الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة زيان عاشور- بالجلفة

UNIVERSITE -ZIANE ACHOUR- DE DJELFA

كلية العلوم الطبيعة و الحياة

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

MEMOIRE

Présenté

Par DOGHBAGE ABDELGHAFOUR

En vue de l'obtention du diplôme de

MAGISTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Option : Agropastoralisme et Désertification

Thème

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VARIABILITE DES CARACTERES FOLIAIRES ET STOMATIQUES DE QUATRE ESPECES DU GENRE *PISTACIA* EN ALGERIE

Devant le Jury composé de :

Président	: Mr. Azzouzi Blel	Maître de conférences A	Univ. Djelfa
Directeur de thèse	: Mme. Belhadj Safia	Maître de conférences A	Univ. Djelfa
Examinateurs	: Mme. Saidi Feirouz	Professeur	Univ. Blida
	: Mme. Smail-Saadoun Noria	Maître de conférences A	Univ. Tizi-Ouzou
Invité	: Mr. Boussaid Fayçal	Conservateur des forêts	Wilaya de Djelfa

Soutenu le : 30/10/2011

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tout d'abords le bon dieu tout puissant pour son aide et sa bénédiction.

Ma profonde gratitude à ma promotrice Dr. BELHADJ Safia à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université -Ziane Achour- de Djelfa qui a dirigé ce travail avec beaucoup de compétence et d'efficacité, en faisant toujours preuve à mon égard de compréhension et de gentillesse. Son expérience, son aide, ses encouragements et ses conseils ont été décisifs dans le développement de ce travail. Un grand merci aussi pour toute la liberté qu'il m'a accordé pour exprimer mes idées.

Je tiens également à remercier Monsieur AZZOUZI Blel ; Maître de conférence à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Djelfa, qui a assuré ma formation universitaire, de l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury.

Je voudrais également adresser mes remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu juger le présent travail.

Mes vifs remerciements pour mes parents, pour leur aide précieuse, leurs sacrifices, leurs encouragements et surtout leur soutien. Mes frères et sœurs. A toute ma famille. Mes amis Rafik, Zakaria, Abdellah, Walid et Mohammed, je ne pourrais les citer tous. Je leur suis reconnaissant à tous.

Nombreuses, les personnes qui m'ont aidée à franchir certaines contraintes et obstacles rencontrés durant la préparation de ce travail, mais je voudrais adresser mes remerciements particulièrement :

- ***A Monsieur HAMIDI Mohammed, chargé de cours à l'université de Djelfa pour son aide pour l'utilisation du logiciel Motic image ;***
- ***A Monsieur TAOUSSI Slimane qui m'a beaucoup aidé au niveau de laboratoire de la production végétale de l'université de Djelfa ;***
- ***A Monsieur BELHOUADJEB Fethi pour son aide pour la réalisation des analyses statistique ;***
- ***A Monsieur OUALHI Abdelhamid qui m'a beaucoup aidé et encouragé ;***
- ***A monsieur Toumi (I.N.R.F. Ain Lahdjel). Pour son aide au cours de la période d'échantillonnage.***
- ***A Mme BENMLOUKA (I.T.M.A. Djelfa), pour ses conseils et pour son aide précieuse.***

Liste des figures

Figures hors article

Figure 1. Les familles de l'ordre Terebinthales d'après Emberger (1960)…….....6

Figure 2. Aire de répartition des Anacardiaceae du genre *Pistacia* d'après…….....8

Figure 3. Différents types de feuilles dans le genre *Pistacia* ……..…….…...13

Figure 4. Allure générale de l'arbre de *P.atlantica*.……..…….…. 17

Figure 5. Fruit, fleurs et Feuilles de *P. atlantica* dans la région de Mesaad..……..…...19

Figure 6. Illustration de groupement *Pistacia atlantica* avec *Ziziphns lotus* dans la région de Mesaad …….…… 22

Figure 7. Aire de répartition de *Pistacia atlantica* Desf. Dans le monde……..……..23

Figure 8. Feuilles et fruits de *Pistacia lentiscus*……..……..……..25

Figure 9. Aire de répartition de *Pistacia lentiscus* L. autour du bassin Méditerranéen……....28

Figure 10. Arbre, feuilles et fruits de *Pistacia vera* dans la station d'Ouled suyeb……..…..33

Figure 11. Distribution du *Pistacia vera* ……..…….....34

Figure 12. Carte des zones potentielles du pistachier fruitier (*Pistacia vera*) en Algérie…….35

Figure 13. Arbre et feuilles de *Pistacia terebinthus* dans la station de Senalba…….….36

Figure 14. Distribution de *Pistacia térébinthus* dans le bassin méditerranéen ……..……37

Figure 15. Structure de l'épiderme foliaire……..……..….42

Figure 16. Micrographies de poils glandulaires de *Leonotis Leonurus* ……....42

Figure 17. Différenciation de poils glandulaires à la surface d'un épiderme. …….....43

Figure 18. Stomates de Soja…….46

Figure 19. Limbe de la foliole de *Pistacia terebinthus*……45

Figure 20. Photographie illustrant l'accès aux stations et aux arbres…….……..50

Figure 21. Situation administrative des stations d'échantillonnage……..50

Figure 22. Carte topographique de la région de Djelfa…….52

Figure 23. Situation des stations d'Ain Ezaina, Sénalba et Ross Laayoun dans la wilaya de Djelfa…….....54

Figure 24. Situation des stations d'Elmergueb et de Ouled suyeb dans la wilaya de M'sila…….58

Figure 25. Situation de la station d'Elhamdania dans la wilaya de Médéa……..60

Figure 26. Situation de la station d'Elkahla dans la wilaya de Boumerdès……..62

Figure 27. Situation des stations d'échantillonnage dans le climagramme d'Emberger……..66

Figure 28. Caractères morphologiques qualitatifs et quantitatifs mesurés selon le manuel de l'I.P.G.R.I……69

Figure 29. Mesure des dimensions des stomates avec Motic Image Plus……..……..71

Figure 30. Calibrage avec Ligne de Repérage sur Motic image plus……..…..….71

Figure 31. Projection des variables quantitatives dans le plan 1-2 de L'analyse en composante principale……...85

Figure 32. Analyse en composantes principales des variables quantitatives montrant la répartition des différentes espèces étudiées……...86

Figure 33. Groupes de populations déterminés par l'analyse en composantes principales (variables quantitatives)……..…86

Figure 34. Cercle de corrélation et projection des variables qualitatives dans le plan 1 – 2…….95

Figure 35. Analyse en composantes principales des variables qualitatives montrant la répartition des différentes espèces étudiées……96

Figure 36. Groupes de populations déterminés par l'analyse en composantes principales (variables qualitatives)……96

Figure 37. Projection des variables quantitatives et climatiques dans le plan 1-2 de l'Analyse en Composante Principale……...97

Figure 38. Projection correspondante aux différentes populations (variables quantitatives et climatiques)……..99

Figure 39. Projection des variables qualitatives et climatiques dans le plan 1-2 de l'Analyse en Composante Principale……..…100

Figure 40. Répartition des populations des espèces étudiées sur le plan bidimensionnel de l'analyse en composante principale……...101

Figures article

Figure 1. La répartition, la densité, la position et la forme des stomates au niveau des feuilles de *P. vera* sous un microscope photonique et électronique……...121

Figure 2. Micrographies du M.E.B. montrant la position des stomates sur la surface abaxiale des feuilles de *P. terebinthus* et *P. atlantica*……...122

Figure 3. Micrographies du M.E.B. montrant la position des stomates sur la surface abaxiale et adaxiale des feuilles de *P. lentiscus*……123

Figure 4. Analyse en composantes principales montrant la répartition des différentes espèces étudiées selon les caractéristiques stomatiques……...124

Figures en annexes

Figure 1. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables quantitatives)…….137

Figure 2. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables qualitatives)…….……...137

Figure 3. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables quantitatives et climatiques)…….……..138

Figure 4. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables qualitatives et climatiques)…….……138

Liste des tableaux

Tableau 1. Etages bioclimatiques en fonction de la pluviométrie……64

Tableau 2. Variantes thermiques en fonction de la température minima ……64

Tableau 3. Synthèse des principales caractéristiques climatiques des stations étudiées……..65

Tableau 4. Variables qualitatives mesurées pour les feuilles des différentes espèces……..68

Tableau 5. Nombre de mesures effectuées pour l'étude biométrique des stomates……..70

Tableau 6. Test-t des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles de *P. atlantica* ……...75

Tableau 7. Analyse de la variance des caractères quantitatifs mesurés pour
les feuilles de *P.lentiscus* …….....76

Tableau 8. Analyse de la variance des caractères quantitatifs mesurés pour
les feuilles de *P.vera*…….……77

Tableau 9. Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés pour les
feuilles de quatre espèces du genre *Pistacia* (par station)…….. ..78

Tableau 10. Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés
pour les feuilles des quatre espèces du genre *Pistacia* (par espèce)……...79

Tableau 11. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia lentiscus* ……81

Tableau 12. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia atlantica*……..81

Tableau 13. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia vera*…….82

Tableau 14. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia terebinthus*……..82

Tableau 15. Valeurs propres issues de l'ACP pour les variables quantitatives……...84

Tableau 16. Corrélations entre les variables quantitatives sur les 2 axes (1 et 2)
révélées par l'ACP……84

Tableau 17. Fréquences (%) pour les caractères qualitatifs mesurés par station…….91

Tableau 18. Fréquences (%) pour les caractères qualitatifs mesurés par espèce……..92

Tableau 19. Valeurs propres et contribution des caractères qualitatifs de l'analyse en composante principale…….93

Tableau 20. Contribution des caractères qualitatifs aux axes 1 et 2 de l'analyse en composante principale…….....94

Tableau 21. Corrélations entre les variables quantitatives et climatiques sur les 2 axes (1 et 2) révélés par l'ACP…….98

Tableau 22. Matrice de valeurs propres issues de l'ACP (variables quantitatives et climatiques)…….98

Tableau 23. Matrice de valeurs propres issues de l'ACP (variables qualitatives et climatiques)……100

Tableaux article

Tableau 1. Principales données climatiques des stations étudiées……..116

Tableau 2. Caractéristiques des stomates des feuilles de différentes espèces du genre *Pistacia* ……120

Tableau 3. Caractéristiques des stomates des feuilles du genre *Pistacia* des différentes stations d'échantillonnage…….....120

Tableaux en annexes

Tableau 1. Analyse de la variance des caractères quantitatifs mesurés pour les 04 espèces du genre *Pistacia*……...136

Sommaire

Remerciement

Liste des photos

Liste des figures

Liste des tableaux

Page

Introduction générale……...1

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DES ESPECES DU GENRE *Pistacia*

1. Description, taxonomie et répartition du genre *Pistacia*……4

1.1. Position phylogénique et biogéographique…….4

1.1.1. Position systématique……..4

1.1.2. Position biogéographique……7

1.2. Description et taxonomie du genre *Pistacia*……...8

1.2.1. Systématique et historique du genre……...8

1.2.2. Description botanique du genre *Pistacia* et clé des espèces……11

1.2.2.1. Caractères généraux……..11

1.2.2.1.1. Appareil végétatif……11

1.2.2.1.2. Appareil reproducteur……...11

1.2.2.2. Aspects physiologiques……12

1.2.3. Clé des espèces du genre *Pistacia* (selon Zohary, 1952)……..14

2. Description, taxonomie, répartition et écologie des différentes espèces étudiées……...15

2.1. *Pistacia atlantica*……..15

2.1.1. Systématique de l'espèce……..15

2.1.2. Caractéristique botanique de l'espèce…….....16

2.1.2.1. Les feuilles……16

2.1.2.2. Les fleurs et floraison……17

2.1.2.3. Les fruits……..18

2.1.3. Caractéristique anatomiques de *P. atlantica*……18

2.1.4. Caractéristiques écologiques……19
2.1.5. Répartition géographique……..22
2.1.5.1. Dans le monde……...23
2.1.5.2. En Algérie……..24
2.2. *Pistacia lentiscus* Linné (1753)…….....24
2.2.1. Caractéristiques botaniques…….....24
2.2.2. Répartition Géographique et Phytosociologie de *Pistacia lentiscus*……26
2.2.3. Phénologie de *Pistacia lentiscus*……..….26
2.3. *Pistacia vera* (Linnaeus, 1770)…….28
2.3.1. Aperçu climatique, pédologique et phénologique……29
2.3.3. Distribution géographique ……....31
2.3.3.1. Dans le monde……...31
2.3.4. Intérêts de l'espèce……33
2.4. *Pistacia terebinthus* L…….....35
2.4.1. Description botanique……...35
2.4.2. Répartition et caractéristiques écologiques…….....…37
2.4.3. Intérêt de l'espèce……38

CHAPITRE 2 : ETUDE DES SURFACES EPIDERMIQUES

1. Introduction……..39
2. Anatomie de la feuille……...40
2.1. L'épiderme……40
2.2. La cuticule……41
2.3. Les trichomes et les cires……...41
2.4. Le mésophylle……...43
2.5. Les stomates……..44
2.5.1. Structure de l'appareil stomatique……44
2.5.2. Répartition des stomates……44
2.5.2. Intérêt systématique du complexe stomatique……...47
2.6. Le système vasculaire……47
3. Changements structuraux de l'épidémie et du mésophylle des xérophytes……..47

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 : MATERIEL ET METHODES

1. Matériel……49
1.1. Matériel végétal……49
1.2. Caractéristiques générales des zones d'études……..49
1.2.1. Choix des stations……..49
1.2.1.1. Situation administrative des stations…….....49
1.2.1.2. Présentation des stations d'étude et situation géographique……..51
1.2.1.2.1. Les stations de Djelfa……51
1.2.1.2.1.1. Sénalba……...52
1.2.1.2.1.2. Ain El zaina……53
1.2.1.2.1.3. Station de Ross Laayoun (I.T.M.A)……...53
1.2.1.2.2. Stations de M'sila……...54
1.2.1.2.2.1. Elmergueb……...56
1.2.1.2.2.2. Ouled Suyeb……..57
1.2.1.2.3. Station de Médéa……58
1.2.1.2.4. Station de Boumerdès……60
1.2.2. Etude climatique des zones d'échantillonnage……..62
1.2.2.1. Synthèse climatique……...62
1.2.2.2. Quotient pluviométrique et Climagramme d'Emberger……63
1.2.2.3. Synthèse……64
2. Méthode……67
2.1. Etude de la variabilité morphologique chez quatre espèces du genre *Pistacia*…….67
2.1.1. Mesures……..67
2.1.2. Analyses statistiques……..67
2.2. Etude biométrique des stomates……68
2.2.1. Méthode de préparation des échantillons pour les observations au microscope optique……68
2.2.2. Méthode de préparation des échantillons pour les observations MEB……..72

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Etude de la variabilité morphologique des feuilles……73
1. Résultats……73

1.1. La variabilité intra spécifique……73
1.1.1. Caractères quantitatifs……...73
1.1.1.1. *Pistacia atlantica*……...73
1. La feuille……73
2. La foliole terminale……73
3. Le pétiole……74
1.1.1.2. *Pistacia lentiscus*……...74
1. La feuille……74
2. Le pétiole……...74
1.1.1.3. *Pistacia vera*……..76
1. La feuille……76
2. la foliole terminale……76
3. Le pétiole……...77
1.2. La variabilité inter-espèces du genre *Pistacia*……..79
1.2.1. Analyse de la variance (ANOVA)……79
1.2.2. Corrélations entre les variables quantitatives……80
1.2.3. Analyse en composantes principales……83
1.1.2. Caractères qualitatifs……87
1.1.2.1. *Pistacia atlantica*……...87
1. La feuille……87
2. La foliole terminale……87
3. Le pétiole……...87
1.1.2.2. *Pistacia lentiscus*……...88
1. La feuille……88
2. La foliole terminale……88
3. Le pétiole ……..88
1.1.2.3. *Pistacia vera*……..88
1. La feuille……....88
2. La foliole terminale……89
3. le pétiole……89
1.1.2.3. *Pistacia terebinthus*……...89
1. La feuille……89
2. la foliole terminale……90
3. le pétiole……90

1.3. Interaction avec les facteurs climatiques……..97
2. Discussion……...101
II. Article : Analyse comparative de l'épiderme foliaire et des caractères stomatiques chez quatre espèces du genre *Pistacia*……...106
II. 1 Résultats……108
II. 1. 1. Distribution et position des stomates dans l'épiderme……108
II. 1. 2. Forme et taille des stomates……108
II. 1. 3. Densité stomatique……...109
II. 2. Discussion……110

Conclusion générale……132
Annexe……136
Références bibliographique……139

Introduction

Introduction

L'Algérie, appartenant à la région méditerranéenne, offre à la systématique un champ d'investigation très vaste vu la multiplicité de ses écosystèmes. La flore algérienne est réputée pour sa diversité, elle compte 3139 espèces (5402 avec les sous espèces et les variétés), estimée en 1962 par Quezel et Santa. Parmi ces espèces, 1300 sont reconnues par leur faible fréquence dont 314 assez rares, 590 rares, 330 très rares et 35 rarissimes. Près de 600 espèces sont endémiques à l'Algérie (Fetati, 2000). Cependant, l'Algérie contracte un retard considérable en matière d'informations et de connaissance sur notre flore. De ce fait, il est nécessaire de cerner les problèmes auxquels la situation de la flore algérienne, sur le plan taxonomique, est affrontée. C'est pour cela la connaissance de nos ressources génétiques par l'identification des espèces et l'exploration et l'évaluation de la diversité et de la variabilité génétiques existant entre et à l'intérieur de chaque espèce est indispensable.

La sauvegarde des écosystèmes forestiers sérieusement menacés, passe nécessairement par la connaissance des exigences écophysiologiques des genres et espèces largement présents. Parmi ces genres, nous citons *Pistacia*, ce dernier joue un rôle appréciable dans la préservation de la végétation contre le processus de dégradation et de désertification, malheureusement, très peu utilisé dans les efforts de reboisement entrepris dans notre pays malgré sa rusticité. La possibilité de croitre sur des sols pauvres et sa présence sur tous les étages bioclimatiques (méditerranéen, sub-humide, humide, aride, semi-aride, saharien supérieur et inférieur) sont des caractéristiques qui le rendent intéressant quant à son utilisation dans les programmes de reforestation et de sylviculture dans les zones semi-aride et aride, notamment au niveau du barrage vert, et l'utilisation de ses espèces comme porte-greffes pour *P. vera*. En plus de sa fonction écologique, ses espèces assurent d'autres fonctions économiques et socioculturelles. Comme la production des fruits comestibles, le fourrage, la résine qui, pour peu qu'ils soient rationnellement valorisés, pourraient contribuer sensiblement au développement de l'économie locale et nationale et assurer une augmentation substantielle des revenus des populations concernées (Belhadj, 2007). Toutes les espèces du genre *Pistacia* sont également employées dans la médecine traditionnelle (Ansar, 1996 ; Bellakhdar, 1997 ; Mirzaie-Nodoushan et Arefi, 2001).

Le genre *Pistacia* L. appartenant à la famille des Anacardiacées et à l'ordre Sapindales (Zohary, 1952 ; Pell, 2004), regroupe 9 espèces et 5 sous-espèces selon les études d'Al-Saghir (2006). Tandis que l'étude monographique du genre *Pistacia* faite par Zohary (1952) montre que ce genre comprend 4 sections et 11 espèces. Les espèces sont des arbres dioïques, xérophiles, à feuilles caduques ou persistantes qui peuvent atteindre jusqu'à 8 à 10 m de hauteur. La fécondation est anémophile. Le fruit est une drupe (Al-Saghir, 2006), selon Kafkas et Perl-Treves, 2001a; Kafkas et al., 2002) Les espèces de ce genre se produisent naturellement de l'Afrique du Nord vers les Philippines, l'Honduras, le Mexique et le Texas. En Algérie, plusieurs espèces endémiques de ce genre se trouvent réparties sur le territoire. Il s'agit du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*), du lentisque (*Pistacia lentiscus*), et du pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus*). La quatrième espèce, le pistachier fruitier (*Pistacia vera*), est la seule espèce produisant des fruits comestibles.

Le genre *Pistacia* reste mal défini sur le plan systématique et écologique, ces problèmes évoqués dés 1952 par Zohary, ont ensuite été abordé en prenant en compte des caractères macromorphologiques ainsi que des éléments de micromorphologie et plus récemment en utilisant des marqueurs moléculaires (Belhadj, 2007).

Ce travail vise à établir une étude descriptive macro et micro-morphologique des 04 espèces du genre *Pistacia*, citées précédemment, provenant de sept stations localisées sous différents bioclimats, en Algérie, avec une analyse de la variabilité morphologique intra et interspécifique par l'utilisation des caractères morphologiques des feuilles dans le but d'identifier et de mieux connaitre le genre *Pistacia*, ce qui permet de conserver la diversité génétique de ses espèces autochtones qui restent méconnues, dans leur majorité et par conséquent, très peu employées dans la préservation des écosystèmes forestiers et pré-forestiers malgré leur intérêt, aussi bien écologique qu'économique.

Le présent mémoire s'articule autour de deux grandes parties après une introduction générale: une première partie, consacrée à une revue bibliographique, qui s'intéresse notamment aux généralités sur les espèces du genre *Pistacia*, leur taxonomie, leur répartition géographique ainsi que leur intérêts et utilisation (chapitre I). Dans un second chapitre, on s'est intéressé à l'étude des surfaces épidermiques foliaires. La deuxième partie (expérimentale) dans laquelle nous avons abordé en premier lieu les principales caractéristiques des stations étudiées (chapitre I) et dans laquelle nous avons décrit le matériel

et les méthodes utilisées dans le cadre de cette étude suivie des principaux résultats obtenus (chapitre II).

Le présent manuscrit est clôturé avec une conclusion générale suivie des perspectives d'étude.

PREMIERE PARTIE :

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 :

PRESENTATION DES ESPECES DU GENRE *Pistacia*

Chapitre 1: Présentation des espèces du genre *Pistacia*

Les pistachiers sont des arbres, rustiques, xérophiles, ils ne sont pas exigeants du point de vue cultural. Ce sont des espèces dioïques appartenant à la famille des Anacardiacées. Les Pistaciacées regroupent un certain nombre d'espèces d'arbres ou d'arbustes à feuilles composées pennées, persistantes ou caduques et à folioles entières et glabres (Quézel et Santa, 1963). Le genre *Pistacia* présente une répartition discontinue et il compte quatre régions phytogéographiques : irano-touranienne, méditerranéenne, mexicaine et sino-japonaise (Seigne, 1985). En Algérie, plusieurs espèces endémiques et hybrides se trouvent réparties sur le territoire (Belhadj, 1999).

