acacia* (Tripathi et Mondal, 2012).

Les 03 espèces du genre *Pistacia* ont montré une grande diversité de complexes stomatiques. Ceci corrobore nos résultats de l'étude faite sur *Pistacia atlantica* où les échantillons foliaires ont révélé une variété de complexes stomatiques (Tirse et *al.*, 2014). Le type paracytique est observé en commun chez les trois espèces. Cependant, la forme et la taille des cellules subsidiaires parallèles à l'axe de l'ostiole diffèrent d'une espèce à l'autre. Un nouveau type stomatique à savoir le type amphyparacytique est observé uniquement chez le saportae. Le stomate staurocytique est observé en commun chez le saportae et le térébinthe. Seule *lentiscus* dévoile deux autres nouveaux types stomatiques à savoir le type péricétique et desmocytique. Le stomate péricétique est complètement entouré par une seule cellule subsidiaire distincte (Prabhakar, 2004). Il était ainsi appelé stomate flottant ou adétostome (Guyot, 1985). Le stomate desmocytique est un stomate complètement entouré par une seule cellule subsidiaire à paroi conjointe (Prabhakar, 2004).

Nos résultats sont en désaccord avec ceux de l'étude faite par Al-Saghir (2005) qui a indiqué que toutes les espèces du genre *Pistacia* ont des stomates de type anomocytiques et au paravant, les résultats de Lin et *al.*, (1984) où ils leur avaient accordés un seul type de stomates à savoir le type actinocytique. Lors d'une étude faite sur l'effet de l'ozone sur l'anatomie foliaire du térébinthe, celui-ci a dévoilé des stomates de type anomocytique (c'est-à-dire des cellules protectrices, mais sans cellules subsidiaires, abondantes sur la face inférieure (Garcia Breijo et *al.*, 2008). Une étude similaire faite sur le lentisque, Arminana et *al.*, (2004), indiquent un changement de stomate vers le type anomocytique sous l'effet de l'ozone. Sur la base de la comparaison des espèces modernes, il ressort que le stomate primitif est de type paracytique chez les dicotylédones, et d'autres types en sont dérivés (Chen et *al.*, 2008). Uzunova et *al.*, (1997) signalent que le stomate de type anomocytique est un caractère apomorphe caractérisant les taxons à feuilles caduques du sous genre *Quercus*, par contre, le stomate cyclocytique est un caractère plésiomorphe et caractérise les représentants basales de la famille des *Fagaceae*. Ce ci signifie une adaptation écologique de l'évolution des climats du

tertiaire à l'heure actuelle. La fin du Miocène et le début du Pliocène est très intéressante, car elle marque la tendance transitoire des stomates cyclocytiques aux stomates anomocytiques (Uzunova et al., 1997).

A cet effet, Essiette et al. (2010), considèrent que la présence de différents types de stomates chez les espèces est d'un intérêt taxonomique. *Anthocliesta djalonesis* (Gentianaceae) est unique dans l'aspect des stomates, elle se distingue par des stomates cyclocytiques et staurocytiques sur les deux faces et anisocytiques sur la face abaxiale, tandis que *Anthocliesta liebrechtsiana* a des stomates paracytiques sur les deux surfaces. Les résultats respectifs de ces caractéristiques pourraient être utiles dans la délimitation systématique de ces taxons au niveau spécifique, mais pas au niveau générique (Wosu et al., 2012). Pour des raisons systématiques, Shiva Kameshwari (2011), note que les stomates et leurs caractéristiques comme le type, l'indice, la superficie et la fréquence sont de valeur diagnostique.

Chez les 03 espèces du genre *Pistacia*, les stomates sont légèrement engoutis dans la surface de l'épiderme. Sous MEB, les cellules de garde sont visiblement bombées chez le lentisque, ordinaires à aplaties chez le térébinthe. Par contre, le saportae, espèce hybride semble avoir hérité certaines caractéristiques de ses espèces parentales. Les cellules de garde sont bombées et surélevées audessus de niveau de l'épiderme. Les crêtes stomatiques et celles de l'ostiole sont ainsi remarquables chez les 03 taxons. Elles sont plus ou moins garnies d'épaississement de cire épicuticulaire. Le térébinthe révèle une cire résineuse sous forme de boule à surface sculpturée. Chez le *lentiscus*, elle se révèle sous forme de plaques écailleuse. La cire du saportae se condense se forme de boule à surface rugueuse. Dans son étude anatomique du genre *Pistacia*, El-Oqlah (1996), signale la présence d'oxalates de calcium dans les couches du mésophylle spongieux du *Pistacia terebinthus* ssp. *palaestina*, et en grandes quantités dans les cellules du tissu vasculaire. A cet effet, Bringe et al. (2006), signalent que l'arrangement de la cire en des tubules anastomosés et des plaquettes ou en tant que structure amorphe a un impact sur la micromorphologie de feuilles, la mouillabilité et la répulsion de l'eau. Saleha tahir et Rajput (2009), notent que la forme, la taille, la distribution et l'orientation des stomates, les divers épaississements et l'ornementation des cellules de garde sont tous des caractères fréquemment utilisés dans les travaux taxonomiques. Chez certains groupes de plante, la crête est considérée comme un marqueur phylogénétique utile (Hidayat et Kusdianti, 2009). Récemment, l'association des stomates engoutis avec la

sécheresse a été étudiée pour l'analyse de l'histoire évolutive des *Proteaceae* (Jordan et al. 2008).

Les trois taxons *Pistacia* ont presque la même forme de cellules épidermiques, elle varie de l'héxagonale au polygonale chez *P. lentiscus*, plus moins allongée chez le *terebinthus*. Les cellules de l'épiderme du *saportae* empruntent la forme de celles du *lentiscus*. Par conséquent, la forme des cellules de l'épiderme n'est plus valable pour la distinction interspécifique du genre *Pistacia*. De même, la forme et les parois anticlinales des cellules épidermiques ne sont pas particulièrement utiles pour la compréhension de la systématique du genre *Salix* (*Salicaceae*) (Chen et al., 2008). Cependant, chez la famille des *Caryophyllaceae*, les genres peuvent être séparés sur la base de la paroi lisse et très ondulée des cellules épidermiques (Sahreem et al. 2010). Ullah et al., (2011), notent que la forme et la morphologie des parois des longues cellules, morphologie des papilles, la taille des stomates et la forme des cellules subsidiaires ont été trouvés d'être les structures les plus importantes pour la délimitation générique et spécifique chez les espèces étudiées de la tribu d'*Andropogoneae* (*Poaceae*).