1. Description, taxonomie et répartition du genre *Pistacia*

1.1. Position phylogénique et biogéographique

1.1.1. Position systématique

Les classifications horizontales, basées sur les caractères majeurs considérés successivement (clés dichotomiques) ne désignent que les ensembles se trouvant à un même niveau phylogénétique et non des unités de parenté réelle (Emberger, 1960). A partir de ces concepts on établit la diagnose de cette famille en considérant le nombre des cotylédons, les relations entre les pétales, la nature du réceptacle floral, du gynécée et de l'androcée (Alyafi, 1979).

Les Anacardiaceae sont des dicotylédones dialypétales, disciflores (réceptacle porteur d'un disque nectarifère le plus souvent intrastaminal), à gynécée supère gamocarpellé (plutôt 3 carpelles que 1-2 ou 4-5), porteur d'ovules apotropes (1 par loge) et à androcée typiquement obdiplostémone (10 étamines en 2 verticilles de 5, en alternance). Le fruit est sec ou charnu, drupacé ou bacciforme, généralement monosperme. La fleur est plutôt du type 5. La graine est le plus souvent exalbuminée. Des canaux sécréteurs schizogènes à oléorésines existent fréquemment dans le liber (Alyafi, 1979). Si l'on se réfère à Emberger (1960), la famille des Anacardiacées est divisée en cinq sous-familles :

- **Mangiférées :** 1-5 carpelles unis, parfois libres ; styles souvent latéraux, gynophore fréquent ; étamines en un ou plusieurs cycles ou seulement au nombre de 1 à 4 ; ovule basilaire. Feuilles toujours simples. Genres *Mangifera* BURNM., *Anacardium* L., *Melanorrhoea* WALL.

- **Spondiées :** 4-5 carpelles plus ou moins unis, rarement plus ou seulement 3, avec 1 ovule suspendu par carpelle. Feuilles souvent pennées. Genre *Spondias* L.
- **Rhoidées :** 3 carpelles, mais une seule loge fertile. Ovaire supère. Genres *Pistacia* L., *Trichoscypha* HOOK., *Parishia* HOOK., *Schinus* L., *Cotinus* TOURN., *Heeria* MESSN., *Rhus* L.
- **Semecarpées :** 3 carpelles, une seule loge fertile. Ovaire au fond d'un réceptacle plus ou moins creux ou infère, ovule suspendu. Genre *Semecarpus* L.
- **Dobinées :** Fleurs femelles nues. Feuilles simples, opposées. Genre *Dobinea* Ham.

Les principes actuels de classification phylogénétique varient selon les auteurs (Zohary, 1952 ; Emberger, 1960 ; Takhtajan, 1980 ; Deysson, 1982 et Guignard, 1998). Le rangement des espèces au niveau de la famille ne pose pas de problème. Par contre le classement au niveau de l'ordre ou d'unités supérieures, apparaît artificiel, pour une partie au moins des caractères. D'un point de vue systématique, la limite des Anacardiacées est difficile à établir, jusqu'à récemment, les Anacardiaceae ont été groupé dans la famille des Térébinthacées (Belhadj et al., 2011). La majorité des auteurs (Hutchinson, 1959 ; Gaussen et al., 1982 ; Guignard, 1998) classent la famille des Anacardiacées dans l'ordre des Sapindales. Toutefois Emberger (1960) la classe dans celui des Thérébinthales (Fig. 1). Par ailleurs, Takhtajan (1980) considère que cette famille appartient à l'ordre des Rutales et à la sous-classe des Rosidae. Elle semble être proche des familles des Saxifragacées, des Rhamnacées, des Rosacées, des Mimosacées et des Papilionacées. Enfin, Deysson (1982) considère les Anacardiacées comme une sous-famille qu'il réunit avec les Burseracées pour former la famille des Térébinthacées appartenant à l'ordre des Rutales ou des Térébinthales. Cronquist (1981) et Gaussen et al. (1982), repositionnent les Anacardiacées dans l'ordre des Sapindales et dans la sous-classe des Rosideae, du fait de la présence d'un ovule de type apotrope à ovaire super et à disque nectarifère anciennement appelées les Disciflores. Toutefois, la dioécie et la présence de fleurs nues chez *Pistacia* fait de ce dernier un genre singulier des Anacardiacées que ces auteurs classent comme une famille à part nommée : Pistaciacées. Dans cette dernière subdivision, il regroupe entre autres les Rutales, les Géraniales, les Térébinthales, les Sapindales, les Célastrales et les Rhamnatales (Guignard, 1998).

Depuis Zohary (1952), plusieurs méthodes ont été utilisées pour identifier les espèces du genre *Pistacia* et de statuer leur relation phylogénétique. Jusqu'à lors, l'analyse phylogénétique du genre a été entreprise via divers marqueurs. Les caractéristiques morphologiques des feuilles et des fruits ont été les plus utilisés. En se basant sur ces caractéristiques, les premières études concernant la classification du genre *Pistacia* a permis de lister 8 espèces et quelques sous espèces (Parfitt et Badenes 1997; Golan-Goldhirsh et al. 2004; Ahmad et al. 2005; Al-Saghir 2010). Zohary (1952), subdivisa le genre en 4 sections et 11 espèces. De même, la classification du genre *Pistacia* est sujette à controverses à cause des erreurs de nomenclature, du polymorphisme et de l'existence de plusieurs hybrides (Belhadj et al., 2011).

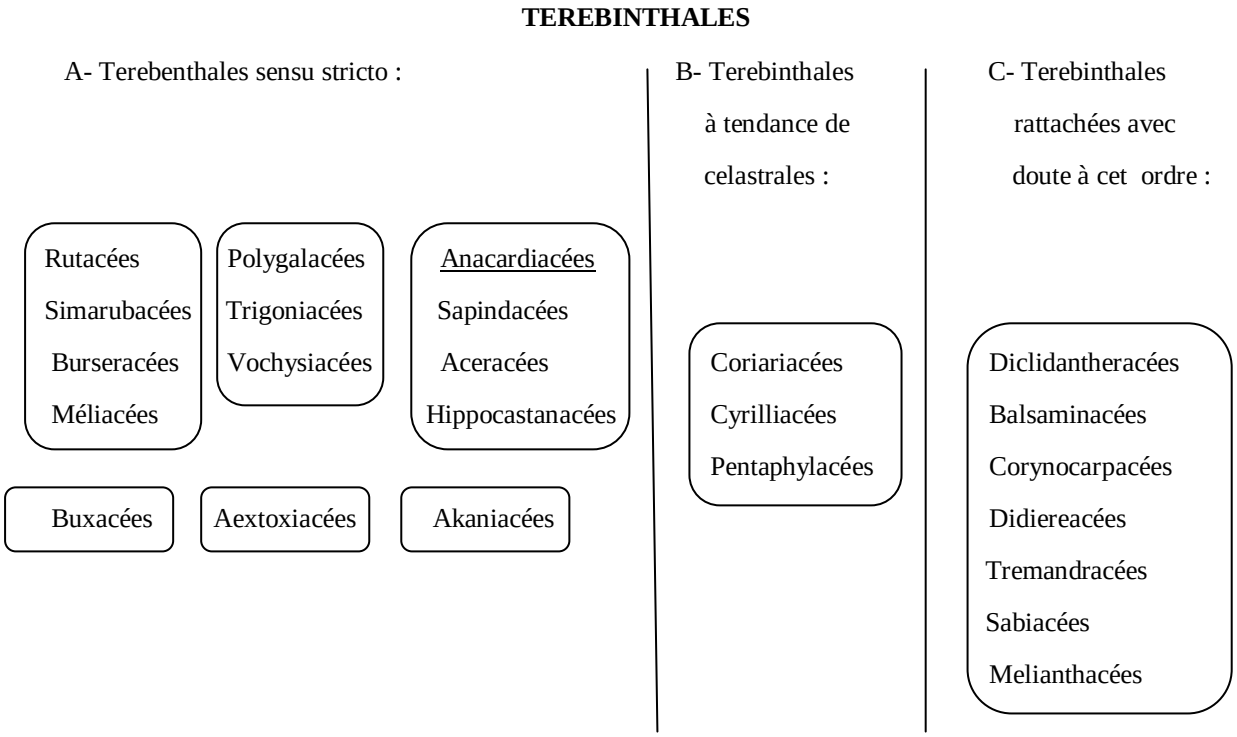


Fig. 1. Les familles de l'ordre Terebinthales d'après Emberger (1960).

1.1.2. Position biogéographique

Selon Alyafi (1979), les genres qui constituent la famille des Anacardiaceae ont en quasi-totalité une aire de distribution tropicale ou subtropicale (Fig. 2). Dans cette famille, le genre *Pistacia* est le seul dont la plupart des espèces sont localisées dans les régions méditerranéennes, circumméditerranéennes et tempérées. Par ailleurs, le genre *Rhus* (2 taxons sur 150), *Cotinus* (1 taxon sur 2) et *Schinus* (1 taxon introduit) sont présents en région méditerranéenne. D'après Good (1952 in Alyafi, 1979), la famille des Anacardiaceae**,** comme la majorité des familles végétales est d'ascendance tropicale. Toutefois, en fonction de la zonation du climat, trois taxons seulement ont actuellement une aire typiquement tropicale : *Pistacia weinmannifolia* POISSON, *Pistacia lentiscus* L. var. *emarginata* ENGL. et *Pistacia mexicana* H.B.K. ; *Pistacia chinensis* BGE., s'étend des régions tropicales aux régions subtropicales du Sud-Est Asiatique. Les autres espèces qui ont une aire de répartition géographique méditerranéenne et circumméditerranéenne, occupent une place très importante dans les formations pré-forestières et forestières.

Du point de vue phytogéographique, trois espèces sont considérées par tous les auteurs comme méditerranéennes : *Pistacia lentiscus* L., *Pistacia terebinthus* L**.** et *Pistacia palaestina* BOISS. Toutes les autres espèces (P. *vera* L., P. *khinjuk* STOCKS, *P. eurycarpa* YALT., *P. mutica* F. & M. et *P. cabulica*) sont considérées comme des éléments irano-touraniens ; quant à *P. atlantica* Desf., les avis sont partagés. Ce taxon est considéré soit comme un élément irano-touranien qui a pénétré en Afrique du Nord (Zohary, 1973), soit comme un élément saharo-sindien par Emberger (1945), soit comme endémique Nord-africain par Quézel et Santa (1963).

On retrouve quatre espèces de ce genre en Algérie, trois autochtones : *P. lentiscus* nommé « Dherou » en arabe, largement distribué dans le tell et associé au Pin d'Alep, au Chêne vert et au chêne liège; *P. terebinthus* nommé « Kiffan elbetoum » en arabe et « Hejji » en kabyle, on le rencontre en association avec le Pin d'Alep et le chêne vert ; *P. atlantica* Desf. « Betoum », en association avec le jujubier et le Pin d'Alep. La quatrième espèce, *P. vera,* est une espèce introduite et sub-spontanée, originaire d'Iran et d'Inde. En plus de ces quatre espèces, on peut rencontrer en Algérie, les hybrides de *P. lentiscus* x *P. terebinthus* ou de *P. lentiscus* x *P. saportae* Burnat, qui est une espèce très affine à *P. lentiscus,* dans la région de Mouzaia (Zohary, 1952 ; Quézel et Santa, 1963 ; Belhadj, 2007).

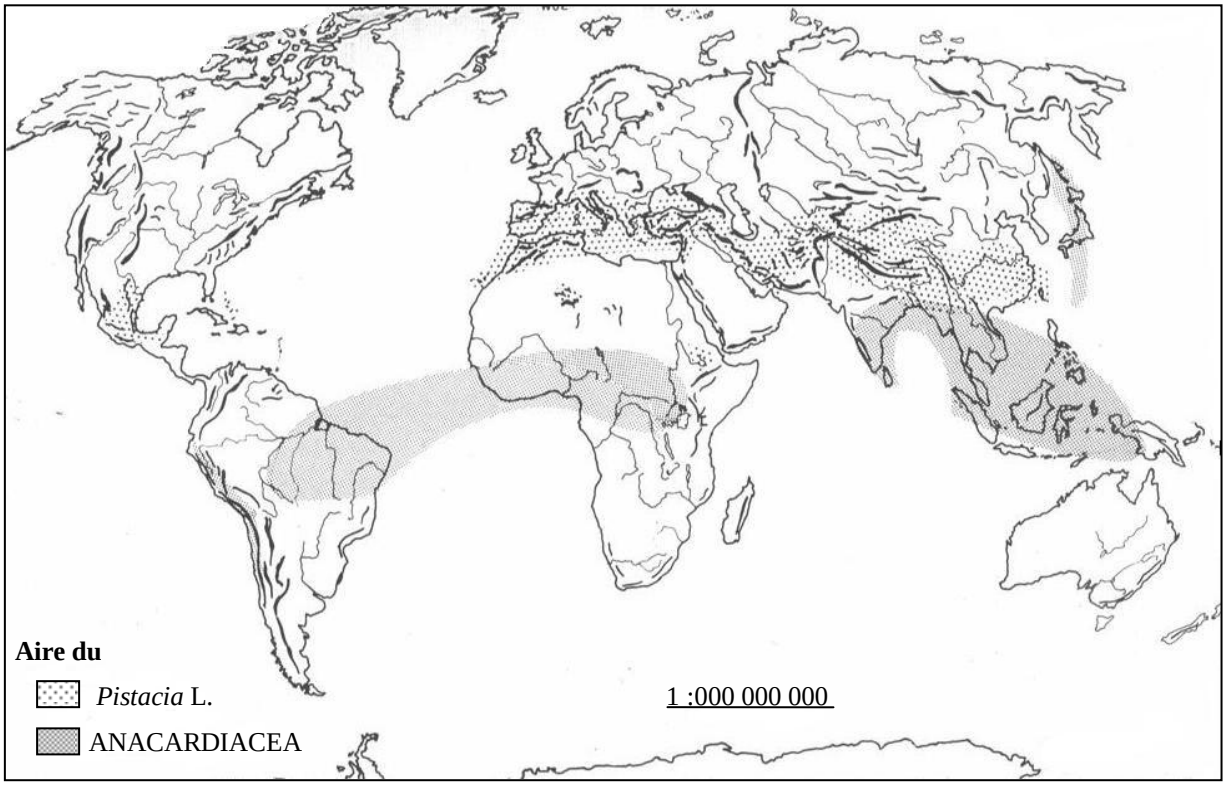


Fig. 2. Aire de répartition des Anacardiaceae du genre *Pistacia* d'après Alyafi (1979).

1.2. Description et taxonomie du genre *Pistacia*

1.2.1. Systématique et historique du genre

D'après Emberger (1960), et Spichiger et al, (2000 in Belhadj, 2007), le genre *Pistacia* appartient à l'ordre des Térébinthales, la famille des Anacardiacées et la sous-famille des Rhoïdées (Anacardiées).

Selon (APGII, 2003) et Thorne et Reveal (2007), la phylogénie du genre *Pistacia* est la suivante :

- Division: Angiospermes
    - Classe : Eudicots
    - Sous-classe : Core eudicots
        - Super-ordre : Rosids

- Sous-ordre : Eurosids II
- Ordre : Sapindales Dumort. (1829) (Thorne et Reveal, 2007)
  - Famille : **Anacardiaceae** R.Br.(1818) (Thorne et Reveal, 2007) ou **Pistaciaceae** Martinov (1820) (Thorne et Reveal, 2007) ou **Terebinthaceae** Juss. (1789) (Thorne et Reveal, 2007).
  - Sous-famille **Anacardioideae** Link (1831) (Thorne et Reveal, 2007) ou **Pistacioideae** Burnett (1835) (Thorne et Reveal, 2007).
    - Genre : *Pistacia*,

Selon (APG III, 2009), la plus récente classification botanique du genre *Pistacia* est la suivante :

- Royaume : Chlorobionta
  - Embranchement : Charophyta
  - Subembranchement : Streptophytina
    - Classe : Equisetopsida
    - Subclasse : Magnoliidae
      - Superordre : Rosanae
      - Ordre : Sapindales
        - Famille : Anacardiaceae
          - Genre : *Pistacia*

Cependant cette classification subit encore de nos jours des remaniements et est sujette à controverses.

Le concept du genre *Pistacia* est du à Linne (1737 in Alyafi, 1979) qui lui subordonne en tant qu'espèces deux genres décrits par Tournefort en 1717 (*Lentiscus* et *Terebinthus*) dont il était déjà connu trois espèces, la dernière étant non valablement publiée *Lentiscus vulgaris*, *Terebinthus vulgaris* et *Terebinthus vulgaris* (Alyafi, 1978). En 1753, Linne reconnaît cinq espèces, *Pistacia trifolia* L., *Pistacia narbonensis* L., *Pistacia vera* L., *Pistacia terebinthus* L. et *Pistacia lentiscus* L. En 1825, dans son prodrome de la monographie des phanérogames, Candolle ajoute aux espèces précitées du genre *Pistacia* deux nouvelles, *Pistacia mexicana*

H.B. Kunth (1825) et *Pistacia atlantica* Desfontaines (1797). En 1869, dans une révision de la famille des Anacardiacées, Marchand inclut dans le genre *Pistacia* quatre autres espèces *Pistacia chinensis* Bge., *Pistacia mutica* Fish. et Meyer, *Pistacia khinjuk* Stocks et *Pistacia palaestina* Boiss. En 1883, une monographie d'Engler ne retient que 8 des 11 espèces précitées. On note que cet auteur confirme une synonymie déjà proposée par Linne, et que pour lui *Pistacia narbonensis* serait un hybride entre *Pistacia vera* et *Pistacia terebinthus* ; enfin, il considère que *Pistacia palaestina* est une sous-espèce de *Pistacia terebinthus.*

Le genre y est subdivisé en deux ensembles, l'un monospécifique correspondant à l'espèce *Pistacia mexicana* (à 11-13 paires de folioles), l'autre englobe les 7 autres espèces (à 1-4 paires de folioles, rarement 5). Après le travail d'Engler (1883)**,** il a été décrit plusieurs espèces avant que Zohary (1952) ne présente la deuxième étude monographique du genre. Celle-ci est basée sur un cloisonnement en quatre sections, suivant les caractéristiques des feuilles, des fleurs et des fruits ainsi que la forme des pétioles, à savoir :

- section *lentiscella* Zoh. : elle regroupe les espèces à folioles semi-persistantes, imparipennées (6 à 20 paires). Elle englobe les espèces américaines telles que *Pistacia mexicana* HBK et *Pistacia texana* Swingle ;
- section *Eu-lentiscus* Zoh.: elle rassemble les espèces à folioles persistantes, paripennées (2 à 7 paires) : *Pistacia lentiscus* L, *Pistacia saportae* Burnat et *Pistacia weinmannifolia* Poisson ;
- section *Butmela* : englobe les espèces à folioles caduques et imparipennées (2 à 5 paires) qui présentent des graines entourées d'un endocarpe comme *Pistacia atlantica* Desf. ;
- section *Eu-Terebinthus* Zoh. : regroupe les espèces dont les folioles sont caduques, pari ou imparipennées (1 à 5 paires) et la graine est recouverte d'un endocarpe telle que: *Pistacia terebintus* L., *Pistacia palaestina* Boiss., *Pistacia khinjuk* Stocks, *Pistacia vera* L. et *Pistacia chinensis* Bunge.

Depuis Zohary, divers travaux de systématique de moins grande ampleur ont été publiés. En 1967, Yaltirik étudie *Pistacia atlantica* var. *Kurdica* Zohary et propose à son sujet une nouvelle combinaison spécifique, *Pistacia eurycarpa* Yaltirik. La même année (1967), dans un travail sur les Pistachiers de Turquie, il fait figurer une clé de détermination pour six espèces. En 1969, Rechinger établit la nouvelle combinaison *Pistacia atlantica*. subsp. *Kurdica* (Zoh.) Rechinger. En 1972, Zohary distingua 5 espèces de *Pistacia* en Israël.

Dans ce même pays, Grundwag et Werker (1976), ont décrit l'anatomie du bois des espèces de *Pistacia*, Dong et Baas (1993) ont réalisé une étude similaire en Chine. Alyafi (1978) a subdivisé *Pistacia atlantica* en 4 sous-espèces selon la morphologie de la feuille. Kokwaro et Gillet (1980), ont décrit une nouvelle espèce dans la région Est-africaine nommée *P. aethiopica* Kokwaro en se référant à la morphologie de la feuille et la taille de l'arbre. Ces mêmes auteurs considèrent cette espèce (*P. aethiopica* Kokwaro) comme synonyme de *P. lentiscus* var. *emarginata* Engl, ou une variété de *Pistacia atlantica*.

Les études moléculaires sur le genre *Pistacia* sont nombreuses ; Parfitt et Badenes (1997) étaient les premiers à mettre en place une classification de 10 espèces de *Pistacia* au niveau moléculaire, et la caractérisation de ces espèces est basée sur le profil de 1' ADN des chloroplastes. Ils subdivisent le genre *Pistacia* en deux sections :

- Terebinthus avec 6 espèces: *P. vera, P. khinjuk, P. atlantica, P. integerrima, P. chinensis* et *P.terebinthus ;*
- Lentiscus avec 4 espèces: *P. mexicana, P. texana, P. weinmannifolia, P. lentiscus*.

Kafkas et al., (2002), mis en évidence des relations interspécifiques entre les espèces du genre *Pistacia* en se basant sur l'analyse des RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). Golan-Goldhirsh et al. (2004), ont procédé à l'étude des relations existant entre les espèces du genre *Pistacia* en Méditerranée sur le plan génétique en utilisant les marqueurs moléculaires RAPD et ALFP (amplified fragment length polymorphism). En Algérie, Belhadj et al. (2007a ; 2007b ; 2008 ; 2011), a procédé à l'étude du comportement adaptatif de *Pistacia atlantica* vis-à-vis de l'environnement en se basant sur les caractères macro- et micro-morphologiques des feuilles, des fruits, des stomates et des pollens.

1.2.2. Description botanique du genre *Pistacia* et clé des espèces

1.2.2.1. Caractères généraux

1.2.2.1.1. Appareil végétatif

Le genre *Pistacia* regroupe une dizaine d'espèces d'arbres et d'arbustes, avec de la résine turpentine, non épineux (Ozenda, 1983 ; Zohary, 1987). Toutes les espèces de ce genre sont dioïques, donnant des populations hétérozygotes. Néanmoins, des conditions environnementales sévères imposent une uniformité phénotypique, et génétiquement, différents semis peuvent se ressembler (Maggs, 1973 in Belhadj, 2007). Le genre *Pistacia* est

caractérisé par des feuilles alternes, persistantes ou caduques, pari- ou imparipennées, rarement trifoliées ou simples, membraneuses ou épaisses. Le nombre de folioles varie de 2 à 6 paires (Fig. 3). Le rachis des feuilles et le pétiole sont parfois élargis et aplatis pour former une expansion verte comme une aile ; ce caractère est très important pour l'identification des espèces. Ces ailes foliaires se prolongent le long du pétiole chez *P. lentiscus* et *P. atlantica* mais l'aile chez *P. atlantica* est moins développée que chez *P. lentiscus*. La texture des folioles est également un caractère très important dans l'identification des espèces ; *P. lentiscus* a des folioles cirées et épaisses en comparaison avec les autres espèces, tandis que les folioles de *P. palaestina* sont minces avec des nervures claires (El- Oqlah, 1996).

1.2.2.1.2. Appareil reproducteur

Les caractères floraux pourraient être employés comme outil diagnostique dans l'identification des espèces. Chez le genre *Pistacia*, les fleurs sont unisexuées 5-mères (0 à 5 pétales et 5 étamines) avec un ovaire à 3 carpelles uni-ovulés (Quézel et Santa, 1963 ; El-Oqlah, 1996). Le fruit est une drupe, plus moins succulente, ou sèche à noyau (Quézel et Santa, 1963), monosperme à endocarpe osseux. Les fruits sont de la grosseur d'un pois, se rident en séchant, l'épiderme est sur un endocarpe dur mais mince contenant deux cotylédons exalbuminés (Monjauze, 1980).

La germination des graines des espèces du genre *Pistacia* est assez difficile ; son taux et sa vitesse peuvent être améliorés avec une stratification des semences au froid humide avant leur mise en germination (Belhadj, 2007).

1.2.2.2. Aspects physiologiques

Les espèces du genre *Pistacia* sont dioïques et à pollinisation anémophile avec alternance dans la production. Le genre est caractérisé par la production de fruits vides soit par avortement de l'embryon ou par parthénocarpie, variable selon les variétés et les conditions climatiques (Jordano, 1989; Verdu et Gracia-Fayos, 1998 ; Mirzaie-Nodoushan et Arefi, 2001; Ôzeker et al., 2006). La déhiscence du fruit est un caractère recherché chez les espèces cultivées, il est variable suivant les variétés et les conditions de culture (Vargas, 1994).

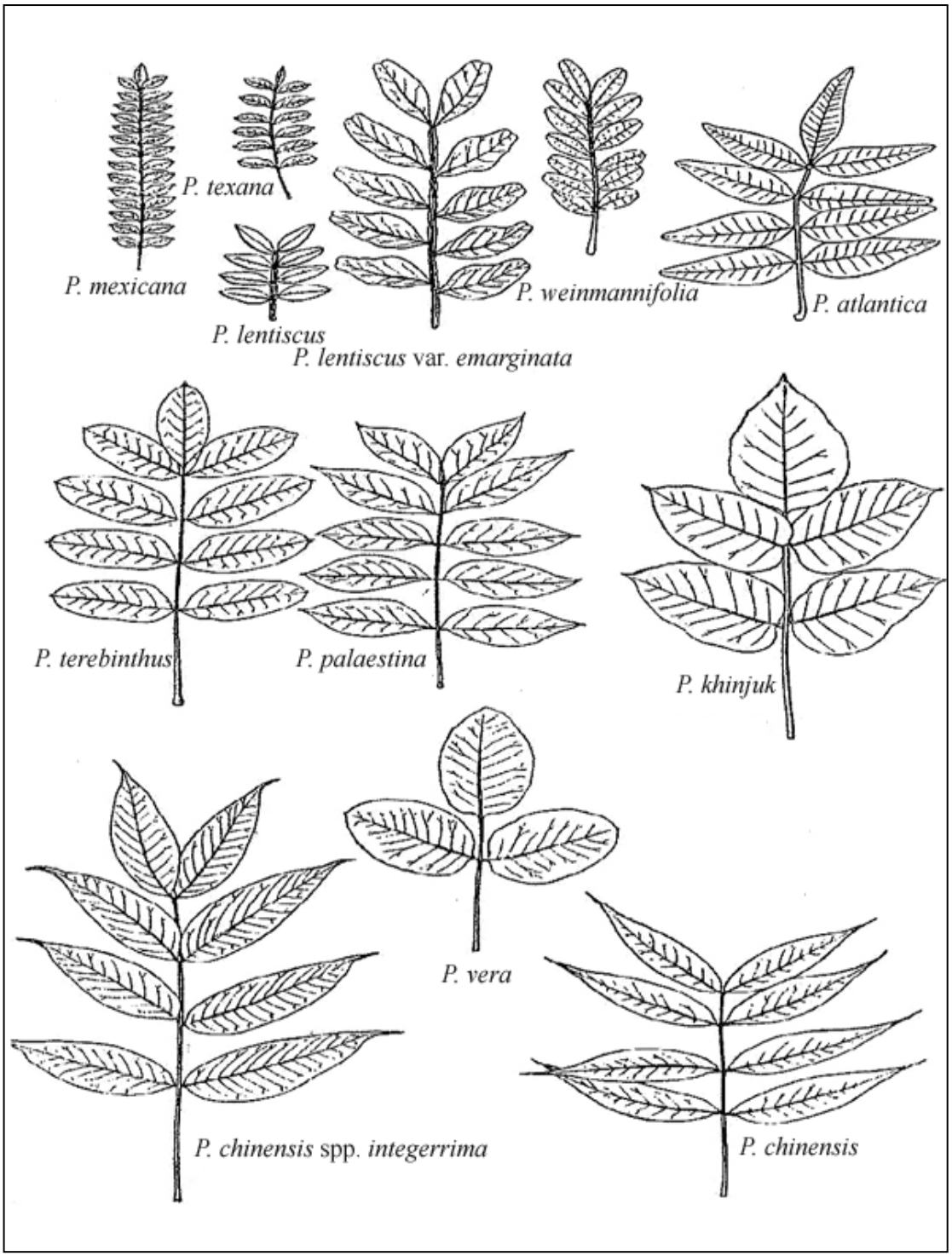


Fig. 3. Différents types de feuilles dans le genre *Pistacia* d'après Zohary (1952).

1.2.3. Clé des espèces du genre *Pistacia* (selon Zohary, 1952)

1. Feuilles imparipennées, 6-20 paires, folioles petites (15-25mm. Long), très obliques, aigues, mucronées, non acuminées ; espèces américaines 2

- Feuilles pari- ou imparipennées ; folioles plus grandes que précédemment et moins nombreuses ; espèces de l'ancien monde 3

2. folioles 6-8 paires ***P.***texana Swingle

folioles 8-20 paires ***P. mexicana*** H.B.K.

3 (1) Rachis ailé 4

- Rachis non ailé 7

4. Fleurs femelles en racèmes fascicules ; folioles persistantes, coriaces, mucronées ou retuses-emarginées 5

- Fleurs femelles en panicules. Feuilles caduques, folioles obtuses, mutiques

***P. atlantica* Desf.**

5. Mésocarpe charnu, endocarpe osseux 6

- Mésocarpe fin, endocarpe coriace ***P. weinmannifolia* Boiss.**

6. Feuilles paripennées ***P. lentiscus* L.**

- Feuilles imparipennées ; foliole terminale plus petite que le reste des folioles

***P. saportae* Burnat**

7 (3). Foliole terminale toujours présente, aussi longue ou plus longue que les autres folioles 8

- Foliole terminale absente ou très réduite dans la taille, ... 10

8. Folioles à nervures réticulées, 1-2 (3) paires, 2.5- 7 (10) cm, fruit large de 1cm de long ou plus

***P. vera* L.**

- Folioles pas comme ci-dessus, fruit plus petit 9

9. Folioles 4-6 paires à apex obtus ou aigu, mucronées parfois acuminées, espèces méditerranéenne occidentale ***P. terebinthus* L.**

- Folioles 1-3 (4) paires, longues ou courtes, acuminées, espèce irano touranienne

***P. khinjuk* Stocks**

10 (7). Folioles longuement acuminées à cuspides, très obliques, parfois subfalquées, souvent 4-5 fois plus longues que larges ***P. chinensis* Bge.**

- Folioles pas comme ci-dessus 11

11. Folioles brusquement et longuement acuminées, 7-10cm de long, apex subfalqué, espèce du Nord- Ouest de l'Inde. ***P. chinensis* Bge var. *integerrima* (Stewart) Zoh.**

- Folioles graduellement acuminées (ou pas), 3-6cm de long ; espèce de la Méditerranée orientale

***P. palaestina* Boiss.**

2. Description, taxonomie, répartition et écologie des différentes espèces étudiées

2.1. *Pistacia atlantica*

2.1.1. Systématique de l'espèce

Selon Trabut (1967), le nom du pistachier diffère d'une région à une autre (Betoum et bettam). Cet arbre s'appelle tisemlal en langue berbère et b 'toum en arabe. B 'toum est un nom collectif. Au singulier on dit el botma et el botmaia selon les régions. Cette espèce, l'une des caractéristiques des hautes latitudes sahariennes, est connue aussi par les nomades sous le nom de Btom ou Dejig (Sitouh, 1988). Il existe aussi d'autres appellations comme, btem, igg, ijj, atnu au Maroc (El Oualidi et al., 2004).

P. atlantica a été étudié par de nombreux taxonomistes comme Zohary (1952) et Rechinger (1969), qui considèrent cette espèce comme seul représentant de la section *Butmela* où les taxons sont difficilement différenciés par les caractères morphologiques foliaires uniquement car les individus d'un même taxon peuvent présenter des caractères intermédiaires, on les différencie par le nombre de folioles et leur dimension (Alyafi, 1978).

La morphologie de la feuille (forme, nombre, taille et orientation des folioles) a été utilisée comme premier caractère morphologique dans la classification des espèces de *Pistacia* ; les caractéristiques du fruit et de la graine ont également été utilisées ainsi que la forme des pétioles. Zohary (1952) avait classé ainsi *P. atlantica* en 4 variétés éco-géographiques :

- *P. atlantica* variété *Latifolia*, présente dans le Caucase, l'Arménie, le Nord de la Turquie et de l'Iran ;
- *P. atlantica* variété *Cabulica*, présente au Pakistan, Afghanistan et au Sud de l'Iran ;
- *P. atlantica* variété *Kurdica*, présente dans la région de Zagros Ouest de l'Iran, au Sud de la Turquie, en Syrie et en Israël ;
- *P. atlantica* variété *atlantica*, présente au Maghreb (Monjauze 1968 ; Zohary 1996).

Les trois premières variétés (*cabulica*, *latifolia* et *kurdica*) ont été élevées au rang d'espèce respectivement, *P. cabulica* Stocks, *P. mutica* Fisch. & Mey et *P. eurycarpa* Yalt. (Belhadj et al., 2008). La variété *atlantica* possède de petites feuilles et est phénotypiquement très variable. Selon Monjauze (1982), il existe en Algérie, dans la région des dayas, une variété à fruits ronds et noirs qui ressemblent à ceux de la variété *kurdica*. De même, Zohary (1952), signala la présence prés de Constantine et de Tlemcen, d'une variété dont les feuilles

et les fruits sont plus larges que ceux de la variété *atlantica*, ressemblant à ceux de la variété *latifolia* (Belhadj et al., 2008).

2.1.2. Caractéristique botanique de l'espèce

Le pistachier de l'Atlas est un arbre qui atteint en moyenne 10 m de hauteur. Monjauze (1980), a signalé au niveau de la région de Sfisef des sujets pouvant atteindre 18 à 20 m de hauteur et qui présentent des tiges de 02 m de diamètre à hauteur de poitrine et ce pour un âge qui ne dépasserait guère les 300 ans (Fig. 4). Le bois de *P. atlantica* est un bois lourd, peu résiliant et de bonne conservation. Son aubier jaunâtre peu épais succède à un bois de cœur brun flammé. Bois d'artisanat capable de remplacer l'ébène, il est surtout un excellent bois de chauffage et de carbonisation. Les jeunes rameaux sont couverts de nombreux points en saillie plus claire que l'écorce (Lapie et Maige, 1914 ; Monjauze, 1980).

2.1.2.1. Les feuilles

Chez *P. atlantica*, les feuilles sont composées imparipennées, renfermant 3 à 4 paires ou 3 à 5 paires de folioles (Meikle, 1977 ; Monjauze, 1980). Elles mesurent entre 8 et 20cm de long (Boulos, 2000). Les arbres de Syrie diffèrent de ceux d'Afrique du Nord par leurs folioles moins nombreuses, 2 à 3 paires au lieu de 4 à 5 (Mouterde, 1970). Les folioles sont rhomboïdales, avec leur plus grande largeur au tiers inférieur du limbe, dépourvues de dentelure et ont leurs extrémités, avec le mucron apical très petit, voire en position surbaissée ou tout à fait absent (Monjauze, 1980). Elles sont un peu coriaces (Mouterde, 1970) de forme très variables : lancéolées, ovoïdes-oblongues parfois orbiculaires-ovoïdes (Yaltirik, 1967; Jafri et ElGadi, 1978 ; Tutin et al., 1981; Zohary, 1987) de dimension variable entre 2.5-8 x 0.8-2.2cm, 2-4.5 x 0.5-1.8cm, 2.5-6 x 0.5-1.5cm ou 2.5-7 x 0.6-2cm et 2-6 x 0.5-1.05 (Davis, 1967 ; Jafri et El-Gadi, 1978 ; Monjauze, 1980 Zohary, 1987 ; Khaldi et Khodja, 1996) (Fig. 5). Le pétiole mesure entre 3 à 5cm de long, distinctement aplati à la partie supérieure, non ailé (Meikle, 1977). Selon de nombreux auteurs (Négre, 1962 ; Yaltirik, 1967 ; Mouterde, 1970; Jafri et ElGadi, 1978 ; Tutin et al., 1981 ; Zohary, 1987), le rachis est aplati et ailé, ou à peine ailé ou encore ailé uniquement vers l'apex. Le pétiole et le rachis seraient étroitement ailés selon Monjauze (1980). Les feuilles de *P. atlantica*, présentent des poils presque microscopiques, sur la marge des folioles, courbés vers l'apex, et parallèles entre eux. Cependant, en Algérie, certains spécimens en sont dépourvus (Monjauze, 1980).

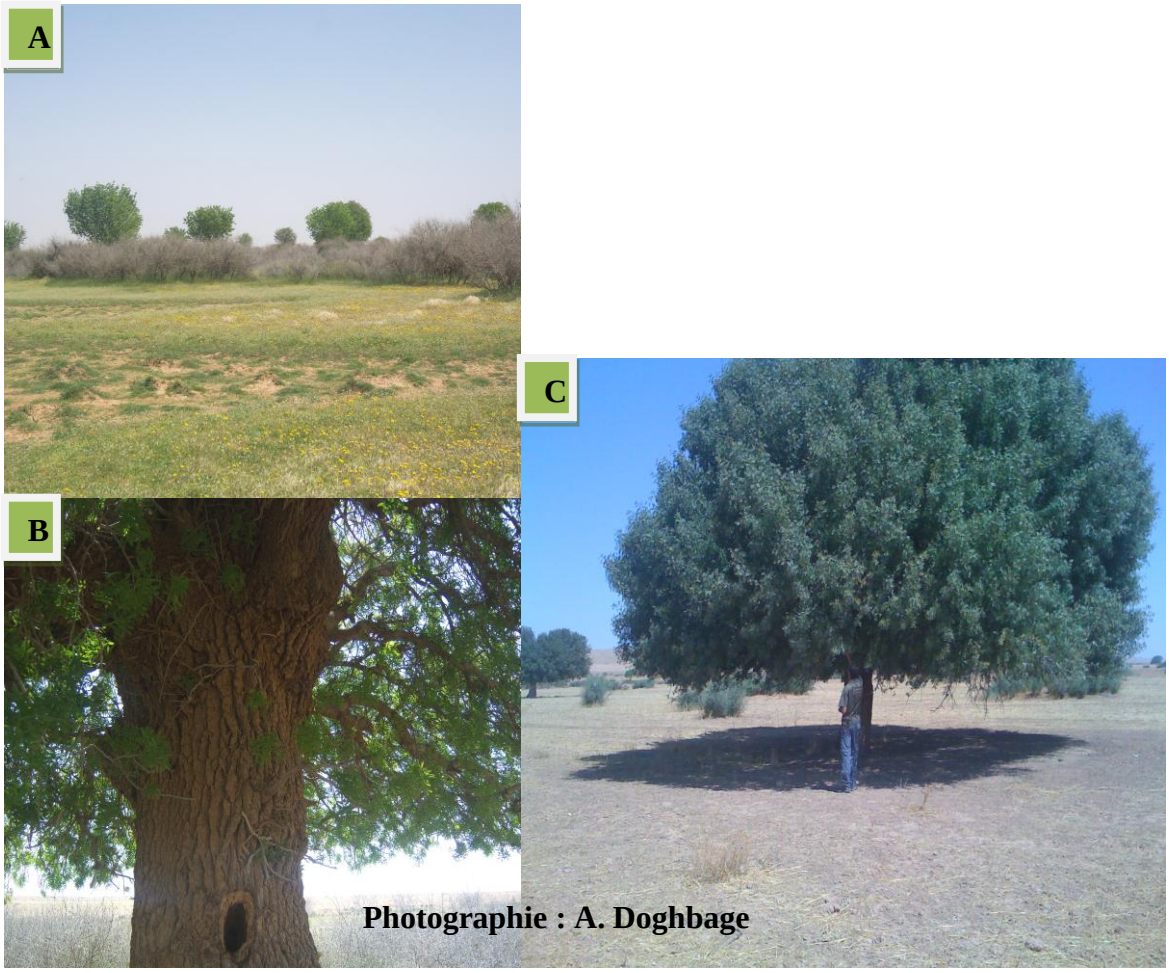


Fig. 4. Allure générale de l'arbre de *P. atlantica*.

A : station de Mesaad (Juin 2009) ; **B, C :** station d'Elmergueb (Septembre 2009).

2.1.2.2. Les fleurs et floraison

El Oqlah (1996) caractérisa *P. atlantica* ssp. *atlantica* par une fleur mâle comportant 5 étamines dont les anthères sont souvent larges avec un court bec au niveau de l'apex. Alyafi (1979) rapporta que la pollinisation est anémophile. Selon Grundwag (1976), la floraison des fleurs mâles se fait deux à quatre semaines avant le débourrement végétatif, tandis que chez les individus femelles elle serait plus tardive. La floraison débute vers le mois d'avril (Daget et Godron, 1974).

Les grains de pollen du genre *Pistacia* ont fait l'objet d'étude par divers auteurs. D'après Haddad (1969), ils se présentent avec une structure périporée ou stéphanoporée. Le tectum,

selon Monjauze (1980), est formé des mailles dentelées hexagonales sur un pédicelle espacé. El Oqlah (1996) décrit ce pollen de format sphéroïde avec des dimensions de 20 à 36 µm composé d'une exine à infratectum entouré d'ornementation réticulaires. Selon Belhadj (2007b), le grain de pollen de *P. atlantica* est uniformément sphéroïdal à sphéroïdal prolate pantoaperturé. L'ornementation de son exine est réticulée.

2.1.2.3. Les fruits

Les fruits sont appelés *ElKhodiri* ou *Godeim* par les populations riveraines en Algérie, à cause de la prédominance de la couleur vert foncé à maturité (Belhadj, 1999). Ozenda (1977) décrit le fruit de *P. atlantica* comme une drupe monosperme mesurant 6 à 8 mm de long et 5 à 6 mm de largeur, de couleur rougeâtre. Par ailleurs, Alyafi (1979) le décrit comme un fruit à endocarpe osseux et un mésocarpe sec plus ou moins plissé. Les fruits du pistachier de l'Atlas sont largement récoltés dans les zones désertiques et vendues dans les localités avoisinantes pour la consommation (Zohary, 1996). En Algérie, ils sont vendus au marché traditionnel à prix variable (environ 300 Da/ Kg).

La graine du pistachier de l'Atlas est d'une taille très petite et présente une germination difficile, la semence est trop huileuse et se conserve difficilement dans la nature; même mise en cave et stratifiée dans le sable, elle ne peut garder son pouvoir germinatif plus d'un an ; en chambre froide, ce pouvoir germinatif peut subsister plusieurs années (Boudy, 1955 ; Monjauze, 1980). A contrario, Khellil et Khellal (1980) affirmèrent que les graines du pistachier de l'Atlas perdent leur faculté germinative après seulement quelques mois de conservation en milieu frais.

2.1.3. Caractéristique anatomiques de *P. atlantica*

Les études anatomiques concernant le pistachier de l'Atlas sont rares néanmoins quelques contributions ont été menés par divers auteurs. El Oqlah (1996) nota que les coupes anatomiques de la feuille de *P. atlantica* présentent une structure simple. La feuille est entourée d'une seule assise épidermique supérieure et inférieure accompagnée directement d'une assise de cellules hypodermiques. Le mésophylle est composé en majorité d'un parenchyme palissadique accompagné de deux à trois cellules de parenchyme spongieux. Les coupes réalisées sur les tiges de la même espèce ont permis d'observer une organisation similaire à la feuille à l'exception de la présence d'une épaisse couche de cuticule et de cristaux d'oxalate de calcium au niveau des cellules épidermiques de la tige. Quant aux

vaisseaux, ils sont généralement de forme ovale et rarement circulaire avec des perforations simples.

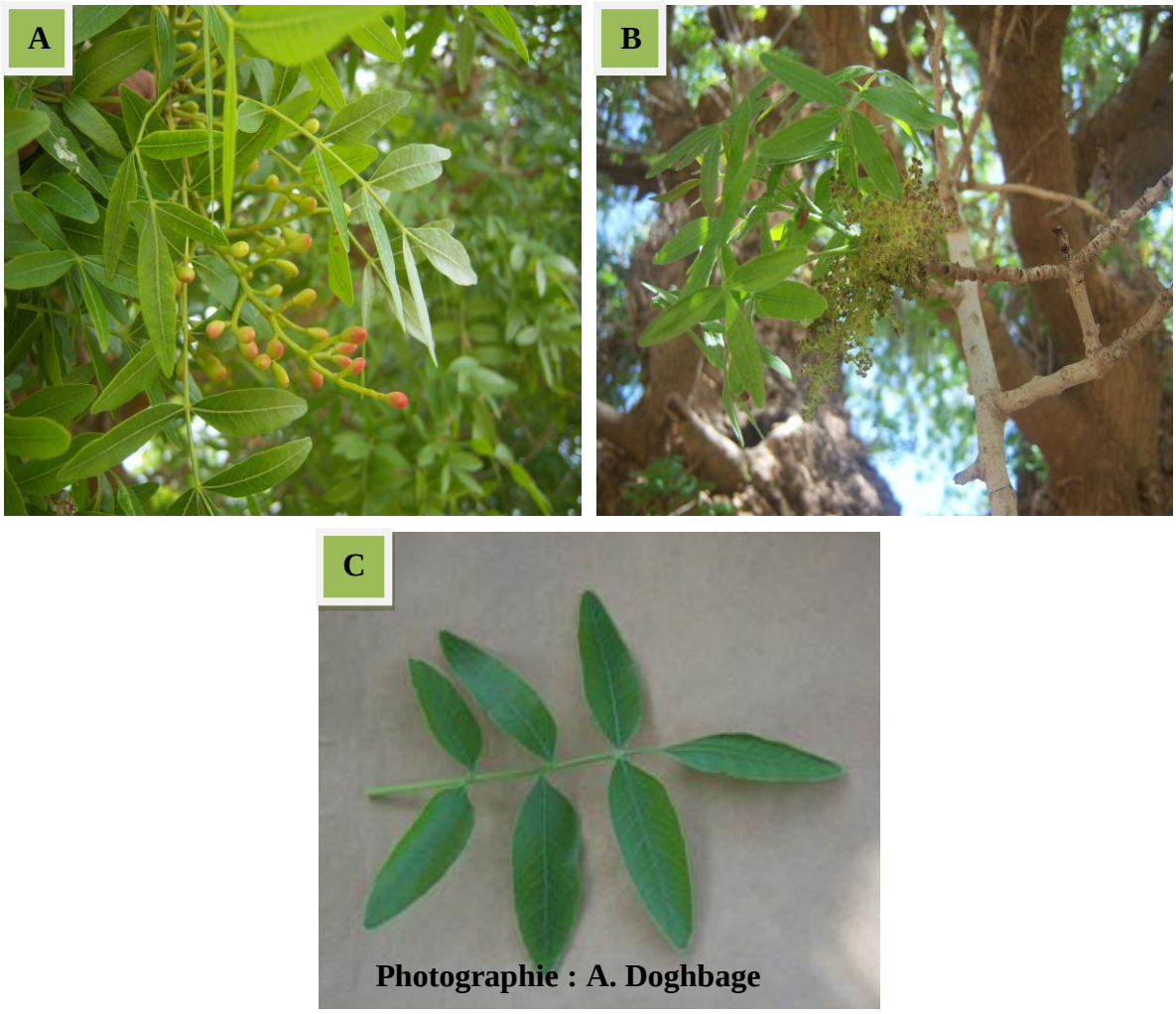


Fig. 5. Fruits **(A)**, fleurs **(B)** et feuilles **(C)** de *P. atlantica* dans la région de Mesaad (Juin 2009).