Mise à part la diversité énorme et l'abondance des trichomes chez le pistachier de l'Atlas collectés de différentes localités écogéographiques (Ait-Said et al., 2011, Tirse et al., 2014), seuls le lentisque et le térébinthe ont manifesté quelques trichomes glandulaires capités et/ ou peltés. *Terebinthus* et *Saportae* ont été dépourvus de trichomes aglandulaires. Toutefois, Metcalfe et Chalk, (1950), ont accordé le pouvoir d'exsudation d'oléorésine chez les *Anacardiaceae* aux trichomes glandulaires qui couvrent les feuilles d'une couche mince, précisément les espèces *Pistacia*. Ces derniers peuvent exsuder des quantités considérables des huiles essentielles (Klass et al., 1998; Duru et al., 2003). Se sont des métabolites secondaires impliqués dans l'adaptation des taxons méditerranéens à la sécheresse et aux températures extrêmes. Dans ce sens, Agrawal et al., (2009), indiquent que les trichomes et les cires diminuent la vitesse de sédimentation des pucerons et découragent ainsi les herbivores en présence de sources d'alimentation attractives. Systématiquement parlant, la morphologie et la distribution des trichomes peuvent fournir des indices importants concernant les relations spécifiques, génériques, tribales et subfamiliales (Sahreem et al., 2010).

Dans cette étude, *Rhus pentaphylla* est l'unique espèce représentative du genre *Rhus*. Les empreintes épidermiques des folioles de *R. pentaphylla* révèlent un mode de distribution amphystomatique ou isoamphystomatique, signifiant un nombre de stomates plus ou moins égal sur les deux faces de la feuille (40 à 60%) quoique, la densité stomatique adaxiale (225 st/mm² : 52,94%) est légèrement supérieure à celle de la face abaxiale (200 st/mm² : 47,05%). Ceci corrobore les résultats de l'étude faite par Al-Maa'thidy (2006), sur le genre *Rhus* en Irak où il a attribué le mode amphistomatique au seul représentant du genre à savoir *Rhus coriaria*. La distribution amphystomatique à tendance épiamphystomatique (Spinner, 1935) peut être probablement due au climat littoral de la station de Sidi djelloul à Témouchent. Selon Alcaez (1991), la présence de *Rhus pentaphylla* prouve l'existence d'un groupement à variante plus thermophile et héliophile sur des versants en dessous de 250 m d'altitude. Cependant, *Rhus coriaria* manifeste une large distribution à état dispersée sur les versants rocheux et calcaires dépassant les 250 m d'altitude et accompagnés souvent aux espèces du genre *Quercus* et *Pinus* (Al-Maa'thidy, 2006). Selon Mott et al, (1982), les feuilles produites en plein soleil soient amphistomatiques, mais hypostomatiques s'ils sont développées dans des conditions d'ombre profondes. Les stomates de *R. pentaphylla* sont de très grandes tailles, légèrement plus grands sur la face supérieure que la face inférieure de l'ordre de 400,53 µm² et 397,30 µm² respectivement. Ceci est confirmé statistiquement où le cercle de corrélation ACP a révélé une corrélation positive entre *Rhus pentaphylla* et la taille des stomates sur les deux faces ainsi que leurs forme sur la face adaxiale.

Nos résultats contredit ceux de Zarinkamar (2009), lors son étude sur la famille des *Anacardiaceae* où il annonce une absence totale des stomates sur la face adaxiale à l'exception de *Pistacia atlantica*. Il limite ainsi la densité stomatique chez les *Anacardiaceae* entre 195 st/mm² chez *Rhus coriaria* à 331st/mm² chez *P. atlantica*. Toutefois, dans la présente étude, le térébinthe manifeste la plus grande densité des stomates (450 st/mm²), et antérieurement, le pistachier de l'Atlas a révélé une densité de stomates de l'ordre de 526,31 st/mm² (Tirse et al. 2014). Quant aux types des complexes stomatiques et conjointement aux espèces du genre *Pistacia*, *Rhus pentaphylla* s'est révélé diversifié (stomate staurocytique, actinocytique, anomocytyque et paracytyque) avec la présence d'un nouveau type de stomate à savoir le stomate amphicytycytique. Cependant, Zarinkamar (2009), limite les complexes stomatiques chez les *Anacardiaceae* au type anomocytyque. De même, Al-Maa'thidy (2006), accorde seulement le type anomocytyque au *Rhus coriaria*, l'unique représentant du genre

Rhus en Iraq. Dans ce sens, Casson et Gray (2007), note que la structuration des stomates sur l'épiderme foliaire dépend essentiellement de l'espèce.

Les 03 espèces du genre *Pistacia* et antérieurement *Pistacia atlantica*, ainsi que celle de *Rhus pentaphylla* ont manifesté des surfaces épidermiques rugueuses, sévèrement et différemment recouvertes de particules, des crêtes et/ ou de plaques résineuses. Ce ci nous a mené à faire une initiation à l'étude de la composition chimique de la cire cuticulaires d'abord chez le genre *Pistacia* et ultérieurement chez les deux espèces représentatives du genre *Rhus* en Algérie à savoir *Rhus pentaphylla* et *Rhus tripartitum*.

Les cuticules végétales sont des structures composées d'un échafaudage macromoléculaire de cutine et une variété de lipides solubles dans un solvant organique liées de manière covalente et qui sont collectivement qualifiés de cires. Ces cuticules fournissent souvent une barrière contre les pertes d'eau excessives par transpiration, une barrière physique contre les ravageurs et les pathogènes ainsi qu'une interface de criblage des UV excessifs (Riederer, 2006). Selon Yeats et Rose (2013), la biosynthèse de la cire commence par la biosynthèse des acides gras de novo C16 ou C18 dans le plastide des cellules épidermiques qui se convertissent en thioesters (ou esters sulfuriques) pour atteindre en fin le réticulum endoplasmique. Essentiellement, les cires cuticulaires végétales contiennent deux grands groupes, le premier consiste en des composés communs de type alcane, ester, alcool primaire et aldéhyde qui ne sont pas forcément dominants, et un deuxième groupe concernant les composés les plus rares comme les cétones et les alcools secondaires (Lecomte, 2009).