2.1.4. Caractéristiques écologiques

Le bétoum ou *P. atlantica* ssp. *atlantica* (sensu var. *atlantica*) est caractérisé par sa résistance au climat rigoureux (froid, longues périodes de sécheresse...), son adaptation aux sols pauvres et ses qualités fourragères (Monjauze, 1980); il est présent spontanément sous diverses conditions écologiques. C'est une espèce xérophytique qui constitue l'essentiel des formations forestières steppiques, des savanes des parcs forestiers et pénètre même dans les

environnements semi- désertiques (Zohary, 1996). Selon Zohary (1952), *P. atlantica* est une essence forestière qui remonte dans les forêts de chênes xérophyles jusqu'à 2000m, à l'occident et jusqu'à 3000m à l'orient. Il peut se développer jusqu'à 2000m d'altitude dans les montagnes sèches (Atlas Saharien) (Belhadj, 2007). Monjauze (1980), signala que dans le bassin Méditerranéen, *P. atlantica* forme fréquemment une ceinture végétale face au désert. C'est une espèce qui se développe sous une tranche pluviométrique oscillant de 250 à 600mm. Cependant, sa présence dans le mont du Hoggar où les précipitations n'atteignent guère les 100 mm/an témoigne de sa plasticité exceptionnelle.

P. atlantica résiste bien aux températures basses mais aussi aux plus élevées. Les fleurs sont sensibles mais échappent généralement à l'action néfaste des températures en raison de leur épanouissement tardif (avril- mai) et les fruits n'arrivent à maturité qu'à la fin de l'été (septembre). C'est un arbre héliophile, les pieds ou individus sont assez distants les uns des autres. En général, les jeunes semis se trouvent dans des fourrés de *Ziziphus lotus* L., mais la lumière nécessaire leur parvient sans difficulté. Un ombrage important nuit à la fructification (Monjauze, 1968). Le vent est nécessaire pour la pollinisation du pistachier, mais, en période de floraison les vents chauds et secs ne sont pas favorables parce qu'ils dessèchent les fleurs femelles surtout leurs stigmates et par la suite le pollen ne peut pas coller (Kaska, 1994). Cette espèce peut supporter une fréquence de sirocco de l'ordre de 30 jours/an (Khelil et Kellal, 1980). Du point de vue édaphique, cette espèce préfère les terrains argileux et les alluvions de plaines où elle occupe tout le paysage de sa silhouette majestueuse (Khalifé, 1959). Le bétoum peut occuper des sols peu profonds de type rancker ou randzine dans les régions montagneuses. Seulement, il préfère les sols alluviaux des dayas (Alyafi, 1978). Il peut végéter sur des sols basaltiques (Khalifé, 1959). L'étude des sols calcaires de 18 dayas faite par Abdelkrim et Mediouni (1997), décrit une espèce peu affectée par la nature du sol. Enfin, Zohary (1996), signala que l'espèce peut se retrouver sur différents types de sols. Huétz De Lemps (1970), qualifia le Pistachier de l'Atlas d'espèce dilapidatrice.

Khichane (1988), qualifia le système racinaire de *P. atlantica* de hiérarchisé, comportant un épais pivot vertical, orthogéotrope à croissance rapide et indéfinie. Ses racines latérales sont fines, plagiotropes, peu durables et présentent une croissance lente. Ceci explique sa présence dans les fentes rocheuses, les talwegs et les rocailles stériles. Il peut atteindre jusqu'à 5 à 6 m de profondeur. La vigueur de son système racinaire lui permet de rejeter sous une tranche pluviométrique très faible. Les limites de l'aire de P. *atlantica* sur le climagramme d'Emberger, se situent dans les étages bioclimatiques sahariens avec les

variantes fraîche et tempérée ; aride avec les variantes fraîche et tempéré ; semi-aride avec les variantes froide, fraîche et tempéré ; sub-humide frais et tempéré et humide tempéré. En fait l'espèce, à l'état de peuplement, ne serait vraiment à sa place que dans la meilleure moitié de l'étage aride tempéré et dans toute la partie tempérée de l'étage semi-aride, tout au moins dans les conditions actuelles du climat local. Le quotient Q_2=30 est la limite inférieure des possibilités de constitution de la forêt complète de Bétoum ou à base de Bétoum, genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*) et olivier (*Olea europea*). La limite supérieure, qui tend vers l'humidité se rapproche de la limite inférieure du chêne zeen qui tend vers l'aridité (Monjauze,1968). Du Nord au Sud de l'Afrique septentrionale, le bétoum se mélange au chêne afarès et au cèdre de l'Atlas (Monjauze, 1980). En bioclimat subhumide, le pistachier n'apparaît que de façon très discrète, sous la forme d'individus isolés dans des communautés végétales dominées par les chênes sclérophylles par conte en bioclimat aride, les peuplements de pistachiers se répartissent le plus souvent selon un mode contracté en bordure des lits d'oueds ou dans des dayas où ils constituent des peuplements assez denses ; le cortège floristique des pérennes est assez pauvre, mais *Ziziphus lotus* (Jujubier) est toutefois bien développé en sous-strate, avec parfois *Artemisia herba-alba* (Quézel et Médail, 2003 in Belhadj 2007). Quant à Zohary (1996), il rapporta que *P. atlantica* est généralement rencontré en association avec les espèces du genre *Amygdalus* et *Crataegus* dans les chênaies dégradées et avec *Pinus* et *Juniperus* dans les niches les plus chaudes et les plus dures.

Le rôle du Jujubier en tant que plante-nurse permettant ou facilitant l'installation et la régénération du betoum mérite d'être évoqué. Le Jujubier, «Tabakat» en berbère ou «Sedra » en Arabe, est un arbrisseau épineux, formant de grands buissons d'une teinte gris violacée caractéristique pendant l'hiver (Blanguernon, 1955 ; Monjauze, 1968 ; Ozenda, 1983) (Fig. 6). La présence d'un sol friable, humide et enrichi en litière et en humus, de même que la présence d'un couvert végétal sont indispensables à une régénération convenable. Le jujubier peut ainsi assurer ce rôle d'abri (Belhadj, 2007).

Ozenda (1977), et Abdelkrim (1986) ont décrit deux associations du pistachier de l'Atlas :

- *Pistacia atlantica* en strate arborescente, *Ziziphns lotus* en strate arbustive et en strate suffrutescente des taxons habituels aux groupements steppiques et sahariens, qui sont caractéristiques des dayas (Fig. 6) ;

- *Pistacia atlantica-Mirtetum nivelei*, rencontrée dans les pierriers et glissements de terrain et des Oueds sahariens, elle a été décrite par Abdelkrim (1992).

Plusieurs auteurs (Cuvier, 1826 ; Monjauze, 1968 ; Ait Radi, 1979 ; Le Floc'h, 1983 ; Chaba et al., 1991 ; Abousalim et al., 1992 ; Daget et Godron, 1995 ; Benhassaini, 2003 ; El Oualidi et al., 2004 ; Belhadj, 2007) qualifièrent *Pistacia atlantica* comme espèce précieuse en raison de ces divers intérêts. En effet, cette essence peut entrer dans le cadre de la lutte contre la désertification dans les zones arides et semi arides en produisant notamment une grande quantité d'humus susceptible d'améliorer les qualités physico-chimiques des sols (Boudy, 1952; Mirzaie-Nodoushan et Arefi, 2001). Elle pourrait être utilisée pour la fixation des dunes et comme brise-vent grâce à son système racinaire puissant (Makhlouf, 1992 in Belhadj, 2007).

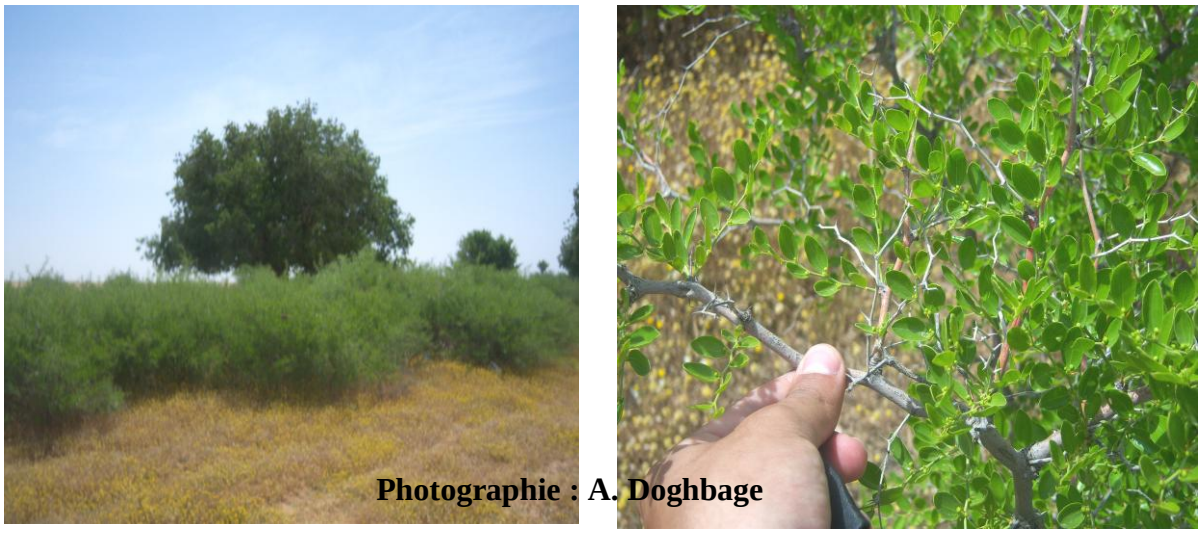


Fig. 6. Illustration de groupement *Pistacia atlantica* avec *Ziziphns lotus* dans la région de Mesaad (Dhayet Bentoumi, Juin 2009).

2.1.5. Répartition géographique

Le pistachier de l'Atlas est une espèce des régions forestières subtropicales de l'ancienne zone méditerranéenne. Quézel et Santa (1963), Ozenda (1977) et Belhadj (2007), considérèrent cette espèce comme endémique de l'Afrique du Nord, pour Zohary (1996), cet endémisme ne concerne que *Pistacia atlantica* ssp. *atlantica* (sensu var. *atlantica*) pour le grand Maghreb.

2.1.5.1. Dans le monde

P. atlantica est héliophile, il se rencontre du bassin méditerranéen jusqu'à l'Afghanistan et le Pakistan (Jafri et El-Gadi, 1978 ; Alyafi, 1979 ; Zohary, 1996) (Fig. 7). D'après Bagnouls et Gaussen (1953), cet arbre est caractéristique des régions arides; il occupe quelques stations isolées sous un indice xérothermique de 100, mais il peut dépasser 300. Il se cantonne, dans ce cas, dans les dayas, de légères dépressions plus humides que le milieu environnant ; l'humidité du sol compense alors la sécheresse. A l'époque préhistorique, et même au début de la période historique, il constituait des forêts- parcs très étendus, évoluant vers la steppe boisée avec du *Ziziphus lotus* en sous-étage, dans le Sahara du Nord et sur les hauts plateaux algéro-marocains (Boudy, 1950). Le pistachier de l'Atlas peut se retrouver sur une large gamme altitudinale. En Turquie, il est localisé entre 300 et 1800m d'altitude, entre 600 et 1800m en Iraq, entre 900 et 3000m en Iran, entre 900 et 1400m au Pakistan, entre 850 et 2500m en Afghanistan et enfin, entre 50 et 1200m en Israël (Zohary, 1996).

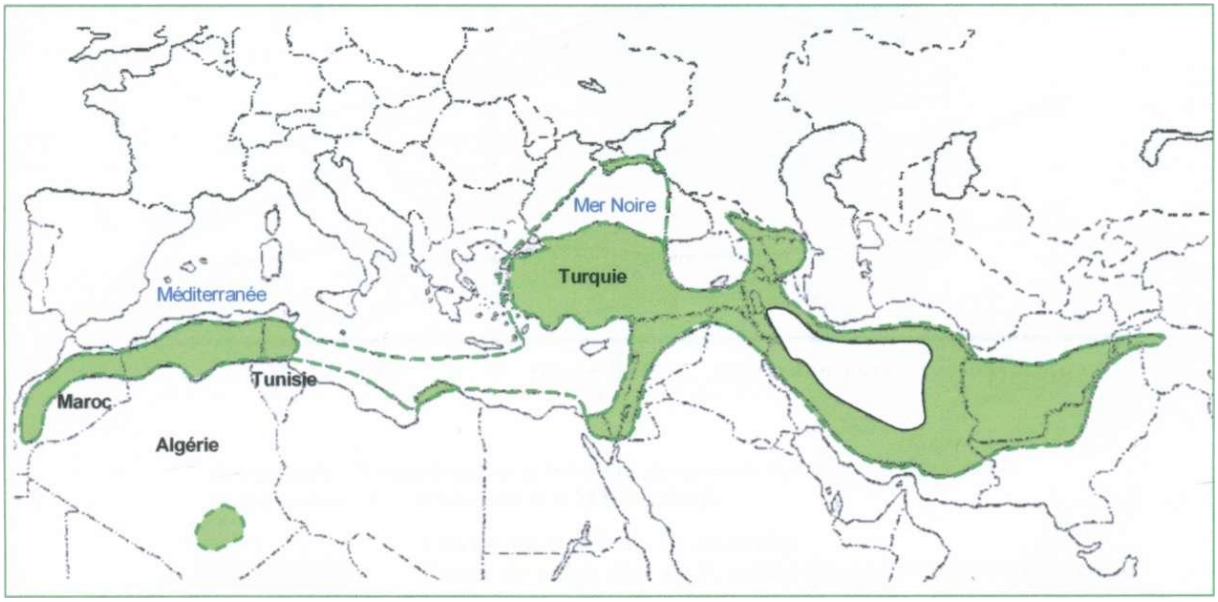


Fig. 7. Aire de répartition de *Pistacia atlantica* Desf. Dans le monde (Belhadj, 2007).

2.1.5.2. En Algérie

Le bétoum est une espèce à odeur résineuse que l'on retrouve dans les zones rocailleuses, à pâturage aride et dayas. Assez commune dans toute l'Algérie sauf dans les zones très arrosées, elle est très rare dans la région du Hoggar (Quézel et Santa, 1963). Selon Monjauze (1980), Joachim Mathieu Reynard a été le grand découvreur du bétoum inventorié au sud de Laghouat. En Algérie, *P. atlantica* est rencontré dans la région des dayas. En Oranie (Maghnia et Tlemcen), on le retrouve en peuplement isolé ou encore en vestiges des associations d'*Oleum- Pistacetum* dont les sujets se présentent en strate arborescente. Dans cette région, on le retrouve aussi en mélange avec, entre autre, *Rhus pentaphylla* Desf. , *Ziziphus lotus* L. et *Stipa tenacissima* L. Sur la côte méditerranéenne et le versant Nord du djebel filaoussen (distant de 20 Km de la mer), le Pistachier de l'Atlas est retrouvé isolé à l'intérieur des forêts reliques de chêne zeen (*Quercus mirbekeii*) à des altitudes de 1050m. A l'Est de Maghnia en direction de Tlemcen, le bétoum se présente sous forme d'arbuste. Par contre, entre Sidi Bel Abbés et Mascara, il devient plutôt rare et forme rarement des populations denses. Dans le tell Oranais et de l'algérois, il est retrouvé en forme de peuplements entre les frontières Algéro - Marocaines et à l'intérieur des bouquets de jujubier tout au long des routes marginales. Quant à la région du Djebel Amour et Ouled Nail (sortie de Laghouat), le pistachier de l'Atlas est l'arbre par excellence des dayas du piémont méridional de l'Atlas saharien. A l'Est, cette espèce est retrouvée dans les montagnes des Aurès où elle est largement présente mais de manière très dispersée. Son aire de distribution s'étend jusqu'au Sud de Batna vers l'est et le centre ouest de la Tunisie (Khaldi et Khouja, 1996). Selon Halimi (1980), le pistachier de l'Atlas se retrouve dans la zone de l'Algérois occidental et est souvent mélangé au chêne vert. Son aire de répartition régresse considérablement dans les versants les plus méridionaux de l'Atlas blidéen et de la région de Bouira.

2.2. *Pistacia lentiscus* Linné (1753)

2.2.1. Caractéristiques botaniques

C'est un arbuste dioïque sclérophylle à feuilles persistantes, qui atteint en moyenne une hauteur de 2m (Diamantoglou et Kull, 1988). C'est un arbuste extrêmement fourni prenant exceptionnellement le port arborescent et pouvant atteindre 5m en hauteur et devenir un arbre élevé dans des zones humides et protégées (Quézel et Santa, 1962). Son bois est parfait et rosé, quelques fois nuancé du jaune satiné ; il est dur, lourd et se polit

bien (Lapie et Maige, 1914). *P. lentiscus* (arbre à mastic) est bien connu dans les pays méditerranéens pour sa résine, utilisée depuis l'antiquité pour la confection de liqueurs et de confitures, et dans l'industrie cosmétique (Browiez, 1987). Selon Al habbal et al. (1984) et Al-said et al.(1986), le mastic de *P. lentiscus* est efficace pour le traitement de certaines maladies telles que l'ulcère duodénal, l'ulcère gastrique et les aphtes. Il peut éliminer la bactérie *Heliobacter pylori,* responsable de l'ulcère peptique. L'effet de l'activité antimicrobienne de la résine et des huiles essentielles a été démontré (Ali-Shtayeh et Abu ghdeib, 1999).

Le lentisque se caractérise par un feuillage persistant, vert franc pouvant varier légèrement au rouge. Les feuilles sont pourvues d'un pétiole ailé. Elles sont composées, alternées et paripennées. Les folioles sont de formes lancéolées dont le nombre est compris entre 2 à 6 paires. L'analyse morphologique des feuilles et des folioles réalisée chez les populations de ***P. lentiscus*** (Espagne, Tunisie et Chypre) montre que la longueur moyenne de la feuille du pistachier lentisque varie de 3 à 7,8cm, les folioles sont lancéolées à ovales, 1.9-3.3 x 0.6-1.2cm (Barazani et al., 2003), oblongues ou oblongues-lancéolées, 1.5-3.5 x 0.6-1.5cm, (Yaltirik, 1967) (Fig. 8). Le rachis, portant les folioles, est finement ailé (Ernest, 1987) et mesure 1 à 2 mm (Barazani et al., 2003).

Les fleurs en grappes spiciformes denses, naissant 1 ou 2 à l'aisselle d'une feuille et égalant au plus la longueur d'une foliole. Le fruit petit, subglobuleux, apiculé, rouge, puis noir à la maturité (Yahya, 1992 ; Iserin P., 2001 ; More et White, 2005 ; Belhadj, 2007) (Fig. 8). Le fruit est une drupe arrondie d'environ 5mm de diamètre, et renferme une amande qui est comestible (Quézel et Santa, 1962, 1963).

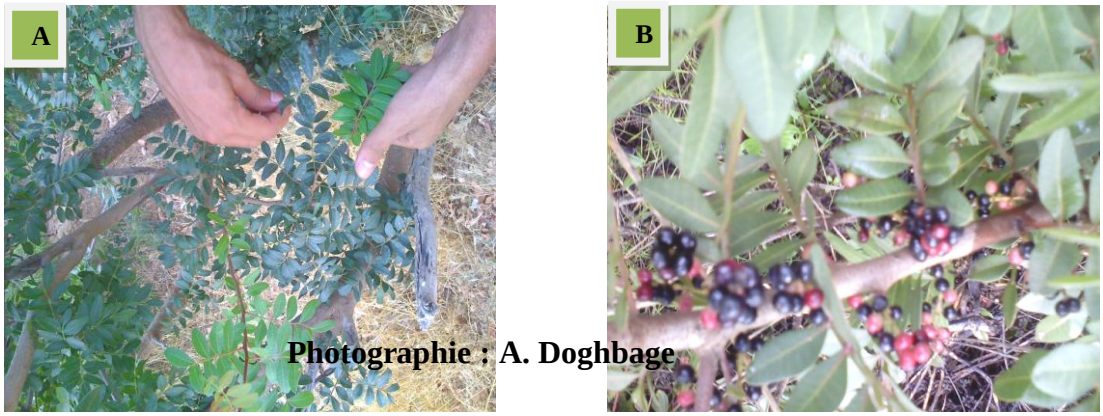


Fig. 8. Feuilles et fruits de *Pistacia lentiscus*.

A : station de Senalba (Août, 2009) ; **B :** station d'Elkahla (Juin, 2008).

2.2.2. Répartition Géographique et Phytosociologie de *Pistacia lentiscus*

P. lentiscus est l'une des principales composantes des maquis méditerranéens de basse altitude. Elle montre une distribution circum-méditerranéenne et s'étend jusqu'au Nord-Est de l'Afrique et de l'île de Madère (Zohary, 1952,1996) (Fig. 9). A l'intérieur de la péninsule ibérique, elle croit à basse altitude (Garrigues) dans des zones ombragées, évitant des endroits à hiver froid (Castro-Diéz et al., 1998). D'après Molinier (1954), le lentisque constitue avec le caroubier et l'olivier des formations de type préforestières, donnant un paysage arboré plus ou moins dense, le plus souvent de type « brousse » qui revêt une importance en régions méditerranéennes, essentiellement dans les variantes chaudes et tempérées des bioclimats semi-arides, subhumides et même humides, essentiellement sur substrat calcaire.

Présente sur tout le pourtour méditerranéen, *Pistacia lentiscus* se cantonne préférentiellement aux étages thermo- et méso méditerranéens ; elle ne dépasse guère 400m d'altitude, toutefois elle atteint par endroits les rivages Français, notamment dans les Alpes maritimes et en province orientale. Le lentisque se trouve sur le long du tell et dans les zones forestières, en association avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège (More et White, 2005 ; Belhadj, 2007). Selon Emberger (1939), le pistachier lentisque est susceptible de réaliser de véritables structures de végétations forestières potentielles, sur sol profond.

2.2.3. Phénologie de *Pistacia lentiscus*

P. lentiscus montre un développement séquencé de ses phénophases, étendant son activité phénologique durant plus d'une année. Sa croissance prend fin en août ou septembre bien que son cycle phénologique s'achève entre novembre et décembre avec un fruit mûr (Montserrat-Marti et Pérez-Rontomé, 2002). Il débute son cycle phénologique en fin d'hiver ou au début de printemps avec l'ouverture des bourgeons reproductifs et le développement des bourgeons floraux. La floraison commence quelques semaines plus tard et le débourrement prend place après, vers la fin de la floraison ou lorsqu'elle est totalement achevée (Castro-Diez et Montserrat-Marti, 1998 ; Martinez-Pallé et Aronne, 2000). Après pollinisation, le fruit se développe très lentement et reste ainsi petit pendant une longue période (10-11 semaines) (Jordano, 1988). La croissance de la plupart des fruits coïncide avec la fin de la croissance végétative (Matinez-Pallé et Aronne, 2000), atteignant leur taille maximale en 50 jours (Jordano, 1988). Cette croissance lente du fruit est

associée à l'existence d'une longue période de dormance du zygote (Grundwag, 1976 ; jordano 1988, 1989). Cette période de repos du zygote chez *P. lentiscus* s'étend de 11 à 18 semaines, bien qu'elle soit de 4 à 18 semaines pour les autres espèces du genre *Pistacia* (Grundwag, 1976).

L'ovaire se développe dans le péricarpe après l'anthèse et avant la première division du zygote ; il atteint sa taille maximale indépendamment du processus de développement de l'ovule, permettant la formation du fruit parthénocarpique (Grundwag et Fahn, 1969; Grundwag, 1976). La superposition des deux phases, végétative et reproductive, et la simultanéité de la demande en matière de nutriments, induit chez le lentisque une compétition pour les ressources (Moony, 1983). Les deux phases reproductive et végétative, nécessitent des apports supplémentaires de ressources (Takeda et al., 1980). Pour cette raison, l'arrangement des phases phénologiques à travers l'année est un facteur décisif, déterminant l'adaptation de la plante à son environnement (Orshan, 1989).

Selon Jordano (1988), des variations dans le cycle phénologique de *P. lentiscus* suggère qu'une séquence phénophasique du cycle pouvait être instable et serait probablement liée aux conditions environnementales. D'aprés Nilsson et Walfridsson (1995) et Stevenson et al. (1999), la longueur du cycle phénologique le rend vulnérable aux gelées précoces. La plupart des plantes mâles finissent leur cycle phénologique plusieurs semaines plus tôt que les femelles. Sous ces circonstances, les plantes mâles sont capables de tirer avantage pour mieux résister aux premières gelées d'automne par un durcissement de leur tissus, d'où une grande tolérance au froid après le mois de décembre. En comparaison, les femelles ont moins de temps pour durcir leur tissu après la fin de la maturité du fruit (Larcher, 1973).

La germination des graines de *P. lentiscus* présente des caractéristiques semblables aux espèces tropicales qui ont une germination rapide après les premières pluies (Vazquez-Yanes et Orozco-Segovia, 1993). Les semences manquent de mécanismes de latence et n'ont besoin d'aucun traitement type pour leur germination, surtout que la pulpe est généralement enlevée par les oiseaux dispersants (Verdu et Garcia-fayos, 1998). La germination dans les conditions de laboratoire est très rapide, avec un temps moyen de 12,8 jours et un intervalle de 4 à 28 jours dans des conditions de serre (Piotto, 1995). Les semences qui ne germent pas, sont incapables de former une banque permanente de semences dû au fait que la viabilité de celle-ci diminue radicalement après une année (Troumbis, 1991 ; verdu et Garcia-fayos, 1998).

Contrairement aux autres espèces du climat méditerranéen, les semences de *Pistacia lentiscus* ne sont pas capables de germer après incendie puisqu'elles meurent à des températures supérieure ou égale à 70°C (Salvador et Llorer, 1995 ; Verdu, 2000). La stratégie suivie par cette espèce après incendie est celle de pousser vigoureusement des rejets de souches à la base du tronc (Naveh, 1974).

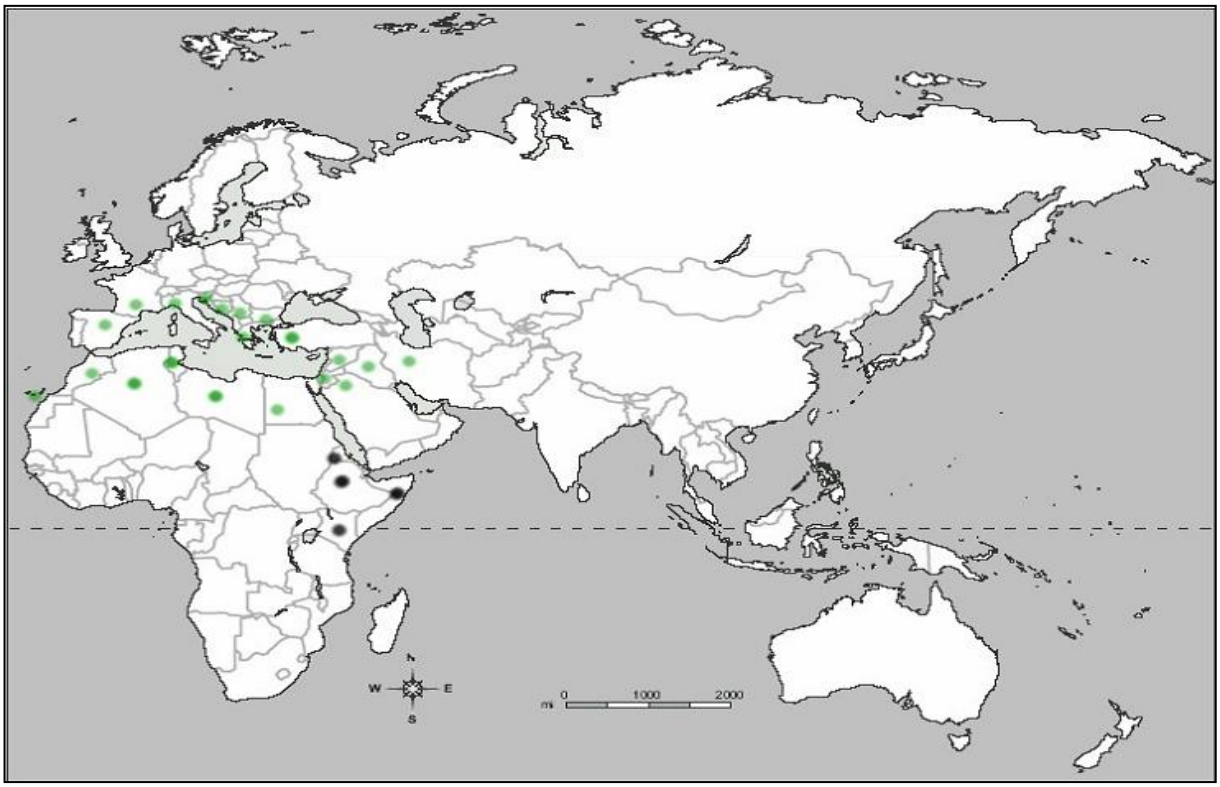


Fig. 9. Aire de répartition de *Pistacia lentiscus* L. autour du bassin Méditerranéen (AL Saghir, 2006) (Noir : *Pistacia lentiscus* subsp. Emarginata ; vert : *Pistacia lentiscus* subsp. *Lentiscus*).

2.3. *Pistacia vera* (Linnaeus, 1770)

P. vera L. est originaire de l'Asie centrale (Fasihi Harandi et al., 2001). C'est un arbre à feuillage caduque qui nécessite une dormance profonde pour sa fructification (Oukabli, 2005). Le pistachier fruitier ou vrai, est la seule espèce qui donne des fruits comestibles parmi les espèces que compte le genre *Pistacia.* Elle croît naturellement dans les régions arides caractérisées par des étés chauds, secs et des hivers modérément froids (Laghzali et Oukabli, 1992). Ces faibles exigences agroécologiques font du pistachier un

moyen de valorisation des espaces extensifs en voie de désertification. Sa culture connaît une grande expansion dans le monde et diverses techniques de multiplication sont mises en œuvre, tels que le semis suivi du greffage, le bouturage, le micro-greffage et la culture in vitro (Aleta et al., 1997 ; Chatibi et al., 1998).

2.3.1. Aperçu climatique, pédologique et phénologique

Afin de permettre la levée de dormance des bourgeons il est nécessaire que les besoins en froid du pistachier soient satisfaits. Les valeurs rapportées par la littérature varient selon les cultivars et les régions. Elles sont comprises entre 200 et 1000 heures de froid < 7°C (Nahlaoui, 1982 ; Crane et Iwakiri, 1981). Considérant qu'au Merbein et au Wagga (Australie) où des minima moyens de 3-4°C ont été enregistrés et où les besoins en froid semblent être adéquats, Maggs (1973) a recommandé de retenir l'isotherme 5°C comme limite pour la culture du pistachier. Par ailleurs, Khelil et Kellal (1980) ont retenu l'isotherme 2°C pour la délimitation des zones à vocation pistachier en Algérie. Il faut noter que cette espèce supporterait des températures de -17°C (Woodroof, 1979) à -30°C (Spina et Pennisi, 1957). Cependant, cette espèce reste très sensible aux gelées printanières qui détruisent les fleurs (Spina et Pennisi, 1957). Plusieurs symptômes semblent résulter d'une insuffisance en froid chez le pistachier. En cas d'hiver doux, le symptôme prédominant consiste en un développement incomplet des feuilles et des folioles (Crane et Takeda, 1979). Un retard, une irrégularité de la floraison et de la feuillaison et une apparition de noix sur les pousses de l'année ont également été reportés en cas d'insuffisance de froid.

En Iran (Kerman), en Turquie (Gaziantep) et en Syrie (Alep) le pistachier est planté respectivement à environ 1800, 900 et 400m d'altitude. Le pistachier se trouve également planté à 250m d'altitude en Sicile (Palerme) et même à 100m en Californie (Fresno). D'après Evreinoff (1964), il semblerait que des altitudes comprises entre 600 et 1200m permettent un meilleur développement du pistachier. L'une des principales caractéristiques du pistachier est sa très grande résistance à la sécheresse (Spina et Pennisi, 1957; Woodroof, 1979). Cependant, la production reste étroitement liée à la quantité d'eau disponible. Au niveau des principales zones de culture où le pistachier est cultivé en sec, les pluviométries annuelles sont de 350mm à Alep (Syrie) et de 420mm à Gaziantep (Turquie), (Jaquy, 1972). Le Pistachier semble également pousser sous une pluviométrie de moins de 127mm au Sud et à l'Est de l'Iran (Woodroof, 1979) et de 200mm à Sfax, au sud Tunisien. En général des cultures très rentables ne sont pas à espérer en dessous de 400mm de précipitations si des

irrigations ne sont pas mises en place sauf en cas des sols légers et de forte hygrométrie (Jaquy, 1972). Khelil et Kellal (1980), ont retenu les isohyètes 200 et 500mm pour délimiter les zones à vocation pistachier en Algérie.

P. vera tolère très bien les sols pauvres et s'adapte à de nombreux type de sols, bien qu'il préfère les sols argilo- sableux relativement profonds, bien drainé légers, secs avec une teneur élevée en calcaire (Woodroof, 1979 ; Chebouti, 2002). Selon Brousse (1974), *Pistacia vera* peut pousser sur des terrains pauvres, squelettiques, acides (comme en Italie), calcaires (comme en Syrie), rocheux, pierreux, et argilo-sableux, ces derniers relativement profonds, légers, secs et avec une teneur élevée en calcaire (20%) ont la préférence de *P. vera*.

Le pistachier vrai est un arbre à port en gobelet, de 5 à 10m de haut, à écorce gris cendrée, gercée avec beaucoup de nœuds, à frondaison ample, des branches pendantes peu ramifiées où les jeunes rameaux sont un peu rougeâtres (Fig. 10). Son bois très dur, lourd, résistant, est d'abord jaune puis brun rougeâtre chez les adultes. C'est une espèce à croissance lente, sa longévité est importante (150 à 500 ans) (Quézel et Santa, 1963 ; Brousse, 1974 ; Somon, 1987 ; Mlika, 1988). Les feuilles sont composées (3 à 5 folioles), imparipennées, caduques, tomenteuses (à l'état jeune), glabres, luisantes au dessus et coriaces à l'état adulte, elles sont plus grandes chez les individus mâles (plus vigoureux) que chez les individus femelles (Al-Saghir, 2006) (Fig. 10). Les folioles sont plus larges que celles de *P. terebinthus*, ovales arrondies ou quelque fois un peu lancéolées à l'apex ou macronulées à nervures proéminentes, la foliole terminale est plus grande, les latérales plus rondes. Le pétiole est très court, pubescent à peine marginé ou anguleux.

Les fleurs sont unisexuées et regroupées en inflorescences, ces dernières se localisent sur les rameaux d'un an, les inflorescences mâles (reconnaissables au renflement où deux sillons sont visibles sur le coté des fleurs) et femelles se composent respectivement de 450 à 500 et de 190 à 260 fleurs, respectivement. Ces dernières sont petites, apétales, verdâtres, possédant un pédoncule très court, elles sont protégées non par un calice à 5 sépales mais par 3 à 7 bractées pour les fleurs mâles, et de 3 à 5 bractées pour les fleurs femelles. Elles s'épanouissent en avril - mai (jusqu'à juin) (Mlika, 1988). La fécondation est anémophile et délicate réclamant des printemps secs.

Le fruit est une drupe de 2 à 3cm de long, sec, monosperme, ovale, pédonculé, rougeâtre, à pulpe mince, à coque dure s'ouvrant en deux valves, l'endocarpe est plus ou moins déhiscent à l'apex (Fig. 10). La graine est monoembryonnée, allongée et d'une couleur vert clair, c'est une amande charnue constituant la pistache du commerce. La

fructification se produit vers l'âge de 7 à 12 ans chez les individus issus de semis, ceux greffés fructifient après 5 à 8 ans (selon les variétés et les soins apportés aux cultures). Un rendement commercialisable n'est obtenu que quand l'arbre atteint 15 à 20 ans, mais la limite d'âge d'une bonne fructification est de 50 ans en moyenne (Hadj Brahim et al., 1998).

Mlika (1988), décrit 07 stades phénologiques, des bourgeons floraux jusqu'aux inflorescences. La durée des phases phénologiques est plus longue chez les sujets femelles que chez les individus mâles, ce qui provoque un décalage entre leur floraison respective (Hadj Brahim et al., 1998). La chute des fleurs (ou chalazogamie) peut être causée par une mauvaise nutrition ou un refroidissement, ou encore par une mauvaise pollinisation (Fruits parthénocarpiques) (Brousse, 1974).

Le système racinaire est pivotant, vigoureux, s'enfonçant en profondeur dans des sols pauvres. Toutefois, nous signalons que plusieurs pays producteurs de pistache n'utilisent pas le pistachier vrai comme porte-greffe à cause notamment de la fragilité de son système racinaire (Kaska, 1994).

2.3.3. Distribution géographique

2.3.3.1. Dans le monde

L'aire naturelle du pistachier vrai s'étend de l'Iran à l'Afghanistan. Sa culture remonte à l'ère de bronze (Chernova, 2000), il a été introduit en Europe vert le début de l'ère chrétienne (Fig. 11). Les principales zones de production de pistaches se situent au Moyen-Orient, en Amérique du nord et en Europe. L'Iran est le plus grand producteur mondial de pistaches (Olsen, 1999). La production mondiale en 1984 a atteint 128.170 tonnes, en Iran 70.000 tonnes, aux U.S.A. 28.122 tonnes, en Syrie 12.000 tonnes, en Turquie 12.000 tonnes, en Afghanistan 2.000 tonnes, en Grèce autant qu'en Afghanistan et en Italie 1.748 tonnes (Barghchi et Alderson., 1989).

En Grèce, le pistachier est cultivé dans les régions de Fthiotide, d'Attica, de Viotie, de la Péninsule Chalchidique ainsi que dans les îles d'Aegina, d'Ebée, de Thira (Santorini) et de Rhodes, sur une surface d'environ 4 000ha, donc la plupart sont irriguées. La production est d'environ de 5 000 t par an, et se base presque en totalité sur la variété femelle Aegina, dont le fruit est très apprécié, celle-ci étant pollinisée par les mâles (Zakinthinos et Rouskas, 1995 ; Rouskas, 1996). En Italie, on récolte de l'ordre de 2 000 t par an sur une superficie de 4 000ha. La zone productrice la plus importante est celle de Bronte (Sicile),

où le pistachier pousse dans des conditions très marginales de culture. La variété la plus répandue est Bianca ou Napoletana, d'excellente qualité pour l'industrie (Barone et al., 1985 ; Barone et Caruso, 1996 ; Caruso et di Marco, 1996 ; Di Gregorio, 1996).

Comme dans la plupart des pays méditerranéens, les romains introduisirent le pistachier dans la Péninsule Ibérique. Sa culture se développa pendant le Moyen Age mais à l'Epoque Moderne, pour des raisons inconnues, cette culture disparut de la Péninsule. Durant la dernière décade, une relance de cette culture a été encouragée. Actuellement, il existe en Espagne environ 800ha de jeunes vergers, localisés principalement en Catalogne, en Andalousie, en Estrémadure et en Castille-La Manche. Le pistachier présente un intérêt potentiel considérable pour de vastes zones d'Espagne et du Portugal (Vargas, 1985 ; Vargas, 1990 ; Mendes Gaspar et al., 1992 ; Vargas et Romero, 1993).

P. vera a été introduit en Afrique du Nord par les romains, mais il est resté sous forme sauvage (Quezel et Santa, 1963 ; Brousse, 1974 ; Stevenson et Shakel, 1998). C'est vers les années 1970, qu'il a été introduit à Batna (Timgad), Djelfa, Saïda, Ain El Hadjar, Sidi Amar, Bouira …etc. Pour la culture du pistachier, Kellal (1979), proposa trois zones (Fig. 12) qualifiées de favorables (les hauts plateaux de Sedrata sud et de Tébessa, Ain Mlila, Ain Beida, Khenchla, Chelghoum El Aid, Batna, N'gaous, Bordj Bouariridj, El Eulma, Sidi Aissa nord, Bouira sud, Ksar El Boukhari, Djelfa, Aflou, El Bayed, Frenda, Sougher, Mahdia, Saida, Borgtob, Mechria, Telagh, Marhoun et el Aoudj), moyennement favorables (Aris, Ksar Chellala et Ain Ouassara), peu favorables (Monts et plaines du Hodna). Néanmoins, même si ces zones sont plus ou moins favorables à la culture du pistachier, il faudrait choisir la ou les variétés convenables. L'information disponible sur les caractéristiques des variétés de pistachier et leur adaptation à différentes conditions de milieu est très limitée (Kaska, 1990). C'est une espèce encore peu étudiée ou pas suffisamment, bien qu'au cours de ces dernières années on ait développé d'importants programmes de recherche dans différents pays.

Photo 10. Arbre (A), feuilles (B) et fruits (C) de *Pistacia vera* dans la station d'Ouled suyeb, Septembre 2009.

2.3.4. Intérêts de l'espèce

- Le pistachier vrai produit la pistache de commerce qui est utilisée en confiserie, charcuterie et comme apéritif (Somon, 1987);

- La pistache possède une valeur calorique de 590Kcal/100g, mais sa composition biochimique est variable en fonction de la variété et des conditions écologiques (Ayfer, 1976; Hadj Brahim et al., 1998);

- C'est le seul fruitier capable de donner une récolte importante sans irrigation (Hadj Brahim et al, 1998);

- Les sols qu'il occupe donnent un pâturage de haute valeur (Hadj Brahim et al, 1998);

- Tolère toutes les conditions écologiques et peut être cultivé même sur les terres marginales (Brousse, 1974);

- Il représente une ressource non négligeable pour les cultivateurs des régions à faible précipitation (Hadj Brahim et al, 1998);

- L'extension de cette culture en Algérie peut constituer une source de devises grâce à la demande sans cesse croissante sur le marché international.

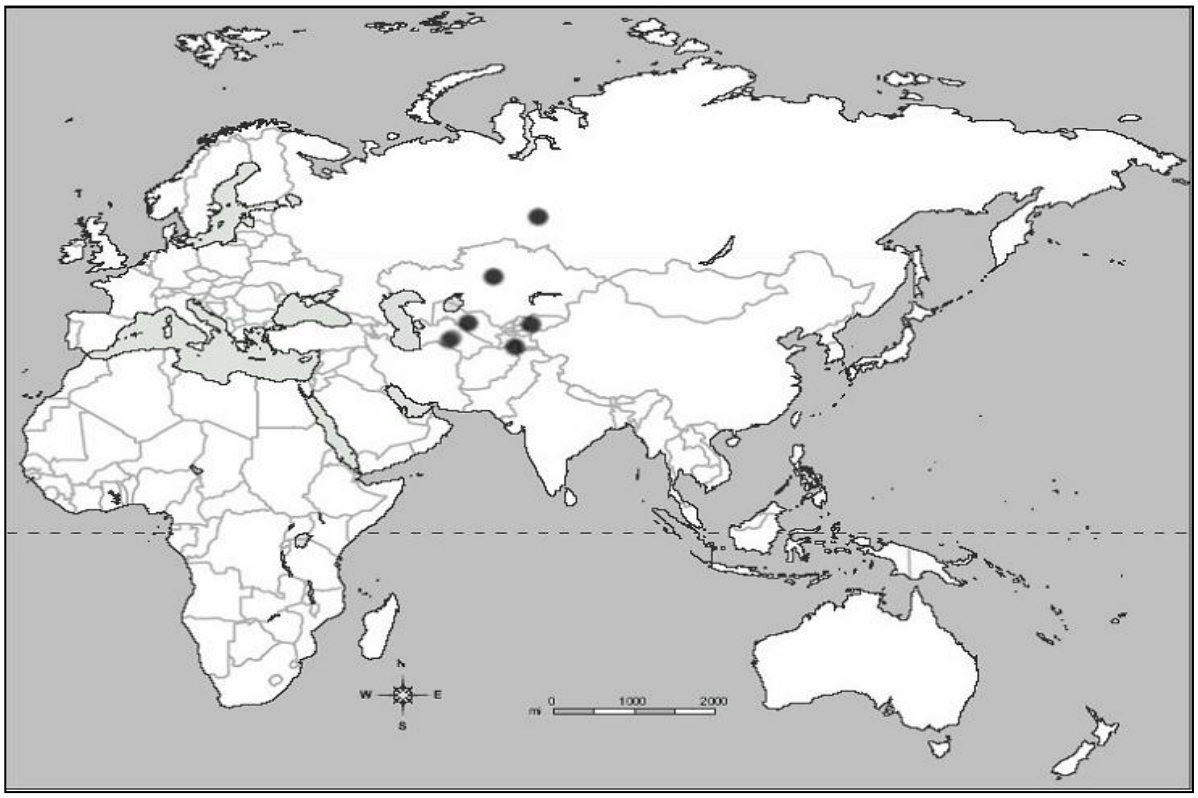


Fig. 11. Distribution du *Pistacia vera* selon AL-Saghir, 2006.