Les résultats préliminaires tirés de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/MS) ont révélé que les cires cuticulaires des 04 espèces *Pistacia* étudiées à savoir *P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. terebinthus* et *P. saportae* sont à base d'alcane linéaires et des esters éthyliques. Les alcanes linéaires ou les hydrocarbures saturés à structure de base brute C_nH_{2n+2} comprennent une série de longueur de chaînes de C_{15} au C_{21} . Dans l'ensemble, ces composés sont majoritaires à des proportions relatives décroissantes chez le pistachier de l'Atlas et le térébinthe (53, 4 et 35, 2%) respectivement. Ils se trouvent en quantité assez faible de l'ordre de 26, 7 et 19, 5% chez le lentisque et le saportae respectivement bien qu'elles soient diversifiées par la présence des autres alcanes à savoir l'héxadécane et l'octadécane. Seuls les extraits cireux du térébinthe et du saportae sont empreintés d'esters éthyliques ou d'acides gras à des proportions différentes. Le pourcentage cumulé d'éthyl octadécanoate chez ces deux taxons est relativement important (36,6%) face à

l'éthyl hexadécanoate (19,2), bien qu'ils soient plus marquants chez le saportae de l'ordre de 27, 6 et 14, 4% respectivement. Le pistachier de l'Atlas et le lentisque en se trouvent dépourvus. Bien que ces résultats sont préliminaires, l'absence des alcanes C21, l'aldéhyde C22, C32 et C33 chez les 03 espèces *Pistacia* peut être attribué aux conditions environnementales semi-arides comme cela été vraisemblablement dit pour l'Arganier (Bouzoubaâ et *al.* 2011). Dans ce cadre, Skafrenek et *al.*, (2008), notent que l'élimination complète de toutes les cires soit atteinte par extraction avec un mélange CHCl₃ à 60 ° C. Les aldéhydes sont responsables d'une extraction incomplète au CHCl₃ à température ambiante en raison de leur présence sous forme de polymère insoluble.

Selon les microphotographies prises au MEB, les surfaces épidermiques des 03 espèces étudiées sont différemment recouvertes par des plaques, des croûtes ou des granules résineuses. Bien que les cires à plaques varient considérablement en forme, composition chimique et répartition spatial, les alcools primaires en sont les constituants majeurs, qui peuvent être modifiées par des alcanes, des esters et des cétones (Jeffree, 2006). Ce ci peut être en accord avec nos résultats mentionnant la présence des alcanes chez les trois espèces étudiées. L'étude des cires épicuticulaires a mis en évidence que le motif de cristallisation en forme d'assiette, lié à une composition chimique spécifique, est responsable de l'inhibition de la germination des conidies du pathogène *Erysiphe necator*, agent responsable de maladie fongique oïdium qui touche la vigne (Schnee, 2008). Toutefois, une classification superficielle basée seulement sur les caractères morphologiques, sans compréhension de la chimie sous-jacente va conduire à des erreurs d'interprétation de la taxonomie et de la phylogénie (Jeffree, 2006).

Dans l'ensemble, la formation des cristaux peut être interprétée comme un processus physique spontané de la phase de séparation de cire de la cuticule. Une fois le composé formant le cristal s'accumule et dépasse une concentration critique dans le mélange, il commence à se former en une phase solide séparée (Jetter et *al.*, 2006). Le polymère de mastic du *Pistacia lentiscus* a été identifié en tant que cis-1,4-poly-b-myrène en contenant également une petite fraction (environ 2%) d'huile essentielle et certains constituants triterpénoides bicycliques et tricycliques (Van Doelen, 1999). La diversité de la composition des cires végétales dépend de très nombreux facteurs comprenant le type de cire (épi- ou intracuticulaire), la partie de la plante considérée (feuille, tige, fruit...), l'espèce végétale, l'âge, la saison ...etc (Lecomte, 1999).

Les cires épicuticulaires de feuilles de *Prunus laurocerasus* sont exclusivement aliphatiques, alors que les triterpénoides sont les constituants majeurs (60%) des cires intracuticulaires (Jetter et *al.*, 2000).

La quantité de cires épicuticulaires dans une population végétale donnée peut être utilisée pour identifier les conditions écologiques (sécheresse et exposition au soleil), alors que sa composition peut aider à l'identification des groupes écologiques et taxonomiques (Medina et *al.*, 2004).

Conclusion Générale
et ... perspectives

Conclusion générale et perspectives

En épilogue de l'étude entreprise et qui s'inscrit dans le cadre de la prospection des caractères de xéricité des espèces de la famille des *Anacardiaceae*, notre choix s'est porté sur deux genres : *Pistacia* et *Rhus* de la région nord occidentale oranaise. Dans ces contrées xériques de l'Algérie, *Pistacia* et *Rhus* sont les deux seuls genres présents de la famille citée ci-dessus. Les espèces représentant le genre *Pistacia* sont : *P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. terebinthus* et *P. saportae*. Quant au genre *Rhus*, seuls deux espèces sont représentés en l'occurrence : *R. pentaphylla* et *R. tripartitum*. Dans ces zones, les caractères micro-phytodermiques en particulier la densité des stomates et l'architecture régulatrice de leurs ouvertures ont un intérêt clé pour l'étude de l'adaptation des plantes à la sécheresse sous des conditions semi-arides.

Les traits micro-morphologiques adaptatifs face aux conditions environnementales fluctuantes caractérisant les échantillons foliaires des 03 espèces du genre *Pistacia* manifestent une diversité dans le mode de distribution des stomates sur les deux faces foliaires. *Pistacia lentiscus* et *Pistacia saportae* se révèlent comme étant hypo-amphystomatiques. Les stomates se trouvent uniquement sur la face inférieure à l'exception de quelques très rares stomates observés occasionnellement sur l'autre face. L'absence des stomates sur la face supérieure chez le lentisque, est un caractère d'adaptation au manque d'eau dans son environnement. Les empreintes épidermiques de *P. terebinthus* révèlent une distribution amphystomatique: tant de stomates sur les deux faces foliaires, contrairement à d'autres travaux qui notent que les espèces du genre *Pistacia* y compris le térébinthe ont tous des stomates uniquement sur la face abaxiale.

Il est aussi trouvé que chez *P. atlantica*, *P. eurycarpa*, *P. mutica*, et *P. vera*, la distribution des stomates sur la face adaxiale était légèrement plus élevée que sur la face abaxiale. Par contre, nos résultats ont prouvé une distribution hypo-amphystomatique (le plus grand nombre de stomates est sur la face abaxiale) chez *P. atlantica*. Les systématiciens

notent que la présence des stomates sur les deux faces de la feuille est un état plésiomorphe et leur présence sur l'une des faces est un caractère apomorphe (dérivé) chez les espèces du genre *Pistacia*.

Chez nos 03 espèces étudiées, la densité stomatique sur la face abaxiale oscille entre 272 st/mm² et 350 st/mm² chez *P. lentiscus* et *P. saportae* respectivement. Cependant, certains auteurs ont estimé une densité stomatique abaxiale de l'ordre de 254 st/mm² chez le lentisque et parfois cette densité peut atteindre jusqu'à 420 st/mm². Le térébinthe révèle la plus grande densité stomatique de l'ordre de 450 st/mm².

Sur la face adaxiale, mis à part *P. lentiscus* et *P. saportae* qui ont très peu de stomates non mesurable, les empreintes de *P. terebinthus* révèlent une densité de stomates estimée à 320 st/mm². Le ratio de la densité stomatique de la face adaxiale par rapport à la face abaxiale est de 0,71. Aussi, le pistachier de l'Atlas a révélé une densité des stomates oscillant entre 431 et 526 st/mm² sur la face abaxiale et entre 17,56 et 96,25 st/mm² sur la face adaxiale.