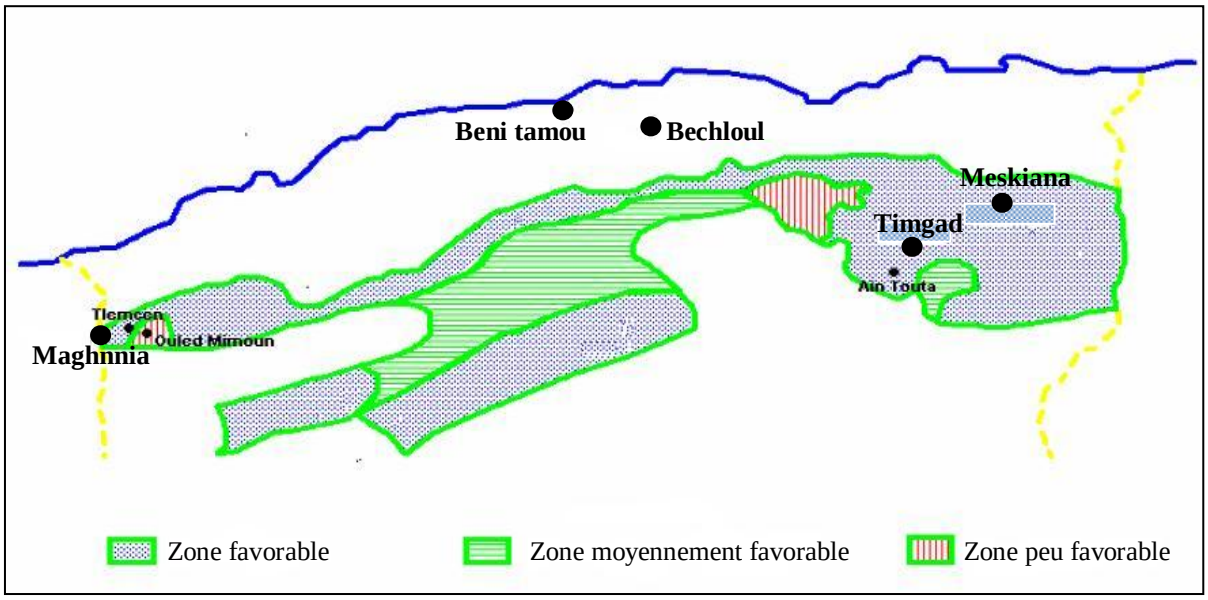


Fig. 12. Carte des zones potentielles du pistachier fruitier (*Pistacia vera*) en Algérie (Khelil et Kellal, 1980 ; Morsli et al., 2001).

2.4. *Pistacia terebinthus* L.

2.4.1. Description botanique

Arbuste ou petit arbre ramifié dés la base, pouvant atteindre 5m et parfois 10m de hauteur (Fig. 13) (Belhadj, 2007), de 1-2m et plus de circonférence ; son tronc, droit et cylindrique, se dénude jusqu'à 4 à 5m du sol et produit une cime arrondi d'une grande envergure (Rameau et al., 2008). Sa longévité est très prolongée (plus de 100ans), plante à odeur résineuse très prononcée, écorce lisse d'abord, d'un gris rougeâtre, puis écailleuse et d'un rouge brun, elle exsude des gouttelettes d'une térébenthine blanche très odorante ; ces gouttelettes se solidifient bientôt et forment la résine connue sous le nom de Lek (Laque) ou d'Alk, qui est employé en Algérie comme le mastic de Chio, que l'on retire du pistachier lentisque (Auguste Mathieu, 1858). Le bois est blanc, blanc grisâtre ou rougeâtre et se colore au cœur de brun, brun verdâtre ou même devient noir comme l'ébène ; il est agréablement

veiné (comme la plupart des bois de cette famille), en raison de la coloration inégale et variée de l'ensemble de ces couches et de chacune d'elles en particulier.

Les bourgeons de *P. terebinthus* sont assez gros, ovales, obtus de 6-8mm, glabres sans poils, à écailles d'un brun-rouge (Rameau et al., 2008). Le térébinthe se caractérise par des feuilles caduques, rougissant en automne et portant souvent des galles en forme de croissant ou de banane provoquées par des différentes espèces des pucerons (Blackman et Eastop 1994; Pérez Hidalgo et Nieto Nafria, 2003). Les feuilles sont à pétiole non ailé, imparipennées, composées de 5 à 11 folioles sessiles, coriaces, entières, glabres, grandes, ovales oblongues ou elliptiques lancéolées, obtus mucronulées ou subaigües, luisantes en dessus, mates et plus pâles en dessous (Fig. 13) (Quézel et Santa, 1963). La floraison se produit d'Avril à Mai ; fructification de Septembre à Octobre ; pollinisation par le vent ; dispersée par les animaux.

Les fleurs sont brunâtres, réunies en grappe composées, axillaires, naissant sur les jeunes rameaux de l'année précédente en dessous des feuilles et presque aussi longs que celles-ci ; pédicelles courts ; anthères et stigmates pourpres ; calice brun (Quézel et Santa, 1963). Le fruit est une drupe ovoïde petite, apiculée, d'abord rouge, puis brune à maturité.

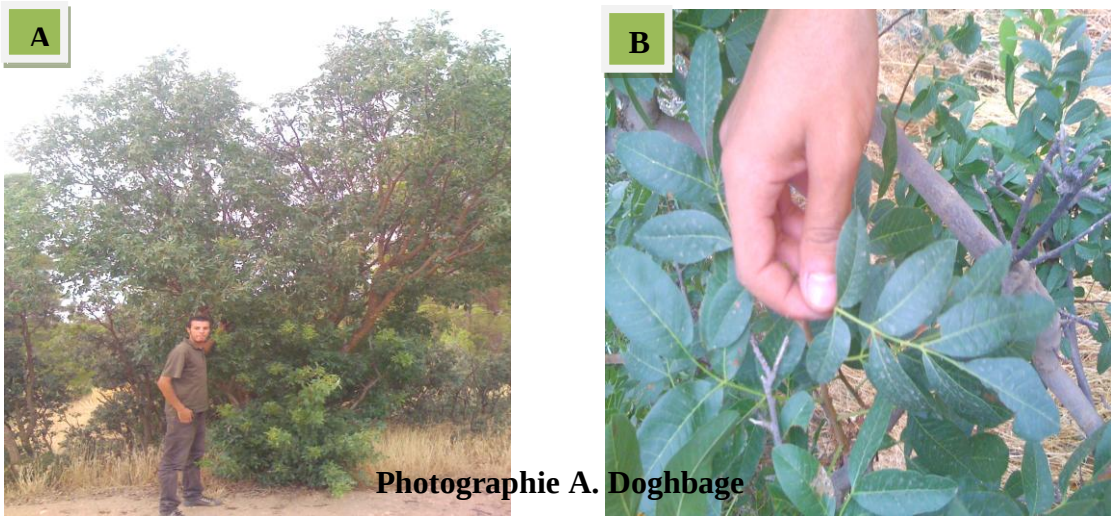


Fig. 13. Arbre (A) et feuilles (B) de *Pistacia terebinthus* dans la station de Senalba.

2.4.2. Répartition et caractéristiques écologiques

Espèce héliophile, mais tolérant un certain ombrage, très répandu dans tout le Bassin Méditerranéen (Fig. 14). Il est adapté aussi bien aux sols calcaires qu'aux roches volcaniques acides. II est très résistant à la sécheresse. Espèce mésoxérophile à xérophile, à large amplitude, elle peut se développer jusqu'à 600m d'altitude dans l'étage méditerranéen et collinéen (supra-méditerranéen, continental) (Rameau et al., 2008). Il se présente aux différents biotopes tels que les Maquis, rocailles, ravins, lisières, fruticées, corniches, bois clairs et secs ; avec des formations arbustives (*Pistacia lentiscus-Rhamnetalia alaterne*, *Prunetalia spinosae*), maquis (*Cisto-Lavanduletea*), forêts plus ou moins claires (*Quection ilicis*). En Algérie, les peuplements du térébinthe se trouvent aux alentours de 1200 à 1270m d'altitude. Il constitue des peuplements, soit seul, soit mélanger aux chênes, aux lentisques. Il peut devenir un arbre de 8-15m de hauteur sur 1-2m et plus de circonférence (Mathieu Auguste, 1858). Cette espèce constitue un bon porte-greffe pour *P. vera*, il est utilisé principalement en Italie et en Turquie (Kaska, 1990 ; Mazzola et al.,1996).

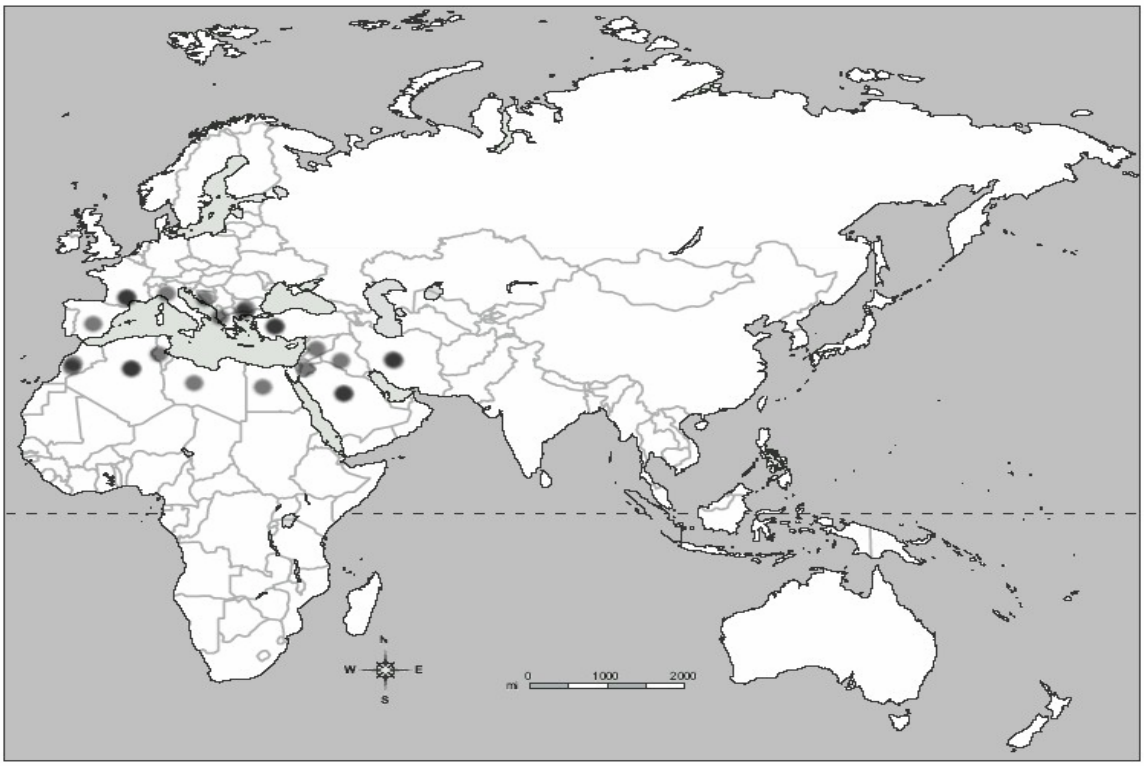


Fig. 14. Distribution de *Pistacia terebinthus* dans le bassin méditerranéen (AL-Saghir, 2006).

2.4.3. Intérêt de l'espèce

Selon (Rameau et al., 2008), les principaux usages du térébinthe sont les suivants:

- Fruits comestibles (saveur aigrelette, rafraichissante);
- Ecorce astringente; plante vermifuge; galles astringentes employées contre l'asthme;
- Bois dur pouvant donner un beau poli, utilisé en ébénisterie, sculpture et en marqueterie;
- Excellent bois de chauffage comme ses congénères;
- Résine sortant des fissures de l'écorce très odorante, se solidifiant à l'air: térébenthine de Chio; écorce brûlée comme encens ;
- On peut extraire des galles une substance rouge utilisée pour teindre les laines;
- Utilisée comme porte-greffe pour *P. vera*.

CHAPITRE 2 :

ETUDE DES SURFACES EPIDERMIQUES

Chapitre 2 : Etude des surfaces épidermiques

1. Introduction

Les végétaux supérieurs forment un grand groupe qui se distingue par sa morphologie (forme et aspect extérieur), sa structure anatomique (organisation interne : différenciation cellulaire et agencement de tissus) et par la structure de ses organes reproducteurs, par rapport aux autres végétaux (Bouya, 2005).

Chez les plantes vivaces, les phanérophytes en particulier, l'aptitude à supporter les conditions extrêmes du milieu dépend du développement des dispositifs leurs permettant d'améliorer leur alimentation en eau et de réduire leur perte transpiratoire. Parmi ces dispositifs, figurent notamment les différentes modifications morphologiques et anatomiques telles que l'extension racinaire, la réduction de la surface transpirante et l'augmentation de la densité stomatique, une grande densité du système pileux (trichomes) et enfin la présence de cuticule (Wylie, 1949).

Les modifications des caractères morphologiques et anatomiques des végétaux sous l'influence des conditions sévères du milieu ont toujours intéressé de nombreux auteurs (Aussenac, 1973). Fahn (1964) a corrélé la réduction de la surface externe de la feuille (surface transpirante) et certains changements de la structure interne de cette dernière. La diminution de la taille de la cellule, la grande densité du système vasculaire et stomatique et un développement du tissu palissadique aux dépens du tissu spongieux ont été à leurs tours évoqués. Ces adaptations entraîneraient des modifications physiologiques qui concernent essentiellement l'activité photosynthétique.

Par ailleurs, de nombreux travaux de biométrie se sont basés sur l'étude des caractères des feuilles. En effet beaucoup, d'auteurs expliquent la variation de certains caractères biométriques par l'influence des conditions stationnelles. Nous citons ceux de Derridj (1990) sur le cèdre de l'Atlas, Harouni (2000) sur le chêne vert et Belhadj (2007) sur le pistachier de l'Atlas.

Peu de travaux ont été réalisées sur les caractères foliaires du Pistachier ; bien que des contributions ont portées sur la description de la morphologie de l'épiderme foliaire, les feuilles de quelques espèces seulement du genre *Pistacia* ont été examinées avec le microscope optique et très peu avec le microscope électronique à balayage (MEB). Peu de travaux ont été consacrés à l'étude comparative des espèces de *Pistacia*, néanmoins, on peut

citer l'étude comparative de la micromorphologie de l'épiderme foliaire de 8 populations de *Pistacia atlantica* d'Algérie (Belhadj et al., 2007, 2008 et 2011).

2. Anatomie de la feuille

Sur le plan Anatomique, les organes des végétaux supérieurs sont constitués de tissus plus ou moins spécialisés qui se juxtaposent ou s'imbriquent les uns dans les autres. Chacun d'eux assure un rôle spécifique dans le fonctionnement de l'individu végétal ; tissus protecteurs (épiderme), tissus assimilateurs (photosynthèse), tissus conducteurs (conduction de la sève) (Robert et Roland, 1998 ; Bouya, 2005).

La feuille se compose du mésophylle (parenchyme chlorophyllien siège de la photosynthèse) limité par l'épiderme (épiderme inférieur et épiderme supérieur) et des nervures qui contiennent les tissus conducteurs. Les stomates sont répartis d'une manière régulière sur les deux faces chez les feuilles de monocotylédones alors qu'ils sont plus abondants sur la face inférieure chez les feuilles de dicotylédones et le plus souvent regroupés et protégés dans des cryptes et par des poils. La surface de la feuille peut être très développée ou au contraire très réduite en fonction des conditions du milieu (cas de certaines plantes désertiques appelées aussi Xérophytes) ou du mode de vie (cas des plantes parasites non chlorophylliennes). Il y a une grande variation morphologique (diversité morphologique) de la feuille et cette variation concerne les différentes parties de la feuille : limbe, nervures et pétiole (Bouya, 2005).

2.1. L'épiderme

Le tissu de revêtement d'origine primaire est l'épiderme. Il protège (ou isole) les tissus sous-jacents (en particulier les parenchymes qui ont une paroi mince et joue un rôle important) des perturbations du milieu extérieur (ensoleillement, déshydratation, parasites…). Il se rencontre chez les organes aériens: tiges, feuilles, pièces florales, etc… L'épiderme est constitué chez la majorité des espèces d'une seule couche (ou assise) de cellules vivantes, de forme isodiamétrique à allongée, à paroi pectocellulosique plus ou moins épaisse (surtout du côté externe) (Bouya, 2005). Fonctionnellement et morphologiquement les cellules épidermiques ne sont pas uniformes et parmi elles, indépendamment des cellules ordinaires, on retrouve divers types de poils et trichomes, des cellules stomatiques, et d'autres cellules spécialisées. Topographiquement, cependant, l'épiderme constitue un tissu uniforme (Fahn, 1967).

Chez la plupart des Spermaphytes, l'épiderme est composé d'une seule ou de plusieurs couches de cellules, morphologiquement et physiologiquement distinctes du tissu interne. Les cellules ordinaires de l'épiderme varient dans la forme, la taille et l'arrangement, mais elles sont toujours étroitement liées pour former une couche compacte dépourvues d'espaces intercellulaires (Stace, 1965 ; Fahn, 1967). L'épiderme des feuilles adaptées aux milieux secs est recouvert d'une cuticule généralement plus épaisse sur la face ventrale du limbe, doublé extérieurement par un revêtement cireux et une pilosité importante. Ces particularités sont très importantes pour éviter la transpiration excessive dans les milieux arides. La densité des stomates est habituellement maximale dans l'épiderme situé sous la face inferieure des feuilles où elle peut atteindre 200 à 300 par mm^2 (Fig. 15)(Camefort, 1984 ; Roland, 1995).

2.2. La cuticule

L'épiderme peut se tapisser aussi du côté externe d'une couche amorphe appelée cuticule. Elle est habituellement plus épaisse chez les plantes adaptées à la sécheresse (Fahn, 1967). Dans le cas des feuilles, la membrane cuticulaire est une couche extracellulaire couvrant complètement la feuille et interrompue uniquement au niveau des stomates (Stace, 1965).

2.3. Les trichomes et les cires

Selon Bouya (2005), les cellules épidermiques peuvent se prolonger extérieurement par des poils ou trichomes de formes variées et qui sont soit du type protecteur (renforce la protection de l'épiderme par exemple les poils en parasols de l'olivier) soit du type sécréteur (Sécrètent des substances). Des trichomes et des dépôts de cire sous forme de granules, de bâtonnets ou de couche continue sont souvent rencontrés sur la surface de la cuticule (Stace, 1965 ; Fahn, 1967). Les trichomes définis comme étant des protubérances de forme, de structure et de fonction diverses, correspondent à toutes les expansions épidermiques unicellulaires ou pluricellulaires (Figs. 16, 17) (Stace, 1965).

L'utilisation des trichomes et des cires dans la taxonomie des plantes est bien connue. Quelques familles peuvent être facilement identifiées par la présence d'un type particulier de poils. Dans d'autres cas les poils sont importants dans la classification des genres et des espèces (Metcalfe et Chalk, 1950; Stace, 1965; Fahn, 1967).

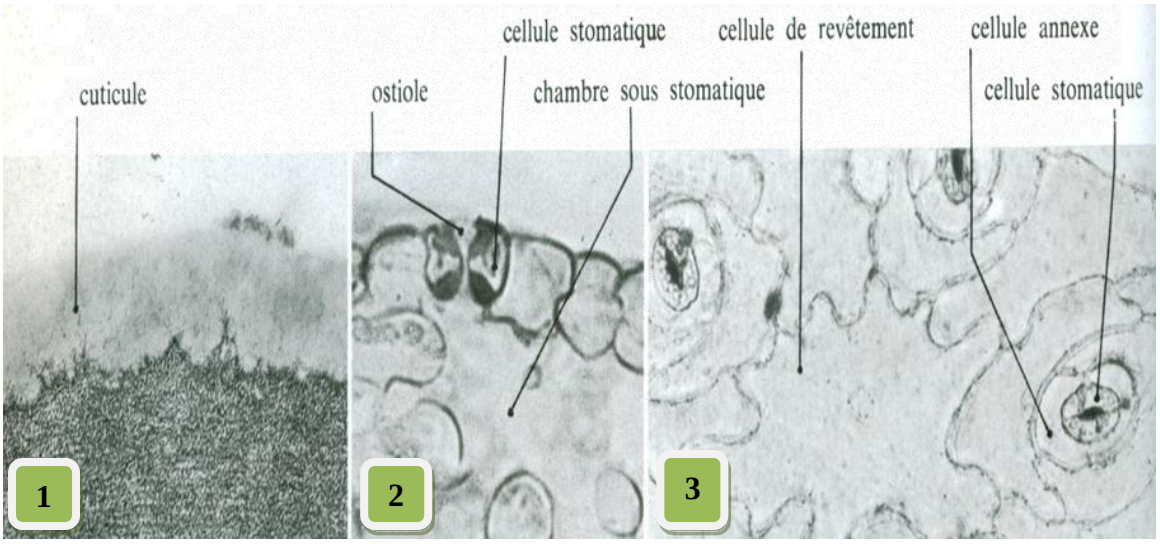


Fig. 15. Epiderme (Roland, 1995). 1 : coupe de la paroi externe montrant la cuticule des cellules de revêtement. Céleri (x 20 000). 2 : coupe au niveau d'un stomate (x 280). 3 : épiderme vu à plat. Orpin (x 280).