Du point de vue forme des stomates, le lentisque manifeste des stomates arrondis, parfois elliptiques. Le térébinthe et le saportae révèlent une forme presque identique qui est arrondie et les stomates sont plus longs que larges.

Quant aux types de complexes stomatiques, on note une diversité prononcée chez les 03 espèces *Pistacia*. Le type paracytique et actinocytique sont en commun entre les espèces étudiées. De même, le type staurocytique se manifeste chez le térébinthe et le saportae. De nouveaux types stomatiques ont été identifiés selon la nouvelle nomenclature établie par Prabhakar (2004), en l'occurrence le type péricyrique et desmocytique chez *lentiscus*, et le type amphyparacytiques chez le saportae.

Les trichomes sont ainsi différemment observés chez les espèces *Pistacia*. Les trichomes glandulaires sont de types capités et peltés, tandis que les trichomes aglandulaires sont uniquement de type ciliés.

Dans un autre volet correspondant à l'analyse qualitative et quantitative des cires cuticulaires des espèces du genre *Pistacia*, l'analyse chromatographique en phase gazeuse couplée au spectromètre de masse des cires cuticulaires des folioles du *P. atlantica* a révélé la présence de trois alcanes en l'occurrence le pentadécane, l'heptadécane et le nonadécane. Quant aux cires cuticulaires foliaires de *P. lentiscus*, on note la présence de 05 composés chimiques à savoir : le pentadécane, l'hexadécane, l'heptadécane, l'octadécane et le nonadécane à des concentrations de 6.9 %, 1.2 %, 8.9 %, 1.5 %, 8.2 % respectivement. *P.*

terebinthus a dévoilé la présence de 03 alcanes en l'occurrence le pentadecane, le heptadecane et le nonadécane à des concentrations de 10.2, 13.0 et 12.0 % respectivement. Deux (02) esters ont aussi été identifiés à savoir l'éthyl hexadecanoate et l'éthyl octadecanoate à des proportions relativement basses (4,8 % et 9%) retenus après des temps de rétention de 44.08 et 50.09 respectivement. Concernant le *saportae*, l'analyse chromatographique a révélé la présence de 07 alcanes qui sont : le pentadecane, l'heptadecane, le nonadécane, l'hexadecane, l'octadécane, l'eicosane et l'heneicosane. Les deux esters octadecanenonadecane et l'éthyl hexadecanoate sont aussi observés.

En perspective, nous allons prospecter les traits microphytodermiques des autres espèces du genre *Rhus* à savoir *Rhus tripartitum* et la cinquième espèce du genre *Pistacia*, cultivée en Algérie en l'occurrence *Pistacia vera* pour pouvoir par la suite, se pronocer sur une nouvelle clé de classification de ces entités taxonomiques sur la base de ces traits micromorphologiques.

De même, nos perspectives visent à une contribution à une meilleure identification des cires cuticulaires foliaires des espèces des deux genres mises en question par le biais des autres techniques d'extraction, ainsi qu'une valorisation de ces cires en faisant appel à d'autres techniques chromatographiques à savoir la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC), la résonance magnétique nucléaire (RMN) et la spectroscopie Raman couplée à l'infra-rouge. La diversité des méthodes d'extraction et la performance des techniques d'identification nous amainera à une mise en valeur des deux genres *Pistacia* et *Rhus* de la famille des *Anacardiaceae*.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Citées selon les normes AFNOR N. F. Z. 41- 006

- Ait-Said S., Fernandez C., Greff S., Derridj A. , Gauquelin T., Mevy J. P.** Inter-population variability of leaf morpho-anatomical and terpenoid patterns of *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* growing along an aridity gradient in Algeria, *Flora*, (2011), Vol. (3), pp: 1- 9
- Ahmad K., Khan M. A., Ahmad M., Zafar M., Arshad M., Ahmad F.** Taxonomic diversity of stomata in dicot flora of a district tank (N.W. F. P.) in Pakistan. *Af. J. Biotec.* (2009), Vol. 8 (6), pp: 1052-1055
- Agrawal A. A., Fishbein M., Jetter R., Salminen J.P., Goldstein J. B., Freitag A. E., Sparks J. P.** Phylogenetic ecology of leaf surface traits in the milkweeds (*Asclepias* spp.): chemistry, ecophysiology, and insect behavior. *New Phytologist* (2009), 183, pp: 848-867
- Akcin T. A., Ulu S., Akcin A.** Morphological, anatomical and numerical studies on some *anchusa* l. (*Boraginaceae*) Taxa from Turkey. *Pak. J. Bot.* (2010), 42 (4): 2231-2247
- AL-Maa'thidly A. M.M.** Asystematic study of the genus *Rhus* L. (*Anacardiaceae*) in Iraq, *Revue sciences de la nature* (2006), Vol. (10), 17, pp: 100-114
- Al-Saghir G. M., Porter D. M.** Stomatal Distribution in *Pistacia* sp. (*Anacardiaceae*), In. *J. Bot.* (2005), Vol. 2, pp :183-187
- Al-Saghir M. G.** Phylogenetic Analysis of the Genus *Pistacia* (*Anacardiaceae*) (2006), pp:1-7
- Al-Saghir G. M., Porter D. M.** Taxonomic Revision of the Genus *Pistacia* L. (*Anacardiaceae*), *Amer. J. Plant Sc.* (2012), pp: 312-323
- Amhamdi H., Aouinti F., Wathelet J. P., Elbachiri A.** Chemical composition of the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from Eastern Morocco. *Rec. Nat. Prod.* (2009), Vol. (3) 2, pp : 90- 95
- Appidi J.R., Grierson D.S., Afolayan A.J.** Foliar micromorphology of *Hermannia icana* Cav. *Pak. J. Bio. Sci.* (2008), Vol.11(16), pp: 2023-2027
- Arminana J. R., Calatayud V., Cervero J., Garcia-Breijo F.J., Ibars A., Sanz M.J.** Effects of ozone on the foliar histology of the mastic plant (*Pistacia lentiscus* L.). *Env. Poll.* (2004), 132, pp : 321-331
- Ashafa A.O.T., Grierson D.S., Afolayan A.J.** Foliar micromorphology of *Felicia muricata* Thunb., A south african medicinal plant. *Pak. J. Bio. Sci.* (2008), Vol.11(13), pp:1713-1717

- Aslantas R., Karakurt H.** The Effects of Altitude on Stomata Number and Some Vegetative Growth Parameters of Some Apple Cultivars, *Rese. J. of Agr. And Biol. Sci.*, (2009), Vol. (5) 5, pp: 853-857
- Atli H. S., Arpaci S., Kaşka N., Ayanoglu H.** Wild *Pistacia* Species in Turkey in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp: 35-38
- Babalola K. A., Adekemi A. V.** Foliar Epidermal Morphology of Two West African Genera of *Haloragaceae* R. BR. (*Saxifragales*). *J. Sci. Res. Dev.*, (2008), Vol. (11), pp : 84- 91
- Badmus A. A., Afolayan A. J.** The foliar micromorphology of *Arctotis arctotoides* (L.f.) O. Hoffm. *J. Medi. Plants Rese.* (2010), Vol. 4(16), pp: 1643-1646
- Bani Ameer F., Zahidi A.** Variability of leaf stomatal density of adult trees of *Argania spinosa* (L.) Skeels in the field. *Acta Bot. Gallica* (2005), Vol. 152 (3), pp: 281-288
- Beaunier L.** Préparation des échantillons minces en MEB in: Préparation des échantillons pour les observations en MEB et les analyses. Groupement national de microscopie électronique à balayage et de microanalyses. (2007)
- Barone E., Caruso T.** Genetic diversity within *Pistacia vera* in Italy in Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1995), pp: 20- 28
- Battle I., Vargas F.J., Romero M.** Natural occurrence, conservation and uses of *Pistacia* species in Spain in Italy in taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1995). pp: 42-45
- Belhadj S., Derridj A., Moriana A., Gijon M. D. C., Mevy J. P. H., Gauquelin T.** Comparative analysis of stomatal characters in eight wild atlas pistachio populations (*Pistacia atlantica* Desf.; *Anacardiaceae*). *Int. Res. J. Plant Sc.* (2011), Vol. (2) 3, pp: 060-069
- Benhassaini H., Bendahmane M., Benchalga N.** The chemical composition of fruits of *Pistacia atlantica* Desf. Ssp. *atlantica* From Algeria, Chemistry of natural compounds, Spri. Eds. (2007) Vol. (43) 2
- Bhuvaneswari K., Periyannayagam k.** Pharmacognostical and phyto-physicochemical profile of the leaves of *mangifera indica* l. Var *alphonso* (*Anacardiaceae*) - valuable assessment of its quality, *Asian J. Phar. & Clin Resea.* (2012), Vol. (5) 4, pp: 246-250
- Boudy P.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La maison rustique. Paris. (1952), pp: 504

- Bouzoubaâ Z., Domergue D. F., René L.** Comparaison de la composition chimique des cires épicuticulaires des feuilles et des fruits de l'arganier et impact sur la conservation et la valorisation de cette espèce. *Actes du Premier Congrès International de l'Arganier* (2011), pp : 350- 357
- Brizicky G.K.** The genera of *Anacardiaceae* in the southeastern united states. *J. of the Arnold Arboretum* (1962), pp: 359-375
- Buschhaus C., Herz H. Jetter R.** Chemical Composition of the Epicuticular and Intracuticular Wax Layers on Adaxial Sides of *Rosa canina* Leaves, *Annals of Botany* (2007), Vol. (100), pp: 1557-1564
- Camargo M. A. B., Marengo R. A.** Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. *Acta amaz.* (2011), Vol. 41(2), pp: 205- 212
- Capellades M., Fontarnau R., Carulla C., Debergh P.** Environment Influences Anatomy of Stomata and Epidermal Cells in Tissue-cultured *Rosa multiflora*, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (1990), 115(1), pp:141-145
- Casson S., Gray J. E.** Influence of environmental factors on stomatal development. *J. compilation, New Phyt.*(2008), 178, pp: 9-23
- Carpenter K. J.** Stomatal architecture and evolution in basal Angiosperms. *Am. J. Bot.* (2005), Vol. 92 (10), pp: 1595-1615
- Carpenter K. J.** Specialized structures in the leaf epidermis of basal Angiosperms: morphology, distribution, and homology. *Am.J. Bot.* (2006), Vol. (93) 5; pp: 665-681
- Chen J., Sun H., Yang Y.** Comparative morphology of leaf epidermis of *Salix* (*Salicaceae*) with special emphasis on sections *Lindleyanae* and *Retusae*. *Bot. J. Linnean Soci.* (2008), Vol. (157), pp : 311-322
- Coisin M., Gostin I.** Micromorphological data concerning *salvia glutinosa* l.(*lamiaceae*). *Biol. vegetală* (2011), Tomul LVII, fasc. 2, s. II a.
- Croxdale J.** Stomatal patterning in Angiosperms. *Ame. J. Bot.* (2000), Vol. 87(8), pp: 1069-1080
- Dalal L.P.** Stomatal variation in Dicot and Monocots - A Case Study. *Asi. J. Biote. Reso.* (2012), Vol. 03 (10), pp : 1473-1477
- De Micco V., Aronne G.** Morpho-anatomical traits for plant adaptation to drought. DOI: 10.1007/978-3-642-32653-0-2
- De Rojas C. E. B., Ferrarotto M. S.** Morphology of foliar epidermis in two groups of *Solanum* section *geminata* (*Solanaceae*) *Caldasia* (2009), 31(1):31-40
- Dipa C., Daniel M.,** Foliar trichomes of some members of the family *Acanthaceae* and their taxonomic utility, *Int. J. Pharma & Bio Sc.* (2011), Vol. (2) 3, pp: 232-235

- Dragota S., Riederer M.** Epicuticular Wax Crystals of *Wollemia nobilis*: Morphology and Chemical Composition, *Annals of Botany* (2007), Vol. (100), pp: 225-231
- Dubis E.N., Dubis A.T., Morzycki J.W.** Comparative analysis of plant cuticular waxes using HATR FT-IR reflection technique, *J. Molecular Structure* (1999), Vol. (511) 512, pp: 173-179
- El-Oqlah A.A.** Biosystematic research on the genus *Pistacia* in Jordan in Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.*, (1998), pp:12-19
- Eshratifar M., Attar F., Mahdigholi K.** Micromorphological studies on nutlet and leaf indumentum of genus *Teucrium* L. (*Lamiaceae*) in Iran. *Turk. J. Bot. Tubitak.* 35,(2010), pp: 25-35
- Essiett U. A., Bala D. N., Agbakahi J. A.** Pharmacognostic studies of the leaves and stem of *Diodia scandens* Sw in Nigeria. *Arch. Appl. Sci. Res.* (2010), Vol.2 (5), pp: 184-198
- Fasolaa T. R., Ayodelea A. E., Odetolab A. A., Umotoka N. E.** Foliar epidermal morphology and anti-diabetic property of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall ex. Nees. *Ethnob.Leaflets* (2009), pp: 593-98
- Fauconnet Gh.** Excursions botaniques, *Ed. Genève & Bale*, (1872), pp: 1-145
- Féraud J.M.** Association des naturalistes de Nice et des Alpes-Maritimes. (2013)
- Ferka-Zazou N.** Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier : Cas de la commune de Tessala, wilaya de Sidi Bel Abbés, Algérie. (2006) Mémoire de Magister, Univ. Tlemcen, pp : 154
- Fournier P.** Les quatre flores de France .*Ed. Lechevalier. Paris* (1977)
- Franks P. J., Farquhar G. D.** The mechanical diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. *Plant Phys., Jan.* (2007), Vol. (143), pp : 78-87
- Galmes J., Flexas J., Save R., Medrano H.** Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery. *Plant Soil* (2007), 290, pp:139-155
- Garcia-Breijo F. G., Arminana J. R. Bautista-Peris B., Calatayud V., Cervero J., Sanz M. J.** Effets anatomiques de l'oone sur le térébinthe (*Pistacai terebinthus*). *Forêt méditerranéenne*. (2008), t, XXIX,n° 1
- Ghaemmaghmi L., Attar F., Ghahreman A., Rahiminejad M. R.** Geographical, morphological and taxonomic status of *pistacia khinjuk* stocks ex stocks in Iran. *Iran. J. Sci. & Tech., Trans. A*, (2009), Vol. (33), 1, pp: 23- 29
- Gostin I.N.** Leaf micromorphology in *buxus sempervirens* l. during the ontogenesis, *Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie* (2009), Tom. XVI / 1, pp : 57-60