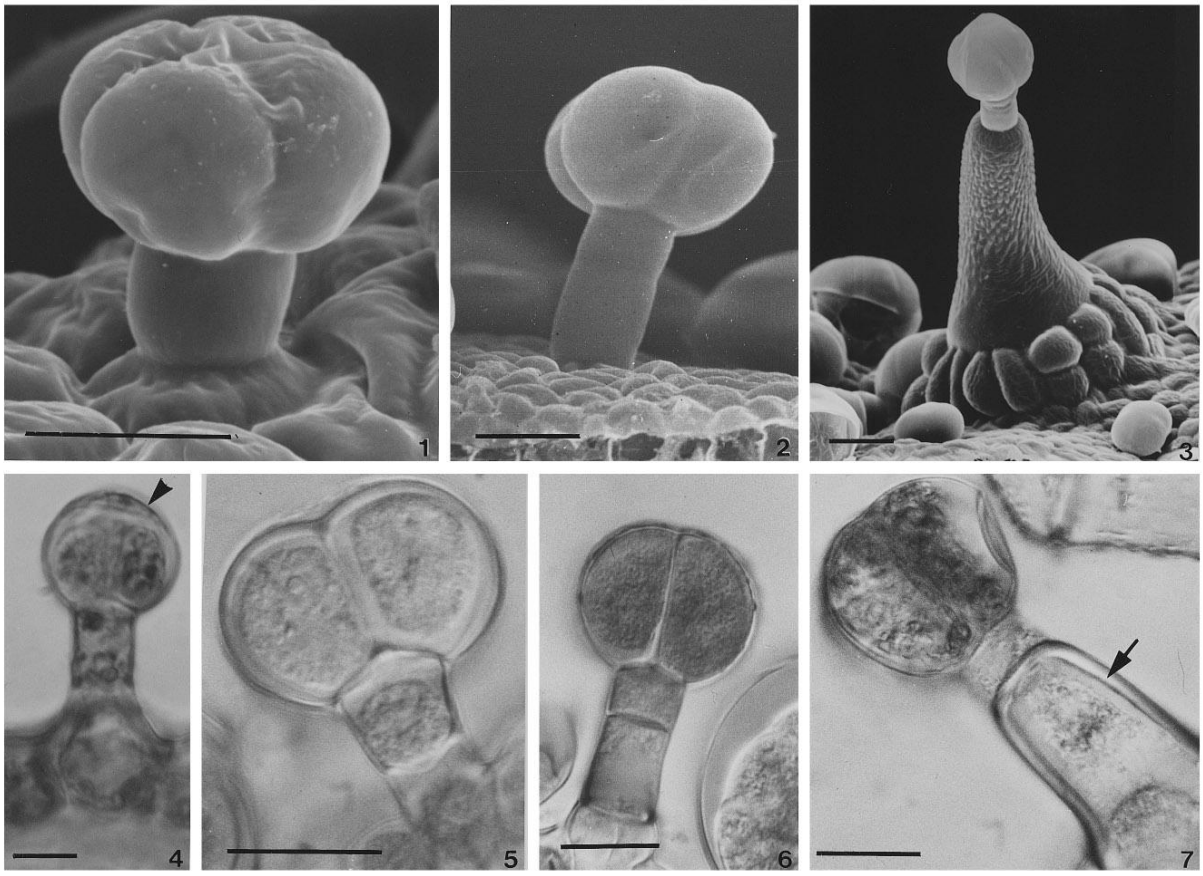


Fig. 16. Micrographies de poils glandulaires de *Leonotis Leonurus* :1 et 2. Poils bien développés ; 3. Poil en forme de "A". Echelle¯10 µm; 4-7. Poils glandulaires pluricellulaires observés au microscope optique. Echelle 10µm (d'aprés Ascensa et Pais, 1998)

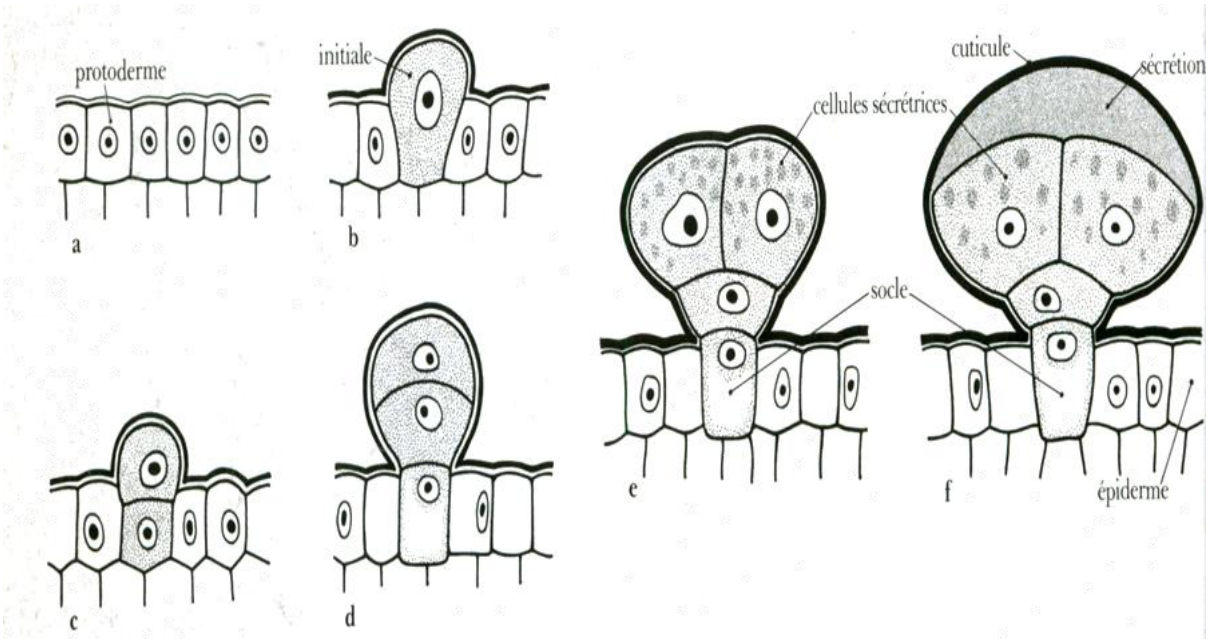


Fig. 17. Différenciation de poils glandulaires à la surface d'un épiderme. Feuille de lamier (Roland, 1995).

2.4. Le mésophylle

Le mésophylle est ordinairement différencié en deux couches : la partie supérieure est constituée d'une ou plusieurs assises de cellules allongées dans le sens vertical, de sorte qu'elles apparaissent en coupe comme les planches d'une palissade et, pour cette raison, ce tissu est appelé tissu palissadique ; il est riche en chloroplastes. La partie inférieure est toute différente ; ses cellules laissent entre elles de larges lacunes et elles sont plus pauvres en chlorophylle : c'est le tissu lacuneux**.** La photosynthèse s'effectue essentiellement dans le tissu palissadique (tissu chlorophyllien) qui possède le plus de pigment dateur et qui reçoit la lumière frappant la face supérieure de la feuille; les échanges gazeux entre le tissu assimilateur et l'extérieur, et notamment l'arrivée du gaz carbonique, se font par circulation de l'air à travers le tissu lacuneux et l'épiderme inférieur. Ce dernier est interrompu par de nombreux orifices appelés stomates (Ozenda, 1991). Selon Nultsh (1998), les cellules palissadiques sont tantôt rencontrées directement sous une couche de cellules épidermiques et tantôt sous une fine assise de cellules hypodermiques. Il peut s'observer sur les deux faces du limbe foliaire tandis que le parenchyme spongieux (lacuneux) est situé dans la partie moyenne, on parlera de structure isolatérale ou isobilatérale, la feuille est nommée équifaciale. Les cellules du parenchyme lacuneux sont très variables. Elles peuvent ressembler aux cellules palissadiques, avoir un même diamètre ou être allongées

parallèlement à la surface de la feuille. Cependant, le parenchyme lacuneux est caractérisé par la présence de lobes (lacunes) autour desquels se connectent les cellules spongieuses avec le milieu extérieur (Fahn, 1967).

2.5. Les stomates

2.5.1. Structure de l'appareil stomatique

L'épiderme peut être interrompu par des ouvertures appelées stomates (Fahn, 1967 ; Bouya, 2005). Les stomates permettent les échanges gazeux et la transpiration et leur ouverture ou fermeture est contrôlée physiologiquement (Tiercelin, 1998 ; Bouya, 2005). Vue de face, les stomates sont constitués de deux cellules réniformes qu'on appelle les cellules de garde. Leur cloison commune est percée d'une ouverture réglable qu'on appelle l'ostiole. Sous chaque stomate, les tissus sous-jacents réservent une vaste lacune appelée chambre sous-stomatique. L'ensemble des cellules stomatiques, l'ostiole et les cellules annexes ou cellules compagnes ou encore cellules subsidiaires constitue l'appareil stomatique (Nultch, 1998 in Belhadj, 2007) (Fig. 18).

2.5.2. Répartition des stomates

Les stomates sont habituellement présents sur les parties aériennes des plantes et particulièrement sur les feuilles, les fleurs, les tiges ordinaires, et les rhizomes (Fahn, 1967 ; Esau, 1977). Leur répartition, sur les deux faces de la feuille, diffère selon les espèces (classe de mono ou de dicotylédones) et selon les conditions du milieu (adaptation) (Fahn, 1967 ; Nultch, 1998 ; Bouya, 2005). Ils sont répartis d'une manière régulière sur les deux faces chez les feuilles de monocotylédones alors qu'ils sont plus abondants sur la face inférieure chez les feuilles de dicotylédones (Fig. 19) et le plus souvent regroupés en plage stomatique et protégés dans des cryptes et par des poils (Bouya, 2005). Quant à Stace (1965) et Camefort (1984), ils rapportèrent que les stomates des épidermes foliaires sont généralement dispersés au travers des cellules épidermiques. Dans certains cas, ils se regroupent en plages stomatiques ou sont strictement localisés au fond de cavités par renfoncement de l'épiderme garni de poils. Selon les mêmes auteurs, chez les espèces dont les feuilles sont dressées verticalement, les stomates sont répartis équitablement sur les deux faces. Chez celles dont les feuilles sont à peu près horizontales, les stomates sont presque toujours plus abondants sur la face inférieure. Les stomates sont présents également chez certaines plantes aquatiques, sur la face supérieure de leurs feuilles flottantes (épistomatie). Ils peuvent être présents sur les deux côtés de la feuille

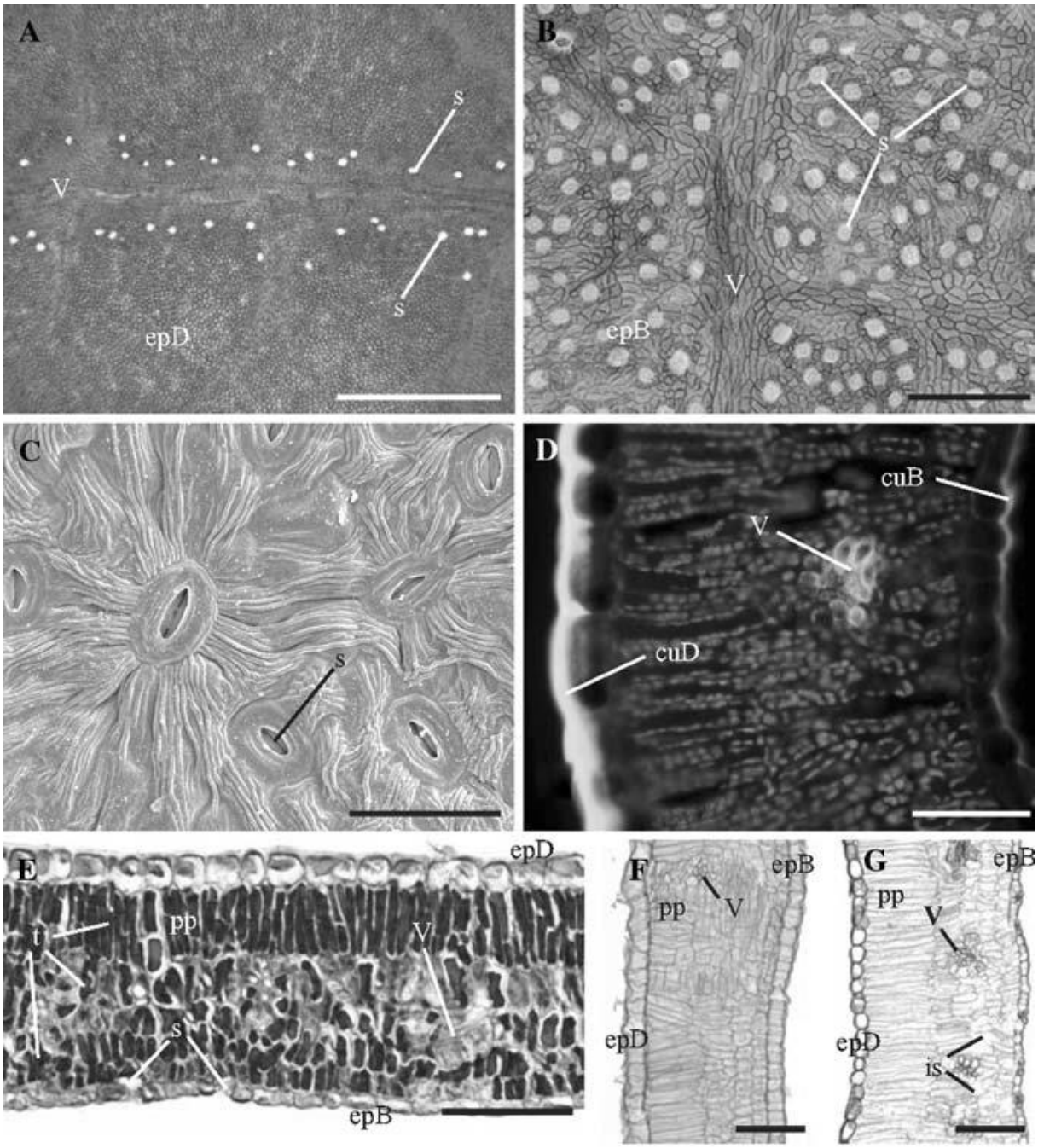


Fig. 19. Limbe de la foliole de *Pistacia terebinthus*. (A) Stomates sur la face adaxiale localisés lelong de la nervure principale (V). (B) Stomates sur la face abaxiale. (C) Stomates cutinisès avec épiderme ride (M.E.B.). (D) Limbe d'une foliole mature (Microscope à fluorenscence). Couche épaisse de cuticule sur la face adaxiale (cuD) et couche mince sur la face abaxiale (cuB). (E) Detection Histochemique des tannins (t) dans le limbe d'une foliole senescente. Safranin-Fast Green. (F) Jeune foliole avec parenchyme dense. (G) Foliole sénescente avce des espaces intercellulaires (is). Abbreviations: epB, épiderme abaxial; epD, épiderme adaxial; pp, parenchyme palissadique; s, stomate; V, nervure. Echelle (A, B) = 200 µm, (C) = 40 µm, (D, F) = 50 µm, (E, G) = 100 µm (D'après Alvarez et al., 2008).

(amphistomatie) ou du côté inférieur seulement (hypostomatie) (Fahn, 1967 ; Wilkinson, 1979 ; Nultch, 1998). Il existe des stomates appelés stomates aquifères, ce sont des stomates qui émettent de l'eau à l'état liquide, c'est un phénomène que l'on appelle phénomène de guttation. Ces stomates aquifères sont situés sur les bords des feuilles et des structures nectarifères. Ils sont généralement en très faible nombre.

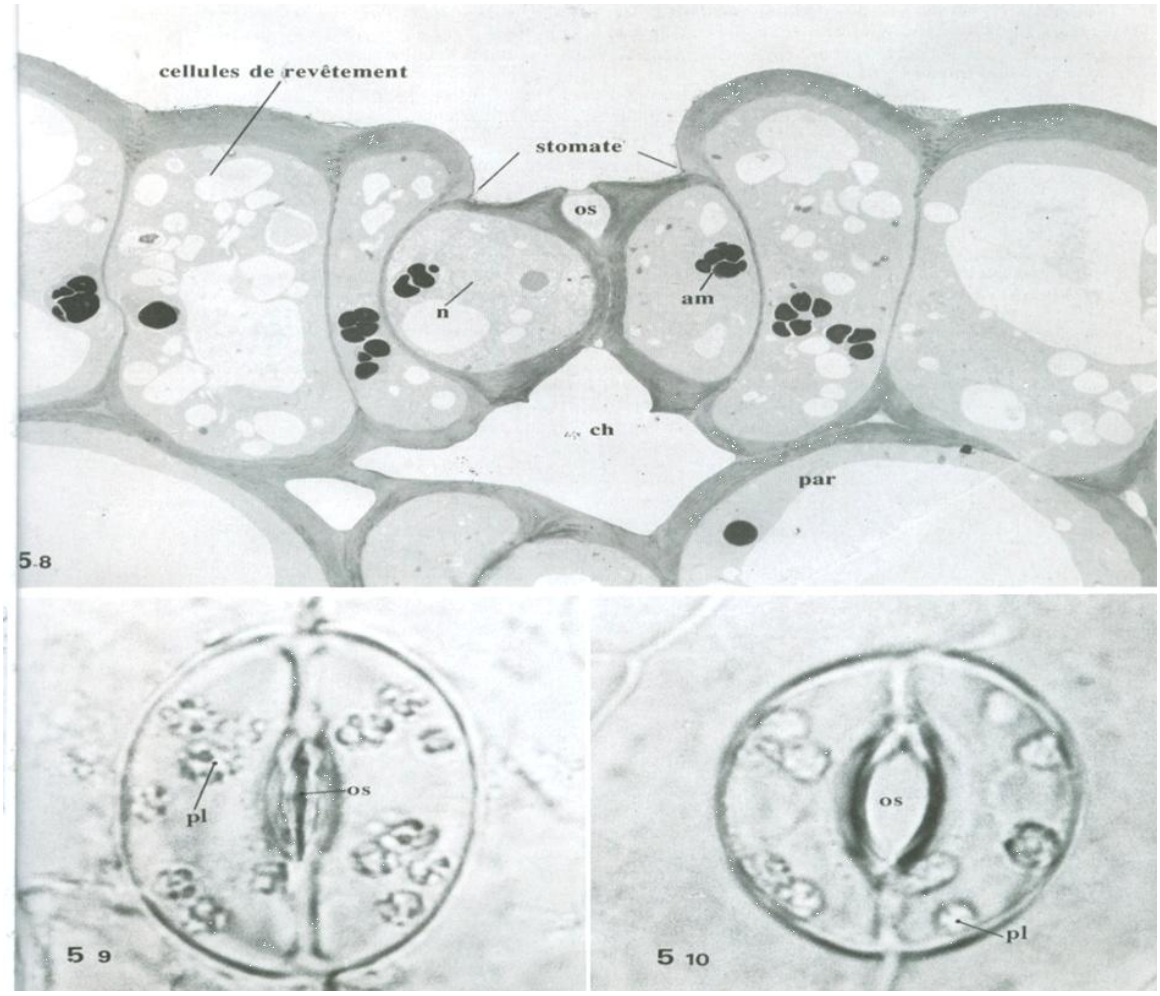


Fig. 18. Stomates de Soja (Roland, 1995). 1 : coupe ultrafine rencontrant une paire de cellules stomatique. **am,** plaste amylifère. **ch,** chambre sous stomatique. **n,** noyau. **os,** ostiole. **par,** parenchyme (x 4000). 2 et 3. Même matériel ; stomate vus de face sur le vivant. Fermeture (nuit) et ouverture (jour) (x 900).

2.5.2. Intérêt systématique du complexe stomatique

Les stomates sont présentés comme étant des pores au niveau de l'épiderme qui recouvre les feuilles. De Candolle (1825), adopte le terme de stomate pour désigner les pores à l'aspect de bouche présent au niveau de l'épiderme des parties aériennes et chlorophylliennes des végétaux. Le terme 'stomate' sera rapidement employé pour désigner l'ensemble du pore, les deux cellules reniformes le bordant et les cellules stomatiques ou cellules de garde (Belhadj, 2007).

Morphologiquement, quatre types principaux de stomates ont été reportés chez les dicotylédones, sur la base de l'arrangement des cellules épidermiques avoisinant les cellules de garde (Metcalfe et Chalk, 1950) : ce sont les types anomocytique, anisocytique, paracytique et diacytique. Suite à de nombreux travaux, il existe aujourd'hui une grande variété de types stomatiques reconnus sur la base de leur structure et ou leur ontogénie (Stace, 1965; Wilkinson, 1979; Baranova, 1972, 1987, 1992; Prabhakar, 2004; Carpenter, 2005).

On connaît l'importance du critère stomatique dans la taxonomie et la phylogénie de plusieurs espèces végétales. A la fin du I9^{éme} siècle, de nombreux auteurs vont s'intéresser aux stomates et étudier leur structure et leur développement chez des espèces très diverses (Nageli, 1884 ; Strasburger, 1866 et Vesque, 1889) .

2.6. Le système vasculaire

L'organisation des vaisseaux primaires et secondaires est très variable. La nervure principale est essentiellement formée par un large faisceau criblo-vasculaire dont le xylème est orienté vers la face ventrale du limbe et le phloème vers la face dorsale. Ce faisceau se trouve au sein d'un parenchyme pauvre en chloroplastes dont lequel se différencient le collenchyme et le sclérenchyme qui coiffent le xylème et le phloème du faisceau. Les nervures secondaires sont formées comme la nervure principale, par un faisceau criblo-vasculaire orienté de la même façon que celui de la nervure principale (Camefort, 1984). Ces dernières qui parcourent le limbe se ramifient un bon nombre de fois (Ozenda, 1991).

3. Changements structuraux de l'épidémie et du mésophylle des xérophytes

Les xérophytes sont des plantes qui se développent dans les milieux arides en élevant au maximum leur absorption en eau et en abaissant au minimum leur perte d'eau par

transpiration. Toutefois, le xéromorphisme ne se cantonne pas uniquement aux xérophytes et ces derniers ne présentent pas tous des caractères xéromorphiques. Par ailleurs, Fahn (1964) suggèra que les espèces colonisant les milieux secs présentent généralement des changements structuraux de la feuille particulièrement au niveau de l'épiderme et du mésophylle. Parmi ces changements nous pouvons citer : la réduction de la surface transpirante, la localisation des stomates dans des cryptes pilifères ou des invaginations épidermiques, épaississement de la cuticule et du revêtement cireux, la production des huiles et des tanins, une couche très dense de trichomes, qui diminuent la transpiration des végétaux. Quant aux changements structuraux du mésophylle, il consiste en un développement important du parenchyme palissadique qui freine le transfert de l'eau vers la surface de l'épiderme, la diminution du volume des cellules des parenchymes avec un épaississement de leurs parois cellulaires, la réduction des espaces intercellulaires et enfin la pression osmotique très élevée particulièrement chez les sclérophytes et les halophytes qui leurs permettent une résistance particulière aux conditions climatiques extrêmes.

Richter (1993) et Guignard (1998) reportèrent que l'adaptation des espèces aux milieux désertiques est surtout permise, comme chez les plantes en C_4, par la diminution entre autres de la transpiration stomatale, de la photo transpiration et l'organisation des cellules du mésophylle en couronne formant deux couches autour des faisceaux conducteurs. Quant aux plantes succulentes, Camefort (1984) rapporta que ces dernières présentent des changements plus importants. Au moment des pluies, l'eau est adsorbée massivement et mise en réserve dans un parenchyme spécial qu'est le parenchyme aquifère. Mais aussi, elles présentent la particularité d'ouvrir leurs stomates que la nuit.