- Ghaffari S.M., Shabazaz M., Behboodi B.Sh.** Chromosome variation in *Pistacia* genus. Options Méditerranéennes (2005), Série A, N. 63
- Ghorbel A., Ben Salem-Fnayou A., Chatibi A., Twey M.** Genetic resources of *Pistacia* in Tunisia in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp: 62-71
- Guyot M.** Action de la colchicine sur la différenciation des cellules stomatiques, *Soc. bot. Fr., Mémoires*, (1970), 117, pp : 229-238
- Guyot M.** Les types stomatiques chez les Angiospermes: leurs variations sur un même épiderme et leur utilisation en systématique. *Bull. Soc. bot. Fr.*, (1985), (2) 132, pp : 37-48
- Hadj-Hassan A.** Cultivated Syrian *pistachio* varieties in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp: 1-12
- Hameed I., Hussain F.** Stomatal studies of some selected medicinal plants of family *Solanaceae*. *J. Med. Plants Rese.* (2011), Vol. 5(18), pp: 4525-4529
- Hidayat T., Kusdianti.** Stomata diversification and phylogenetic analysis of 13 species of family *Euphorbiaceae sensu lato*. *Biodiversita* (2009), Vol. 10, (1), pp: 19- 22
- Hussein I. A.** *Pistacia* species in Egypt in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp:75-76
- Ibrahim J. A. Ayodele A. E.** Taxonomic significance of leaf epidermal characters of the family *Loranthaceae* in Nigeria. *World Applied Sciences Journal* (2013), Vol. 24 (9), pp: 1172-1179
- Ilgin M., Caglar S.** Comparison of leaf stomatal features in some local and foreign apricot (*Prunus armeniaca* L.) genotypes. *Af. J. Biotech.* (2009), Vol. (6), pp: 1074-1077
- Inamdar J.A. , Bhatt D.C., Patel R .C., Dave V.H.** Structure and development of stomata in vegetative and floral organs of some Passifloraceae. Vol. 39, B, No.5
- Janu V., Raghuvanshi R. K.** Microscopic studies on epidermal cells and stomatal behavior of some globular Cacti (*Mammillaria* ssp), *Insight Botany*, (2011), Vol.(1) 1, pp: 1-4
- Jeffree C. E.** The fine structure of the plant cuticle in *Biology of the plant cuticle*, Edt. *Blackwell*, (2006), pp: 11-110
- Jetter R., Schäffer S., Riederer M.** Leaf cuticular waxes are arranged in chemically and mechanically distinct layers: evidence from *Prunus laurocerasus* L. *Plant, Cell and Environment* (2000), Vol. (23), pp: 619- 628

- Jetter R., kunst I. Samuels A. L.** Composition of plant cuticular waxes in Biology of the plant cuticle, *Edt. Blackwell*, (2006), pp: 145-175
- Jordan G.J., Weston P. H., Carpenter R. J., Dillon R. A., Brodribb T.J.** The evolutionary relations of sunken, covered, and encrypted stomata to dry habitats in *Proteaceae*. *Amer. J. of Bot.* (2008), 95(5), pp: 521-530
- Kadi-Bennane S., Ait-Said S., Smail-Saadoun N.** Étude adaptative de trois populations de *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* (Ain Oussera - Messaad - Taissa) par le biais du complexe stomatique. *Options Méditerranéennes. Serie A*, (2005) 63, pp : 365- 368
- Kadiri A. B., Oboh B., Oha C.** Systematic value of foliar epidermal morphology in some taxa of the tribes: *Urticeae* and *Parietariae* of the West African *Urticaceae*. *Thaiszia, J. Bot., Košice*, (2011), Vol. (21), pp: 73-83
- Kafkas S., Perl-Treves R.** Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey, *Theor. Appl. Genet.* (2001), 102, pp: 908 - 915
- Kafkas S., Cetiner M.S., Perl-Treves R.** Morphological and Molecular phylogeny of *Pistacia* species. *Theo. App. Genet.* (2002).Vol.102: 908- 915
- Kayimov A.K., Sultanov R.A., Chernova G.M.** *Pistacia* in central Asia in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp: 49-55
- Kaska N., Çaglar S., Kafkas S.** Genetic diversity and germplasm conservation of *Pistacia* species in Turkey in taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1995). pp: 46- 50
- Kaviani B.** Micromorphological, morphological and anatomical investigation of the *Lilium ledebourii* (Baker) Bioss.(*Liliaceae*) indigenous to Iran. *Aust. J. Crop Sci.* (2008),Vol.1(1), pp:6-10
- Khan K. Y., Khan M. A., Ahmad M., Shah G. M., Zafar M., Niamat R., Munir M., Abbasi A. M., Fazal H., Mazari P., Seema N.** Foliar epidermal anatomy of some ethnobotanically important species of genus *Ficus* Linn. *J. Med. Plants Rese.* (2011). Vol. 5(9), pp: 1627-1638
- Kemka C.I.1., Nwachukwu C.U.** Epidermal micromorphology of species in the genus *Crassocephalum moench* .s. Moore (*Compositae*) in Nigeria. *J.P.C.S.* (2011),Vol. (3), pp : 29-41
- Krstic L., Malencic D., Anackov G.** Structural investigations of trichomes and essential oil composition of *Salvia verticillata*, *Bot. Helv.* (2006), 116, pp : 159- 168

- Lecomte J.** Les cires végétales: sources et applications. *OCL* (2009), Vol. 16 (4), pp : 262-266
- Lin T. S., Crane J. C., Ryugo K., Polito V.S., Dejong T.M.** Comparative study of leaf morphology, photosynthesis, and leaf conductance in selected *Pistacia* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (1984), Vol. (3), pp: 325-330
- Loudyi W.** *Pistacia* genetic resources and pistachio nut production in Morocco in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp: 56-61
- Mazzola P., Raimondo F.M., Venturella G.** Natural occurrence and distribution of *Pistacia* species in Italy in taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1995), pp: 29-31
- Medina E., Aguiar G., Gómez M., Medina J. D.** Patterns of leaf epicuticular waxes in species of *clusia*: taxonomical implications (2004), Vol. (29) 10, pp: 579-582
- Medrano H. Escalona J. M. Bota J. Gulias J. Flexas J.** Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: Stomatal conductance as a reference parameter. *Ann. Bot.* (2002), 89, pp: 895-905
- Metcalf CR., Chalk L.** Anatomy of the dicotyledons (1979), Oxford: Clarendon Press. 2 nd edn., Vol. I.
- Mickle J.E.** Stomatal development in aerial axes of *Psilotum nudum* (*Psilotaceae*). *J. North Carolina Aca. Sci.* (2012), Vol.128 (3/4), pp: 95-99
- Moghtader M.** Comparative survey on the essential oil composition from the leaves and fruits of *Pistacia mutica* Fischer Kermen province, *Mid- East J. Scientific Research*, (2010), Vol. 5 (4), pp: 291-297
- Moon H.K., Hong S.P., Smets E., Huysmans S.** Phylogenetic significance of leaf micromorphology and anatomy in the tribe *Mentheae* (*Nepetoideae: Lamiaceae*). *Bot. J. Linnean Soc.*, (2009), 160, pp: 211–231
- Mott K. A., Shope J. C., Buckley T. N.** Effects of humidity on light-induced stomatal opening: evidence for hydraulic coupling among stomata, *J. Exp. Bot.* (1999), Vol. (50) 336, pp: 1207-1213
- Nebelsick A. R., Hassiotou F., Veneklaas E.J.** Stomatal crypts have small effects on transpiration: A numerical model analysis. *Plant Phy.* (2009), Vol. 151, pp: 2018-2027
- Palasciano M., Camposeo S., Godini A.** Stomatal size and frequency in wild (*A. webbii*) and cultivated (*A. communis*) almonds. *Options Méditer.*, (2005), A, 63, pp: 305-310

- Pearce D.W., Millard S., Bray D. F., Rood S.B.** Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Phy.* (2005), Vol (26), pp : 211-218
- Pell S. K.** Molecular systematics of the cashew family (*Anacardiaceae*) (2004). pp: 1-193
- Perveen A., Abid R., Fatima R.** Stomatal Types of some dicots within flora of Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot.*, (2007), Vol. 39 (4), pp: 1017-1023
- Peterson KM, Rychel AL, Torii KU.** Out of the mouths of plants: the molecular basis of the evolution and diversity of stomatal development. *Plant Cell.*(2010), Vol. (22)
- Prabhakar M.** Structure, Delimitation, Nomenclature and Classification of Stomata. *Ac. Bot. Sinica 植物学报* (2004), 46 (2): 242-252
- Rayne S., Mazza G.** Biological activities of extracts from Sumac (*Rhus* spp.). *Nat. Proc.* (2007), Vol. (631), 1, pp : 1-37
- Redha A., Al-Mansour N., Suleman P., Afzal M., Al-Hasan R.** Leaf Traits and Histochemistry of Trichomes of *Conocarpus lancifolius* a *Combretaceae* in Semi-Arid Conditions, *A. J. P. S.*(2011), Vol. (2), pp: 165-174
- Refka Z., Ksontini M., Ferchichi A.** Seed Germination Characteristics of *Rhus tripartitum* (*Ucria*) Grande and *Ziziphus lotus* (L.): Effects of Water Stress. *Int. J. of Ecology.*(2013), pp : 1-7
- Riederer M.** Introduction: biology of the plant cuticle in *Biology of the plant cuticle*, *Edt. Blackwell*, (2006), pp: 1-8
- Rotondi A., Rossi F., Asunis C., Cesaraccio C.** Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a Coastal Mediterranean machia ecosystem. *J. Medi. Eco.* (2003), Vol. (4): 25- 35
- Rouskas D.** Conservation strategies of *Pistacia* genetic resources in Greece in taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1995). pp: 37
- Rudall P.** Anatomy of flowering plants. *Cambridge University Press, New York* (2007)
- Ruste J.** Préparation des échantillons pour les observations en MEB et les analyses. Groupement national de microscopie électronique à balayage et de microanalyses (2007).
- Sahreen S., Khan M. A., Khan M. R., Khan R.A.** Leaf epidermal anatomy of the genus *Silene* (*Caryophyllaceae*) from Pakistan. *Biol. Diver. Cons.* (2010), Vol. (3)1, pp: 93-102
- Saleha S. Tahir, Rajput M. T. M.** S.E.M. Structure distribution and taxonomic significance of foliar stomata in *Sibbaldia* l. species (*Rosaceae*). *Pak. J. Bot.*, (2009), 41(5): 2137-2143
- Sanyal D., Bhowmik P.C., Reddy N.K.** Influence of leaf surface micromorphology, wax content, and surfactant on primisulfuron droplet spread on barnyardgrass

(*Echinochloa crus-galli*) and green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science* (2006), Vol.(54), pp: 627–633

- Schnee S.** Facteurs de résistance à l'oïdium (*Erysiphe necator* Schwein) chez la vigne (*Vitis vinifera* L.), *Plant Survival*. (2008), pp : 1- 135
- Shaheen N., Yasmin G., Quazim Hayat M** Diversity of foliar trichomes and their systematic relevance in the Genus *Hibiscus* (Malvaceae). *Int. J. Agr. & Bio.*, (2009), Vol. (09), pp: 279- 284
- Shaneka S., L., Pijut P. M., Michler C. H.** Species selection in hardwoods research: variations in baseline physiological responses of select temperate hardwood tree species. *J. For. Res.* (2013), Vol. 24(2), pp : 285-292
- Sheibani A.** Distribution, use and conservation of pistachio in Iran in taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. . *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1995). pp: 51- 56
- Shiva Kameshwari MN.** Epidermal micromorphology in populations of *Urginea Indica* Kunth. (*Liliaceae*). *Inter. J. Engin. Sci. & Tech.* (2011), Vol. 3 (5), pp : 3816-3824
- Sheue C. R., Yong J. W. H., Yang Y.P.** The *Bruguiera* (*Rhizophoraceae*) species in the Mangroves of *Singapore*, Especially on the New Record and the Rediscovery. *Taiwania*, (2005), Vol.50(4), pp: 251-260
- Svihra P.** Some arborists and gardeners begin itching when planting or pruning certain ornamental plants, *Ornamentals Northwest Archives*, (1987), Vol. (11) 3, pp: 8-10
- Taia W. K.** Leaf characters within tribe *Trifolieae* (Family Leguminosae). *Pak. J. Bio. Sc.* (2004). Vol. (8), pp: 1463 - 1472
- Talhok S.N., Nehme G.A., Baalbaki R., Zurayk R. Adham Y.** Ecogeographic characterization of *Pistacia* spp. in Lebanon in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp: 13-1
- Tlili N., Mejri H., Yahia Y., Saadaoui E., Rejeb S., Khaldi A., Nasri N.** Phytochemicals and antioxidant activities of *Rhus tripartitum* (Ucria) fruits depending on locality and different stages of maturity. *Food chemistry* (2014), Vol. (160), pp: 98-103
- Torre S., Fjeld T., Gislerod H.R., Moe R.** leaf anatomy and stomatal morphology of green house Rose grown at moderate or High air humidity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (2003), Vol. (128) 4, pp: 598-602
- Tripathi S., Mondal A. K.** Taxonomic diversity in epidermal cells (stomata) of some selected anthophyta under the order leguminales (*Caesalpiaceae*, *Mimosaceae* & *Fabaceae*) based on numerical analysis: a systematic approach. *I.J.S.N.*, (2012), Vol. 3(4): 788-798

- Tianlu M., Barfod A.** *Anacardiaceae*. Flora of China (2008).Vol. (11): 335-357
- Tirse M., Benhassaini H. Sail K. Basoou G.** Leaflets epidermal micro-characters of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* (*Anacardiaceae*) under semi-arid environmental factors. *Env. Res. J.* (2014), Vol. (7) 5, pp: 434- 447
- Ullah Z., Khan M. A., Ahmad M., Zafar M., Ullah K.** Systematic implications of foliar epidermis in *Andropogoneae* (*Poaceae*) from Hindukush-himalayas Pakistan. *J. Med. Plants Rese.* (2011),Vol. 5(6), pp : 949-957
- Uzunova K., Palamarev E., Ehrendorfer F.** Anatomical changes and evolutionary trends in the foliar epidermis of extant and fossil Euro-Mediterranean oaks (*Fagaceae*). *Pl. Syst. Evol.* (1997), 204, pp: 141-159
- Van Doelen G.A.** Triterpenoid compounds in fresh dammar and mastic resin. *Journal of Chromatography* (1999), Vol. A (809), pp: 15-40
- Vilagrosa A., Bellot J., Vallejo V. R., Gil-Pelegrin E.** Cavitation, stomatal conductance, and leaf dieback in seedlings of two co-occurring Mediterranean shrubs during an intense drought. *J. Exp. Bot.* (2003), Vol. (54) 390, pp : 2015- 2024
- Vatén A., Bergmann D. C.** Mechanisms of stomatal development: an evolutionary view. *EvoDevo*, (2012), pp : 3:11
- Verdú M., García-Fayos P.** Ecological causes, function, and evolution of abortion and parthenocarpy in *Pistacia lentiscus* (*Anacardiaceae*). *Can. J. Bot.* (1998), Vol. 76, pp: 134- 141
- Walton P. D.** The genetics of stomatal length and frequency in Clones of *Bromus inermis* and the relationships between these traits and yield, *Can. J. Plant Sci.* (1974), pp: 749-754
- Wosu E., Nsirim L., Ndukwu, Benjamin C.** Biosystematic Studies in *Loganiaceae* (Series 3): Stomatal Morphology In relation to intraspecific delimitation among members of the tree species in the Genus *Anthocleista* found in parts of Tropical Rainforest in Nigeria. *European J. Exp. Biol.* (2012),Vol. 2 (3), pp: 807-813
- Yasmin G., Khan M. A., Shaheen N., Qasim hayat M.** Micromorphological Investigation of Foliar Anatomy of Genera *Aconogonon* and *Bistorta* of Family *Polygonaceae*. *Int. J. Agr. & Biol.* (2009), pp: 1814- 9596
- Yeats T. H., Rose J. K. C.** The formation and function of plant cuticles, *American Society of Plant Biologists* (2013), pp: 1- 41
- Zarinkamar F.** Stomatal observations in Dicotyledons. *Pak. J. Bio. Sci.* (2009),10(2), pp : 199-219
- Zohary M.** Monographic study of the genus *Pistacia*. *Pales. J. Bot. Series* (1952). Vol. (5), pp: 187 - 228

Zohary M. Geobotanical foundation of the Middle East. Amsterdam, Stuttgart (1972). Vol. (2), pp: 35- 44

Zohary D. The genus *Pistacia* L. in taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1995), pp: 1-11

Zakynthinos G., Rouskas D. Wild and cultivated *Pistacia* species in Greece in Towards a comprehensive documentation and use of *Pistacia* genetic diversity in central and west Asia, North Africa and Europe. *Int. Plant Genetic Reso. Inst.* (1998), pp: 88-92

Littérature citée

Adanson (1763), Al-yafi (1998), Amelunxen et al., (1967), Arrendale et al. (1988), Baker (1982), Bary (1871, 1884), Berger et Altmann (2000), Bentham et Hooker (1862), Blunden (1980), Bremer et al., (1999), Bringe et al., (2006), Brongniart (1834), Brosse (2010), Chen et al. (2001), CSCPS (2006), Deas et al., (1974), Debrach (1953), Dilcher (1974), Duru et al., (2003), Ebercon et al., (1977), Ehleringer et al., (1976), Engler (1876, 1881, 1883, 1892), Erichsen-Brown (1989), Gadek et al., (1996), Geisler et al. (2000), Holloway (1984), Jeffrey (1986), Jetter et al. (2006), Johnson et al., (1984), Karsten (1857, 1860), Kawashty (2000), Kimberly et al., (2006), Klass et al., (1998), Larkin et al., (1996), Linné (1753), Lucas et al., (2006), Marchand (1869), Mashima (1970), Mayekiso et al., (2008), Miller et al., (2001), Mitchell et Mori (1987), Mott et al., (1982), Norris et Bukovac (1968), Periyanyagam et al., (2012), Rashotte et al. (2001), Sachs (1978), Savolainen et al., (2000 a), Schieferstein et Loomis (1959), Sezik et al., (1991), Silva Fernandes et al. (1964), Sirichandra et al., (2009), Stace (1980), Takhtajan (1997), Terrazas (1994), Toole et al., (1979), Tournefort (1974), Von Mohl (1847), Wattendorff et Holloway (1980), Weber (1942), Werker (1993), Willmer (1983), Young (1974).