DEUXIEME PARTIE :

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 :

MATERIEL ET METHODES

Chapitre 1 : Matériel et Méthodes

1. Matériel

Dans le cadre d'une étude comparative entre différentes espèces du genre *Pistacia*, issues de différents étages bioclimatiques, on a entrepris l'étude de :

- La variabilité micro et macromorphologique de 04 espèces du genre *Pistacia* ;
- Les caractéristiques métriques des stomates (longueur, largeur et densité).

1.1. Matériel végétal

Les feuilles de *P. atlantica* (02 populations), *P. lentiscus* (03 populations), *P.terebinthus* (01 population) et *P. vera* (03 populations) utilisées pour cette étude proviennent de sept stations localisées sous différents bioclimats en Algérie (tableau 3) : Senelba (S), Elzaina (Z), Ross Elayoun (R), Elmergueb (M), Ouled Suyeb (O), Elhamdania (H), la forêt d'Elkahla (K). Les feuilles ont été échantillonnées entre Juin et Septembre 2008 à 2009.

Dans chacune des stations, cinq (05) arbres ont été choisis aléatoirement pour chaque espèce. Excepté pour *Pistacia vera* nous avons échantillonnés 10 à (O), 4 à (M) et 9 à (R). Quinze (15) feuilles ont été prélevés de chaque arbre ; au total 53 arbres et 795 feuilles.

1.2. Caractéristiques générales des zones d'études

1.2.1. Choix des stations

1.2.1.1. Situation administrative des stations

L'échantillonnage a concerné au total sept stations sur 04 différentes wilayas du territoire algérien (Fig. 21) : la station de Ross Laayoun (R), Ain El zaina (Z) et Sénalba (S), wilaya de Djelfa ; la station de la Reserve d'Elmergueb (M) et Ouled suyeb (O), wilaya de M'sila ; la station d'Elhamdania (H), wilaya de Médéa et enfin la station d'El kahla (K), wilaya de Boumerdes.

Le choix des stations nous a été dicté par un certain nombre de considérations d'ordre pratique et scientifique concernant, la sécurité des conditions d'accès, la facilité d'accès aux stations, la présence dans la station d'un nombre d'individus suffisant et au houppier facilement accessible pour la réalisation d'un échantillonnage statistiquement adéquat (>05 arbres pour chaque station) (Fig. 20). Pour l'aspect scientifique, la diversité des bioclimats étudiés, et la présence des différentes espèces du genre *Pistacia* qui font l'objet de notre étude.

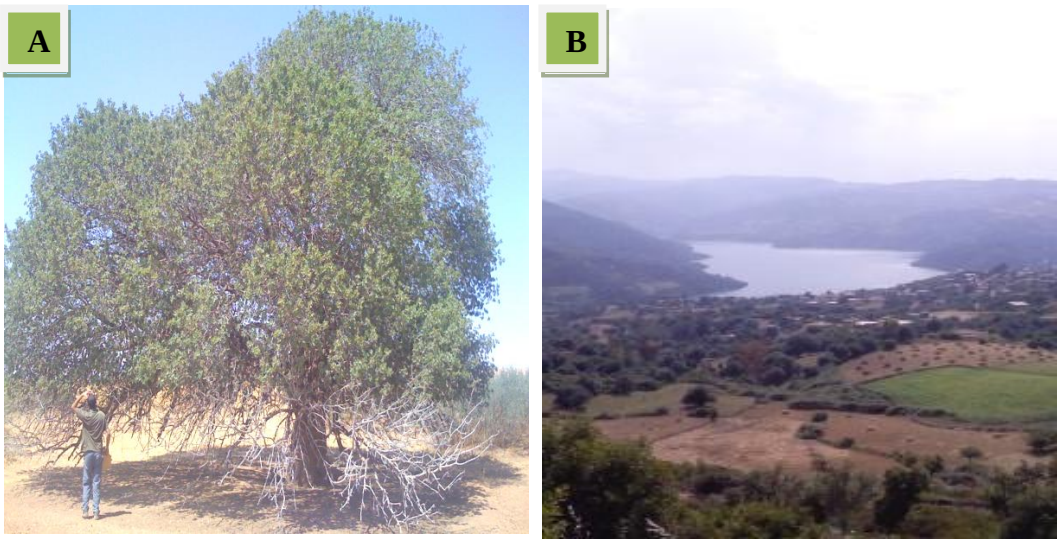


Fig. 20. Photographie illustrant l'accès aux stations et aux arbres.

A : station d'Elmergueb (Septembre, 2009) ; **B :** station d'Elkahla (Juin, 2008).

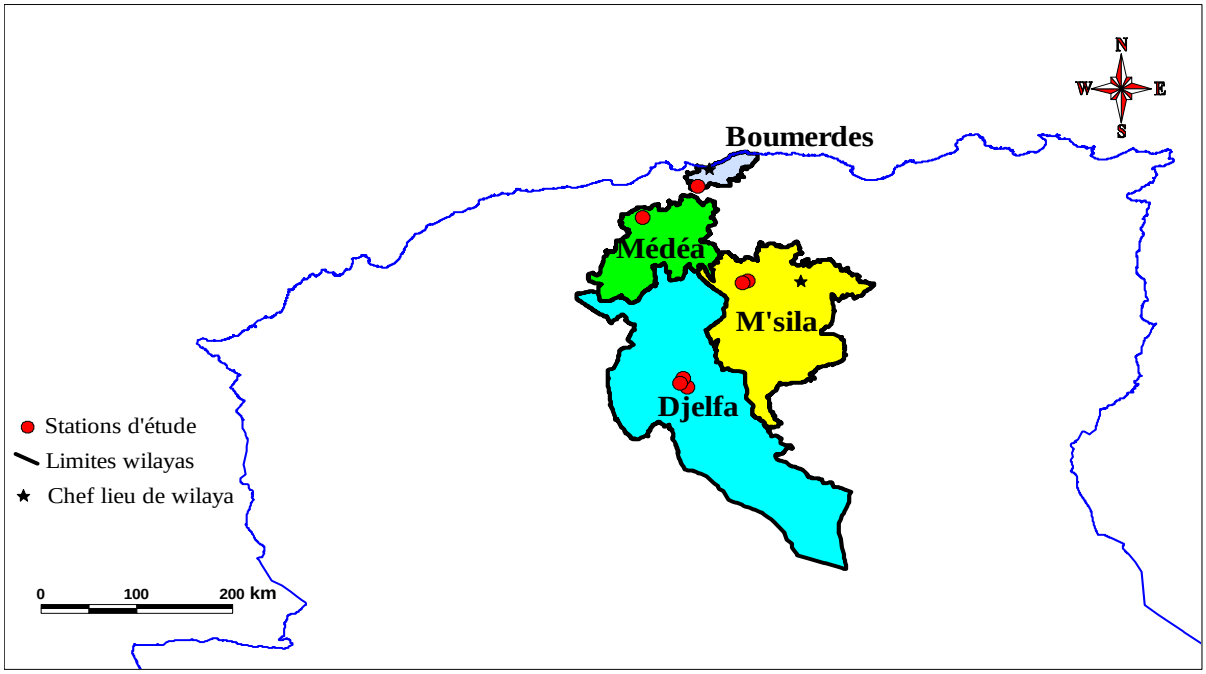


Fig. 21. Situation administrative des stations d'échantillonnage.

1.2.1.2. Présentation des stations d'étude et situation géographique

1.2.1.2.1. Les stations de Djelfa

La wilaya de Djelfa est située dans les hauts plateaux, dans la partie centrale de l'Algérie du Nord à égale distance de ses frontières Est et Ouest. Elle est située à 300 km au Sud d'Alger, à 110 Km au Nord de Laghouat et 80 Km au Sud-ouest de Boussaâda. Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord. Elle est limitée au Nord par Médéa et Tissemsilt ; au Sud par Ouargla, El Oued et Ghardaïa ; à l'Est par M'sila et Biskra et à l'Ouest par Laghouat et Tiaret.

La région de Djelfa occupe à 1200 mètres d'altitude une large dépression dans les monts des Ouled Naïls (Fig. 22). Elle se caractérise par des reliefs relativement élevés. Les principales chaines montagneuses qu'on y trouve sont :

- Djebel Shari qui se prolonge à l'Est et culmine à 1484 mètres d'altitude ;
- Djebel Senalba au Nord-ouest avec une altitude d'environ 1489 mètres et s'étend sur 40 Km de longueur ;
- Djebel Gharbi et Chargui au NNE avec des altitudes de 1400 et 1450 mètres ;
- Djebel Zerga et Tafara au SW culminant à 1000 mètres. Ce dernier s'allonge vers le NE pour atteindre 1363 mètres d'altitude.

L'aridité du climat de la région d'étude se traduit par d'importants écarts de températures entre la moyenne des minimas et celle des maximas (8 à 21 °C) et par une pluviométrie insuffisante, de l'ordre de 317 mm par an, et une irrégularité parfois très marquée (150 à 380 mm). Le réseau hydrographique et de type endoréique drainé vers les dépressions fermées (chotts et sebkha) (Chibane et al., 2010).

Le synclinal de Djelfa qui représente une vaste structure régulière est constitué par les successions géologiques suivantes (Chibane et al., 2010) :

- Le Crétacé inférieur : épaisses séries, en grande partie continentale, formées par des dépôts calcaires, marno-calcaires, calcaire-marnes, marnes et marno-calcaire-argileux ;
- Le Trias est composé d'argile et de gypse; le sel joue un rôle fondamental de par son extension et sa forte teneur ;
- Le Mio-Pliocène est composé de calcaire marneux, de marne, d'argile bleutée gréseuse et rouge à poudingue.

L'échantillonnage a été réalisé aux lieux dits (1) Senalba, (2) Ain Elzaina, (3) Ross Laayoun (Fig. 16).

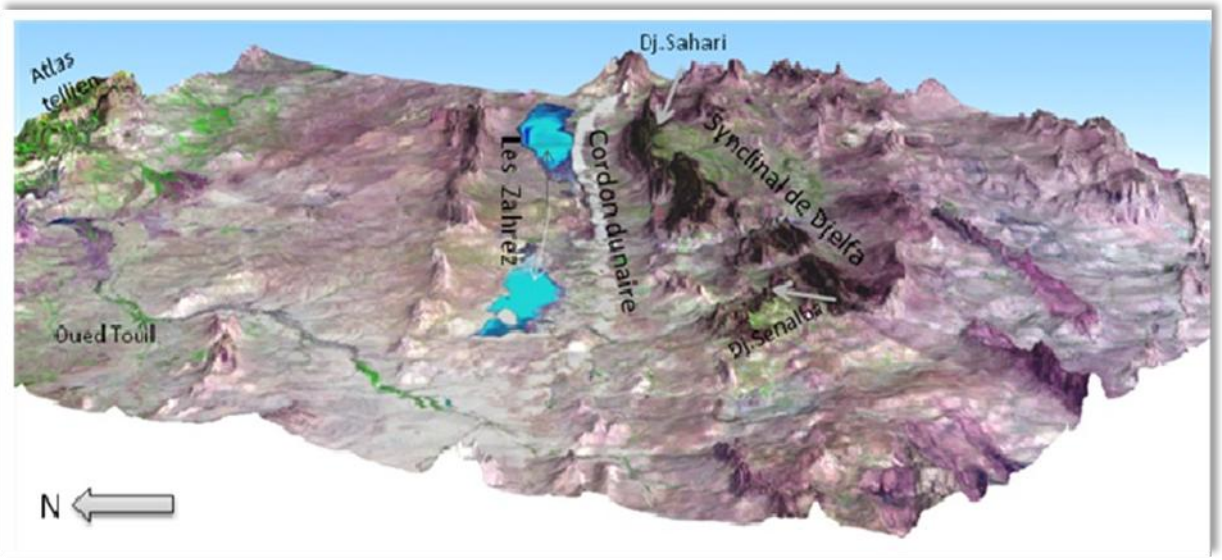


Fig. 22. Carte topographique de la région de Djelfa.

Source: Carte topographique au 200000 ème
Image: LANDSAT ETM+ (2004).

1.2.1.2.1.1. Sénalba

Le massif du Sénalba est d'une superficie de 13700 ha situé dans les Monts des Ouled Nail, partie centrale de l'Atlas saharien, qui se trouvent dans le prolongement du Djebel Amour à l'Ouest et continuent, à l'Est, par les Monts du MZab et des Aurès. Le massif de Sénalba se trouve à près de 30 km des premières rides qui succèdent au cordon dunaire d'El Masrane et au Chott Zahrez Chergui (Fig. 22), à 6 Km de la ville de Djelfa entre 36°36 et 36°42 latitude Nord et 3° et 3° 12 longitude Est.

Selon Kadik (1984), le Sénalba présente un climat de type méditerranéen semi continental avec une diversité bioclimatique, allant de semi-aride supérieur froid à l'aride supérieur frais à une altitude moyenne de 1200 mètres.

La forêt du Sénalba est une forêt naturelle dont l'espèce dominante est le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) ; néanmoins la situation méridionale de cette forêt la rend vulnérable. Ses pinèdes sont souvent en association avec des formations naturelles; le chêne vert (*Quercus ilex*), le genévrier de phoenicae (*Juniperus phoenicia*), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le romarin (*Rosmarinus tournefortii*), l'alfa (*Stipa tenacissima*). La structure

générale de ces peuplements est hétérogène du point de vue des taux de recouvrement qui sont variables.

Les séries stratigraphiques et lithologiques sont essentiellement des formations crétacées où alternent des séries calcaires (plus ou moins dolomitiques) marno-calcaires et gréseuses avec intercalation d'argiles versicolores souvent gypseuses. Les sols peu profonds et saturés en calcium, appartiennent pour une grande part à la classe des sols calcimagnésiques. On distingue plusieurs types de sols selon Kadik (1984) :

- Sols minéraux bruts ;
- Sols peu évolués ;
- Sols calcimagnésiques ;
- Sols isohumiques ;
- Sols fersialitiques ;

1.2.1.2.1.2. Ain El zaina

Elle est située à 6 km au Nord sur la rive gauche d'Oued Mellah, à une latitude de 34°43' Nord et une longitude de 3°12' Est avec une altitude de 1046m (Fig. 16). L'accessibilité est assurée par l'ancienne route nationale n° 01 qui rejoint l'actuelle route nationale à environ 1.5 km du centre. Elle est caractérisée par un terrain accidenté à l'Ouest et l'Oued Mallah à l'Est où s'est développée, sur sa rive gauche, une agriculture (cultures maraîchères) qu'il faut interdire à cause de l'utilisation des eaux de l'oued, polluées, pour l'irrigation. L'organisation d'Ain-Zaina se caractérise par une trame linéaire, organisé suivant un axe structurant liant la majorité des constructions. Ces dernières sont de deux catégories : Constructions anciennes et habitat rural promotionnel (D.P.A.T., 2004).

1.2.1.2.1.3. Station de Ross Laayoun (I.T.M.A)

D'une superficie de 20 à 22 ha, elle est limitée au Nord par le B.N.E.D.E.R ; au Sud par le verger de Hettab, à l'Est par l'oued Mellah et enfin à l'Ouest par la route nationale N° 1.

Les activités agricoles les plus importantes au niveau de l'I.T.M.A se caractérisent par la production animale (élevage des ovins et des bovins laitiers) et par la production végétale (l'arboriculture entre autre l'olivier et le pistachier, le maraîchage et la serriculture,).

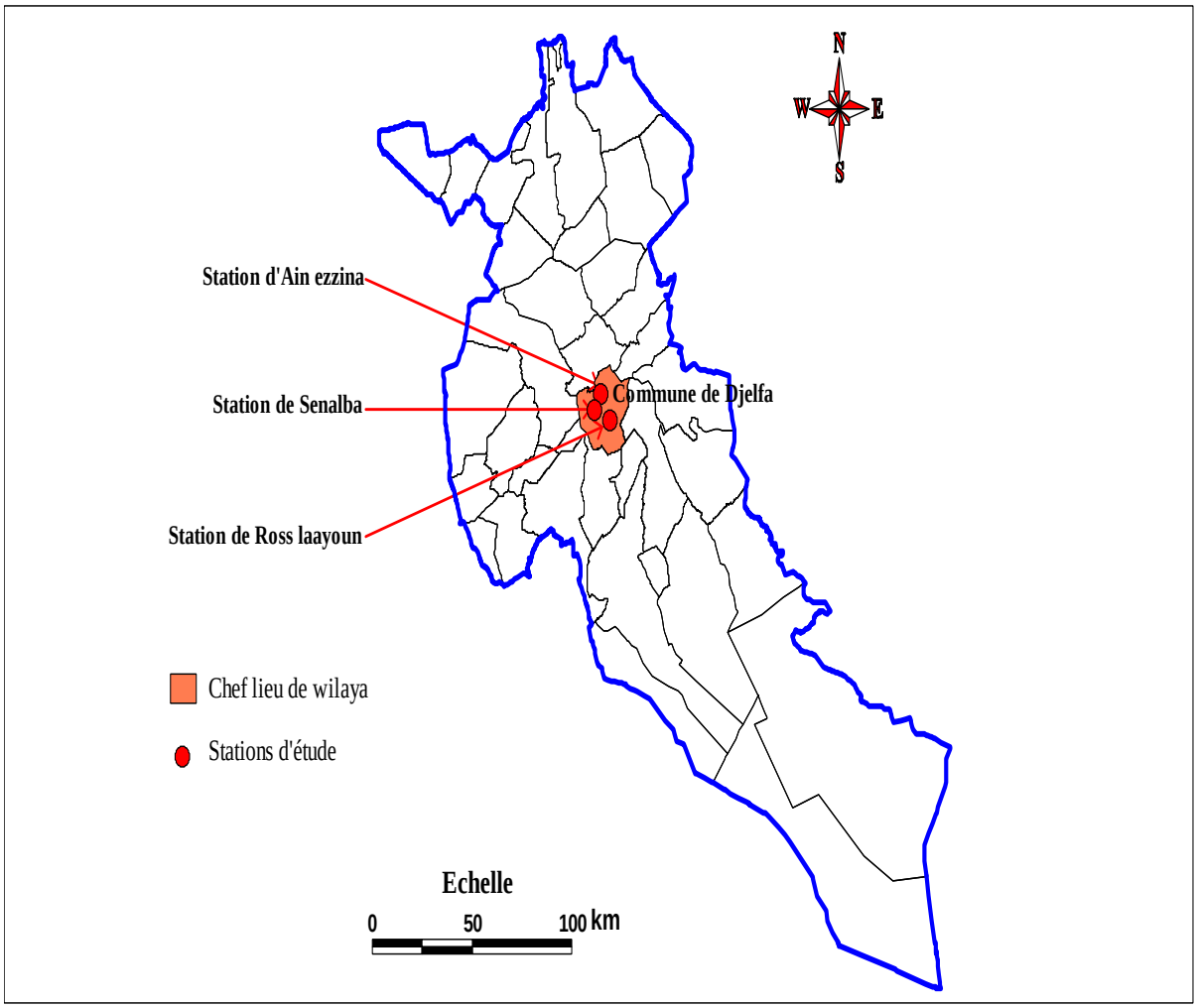


Fig. 23. Situation des stations d'Ain Ezaina, Sénalba et Ross Laayoun dans la wilaya de Djelfa.

1.2.1.2.2. Stations de M'sila

La Wilaya de M'sila, dans ses limites actuelles, occupe une position privilégiée dans la partie centrale de l'Algérie du Nord. Dans son ensemble, elle fait partie de la région des hauts plateaux du centre et s'étend sur une superficie de 18.175 km^2.

Selon l'annuaire statistique de la willaya de M'Sila (2004), le territoire de la wilaya constitue une zone charnière et de transition entre les deux grandes chaînes de montagnes, qui sont l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. La configuration géographique y est comme suit :

-Une zone de montagnes de part et d'autre du Chott El Hodna ;

-Une zone centrale, constituée essentiellement de plaines et de hautes plaines ;

-Une zone de chotts et de dépression avec, le Chott El Hodna au centre Est et le zahrez chergui au centre Ouest ;

- Une zone de dunes de sable éolien.

La wilaya de M'Sila renferme différents types de paysage; les plaines comprises entre 400 et 500m, les hautes plaines limitées à partir de 500 jusqu'à 1000m (où elles s'étendent sur des larges superficies : 11813km^2) et les montagnes à partir de 1000m. Les terrains pentes se localisent à l'extrême Nord et au Sud de la wilaya englobant les monts de Hodna, les monts de Ouled Nail et les monts du M'Zab (I.E.W.M, 2004).

Le climat de la wilaya est de type continental soumis en partie aux influences sahariennes, l'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid. Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au Nord; elle reçoit plus de 480mm par an (djebel Echadouk - chott de Ouenougha); quant au reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême sud de la wilaya et reçoit moins de 200mm/an.

Une grande partie de la wilaya est considérée comme un immense bassin versant bénéficiant l'impluvium de l'Atlas et qui reçoit les eaux de pluie des différents oueds qui se jettent principalement au chott El Hodna. Les principaux sont oued El-Ksob (96km), oued Maiter (52km), oued El-Magtaa (110km) et oued M'Cif (104km). En plus de ces oueds, on trouve une nappe phréatique dont l'eau est impropre à la consommation car elle très chargée et saumâtre; ainsi que des nappes profondes captives notamment celles du Hodna et de la plaine de Ain Rich (Carnet d'agence, 2002).

Les sols de M'Sila ainsi que notre zone d'étude sont représentées par 06 types de sols (B.N.E.D.E.R, 1995) :

-Les sols minéraux bruts (d'apport alluvial) ;

-Les sols peu évolués ;

-Les sols halomorphes ;

-Les sols isohumiques ;

-Les sols calcimagnésiques.

La végétation est représentée généralement par les formations suivantes :

- Le Pin d'Alep, espèce qui aime la lumière, s'adapte à la sécheresse et supporte la chaleur, très ordinaire représente la formation la plus dominante au niveau du djebel Messaad ;

- Le Genévrier de Phoenicie, espèce qui supporte l'aridité, on le trouve en mélange avec le Genévrier oxycèdre formant généralement des matorrals ;

- Le chêne vert : espèce qui se trouve à l'état dégradée et moins abondante ;

- Les formations herbacées dont la hauteur et généralement inférieures à 0.3m, sont dominées par des hemichryptophytes, des chamephytes et des géophytes; dont le rythme de production saisonnière est d'autant plus marqué que la sécheresse édaphique et plus longue (Gomres et al., 2005).

L'échantillonnage à été réalisé aux lieux dits Oued suyeb et Elmergueb dans la daïra de Aïn el Hadjel située à 65km au Nord-Ouest de la wilaya de M'sila (Fig. 24).

1.2.1.2.2.1. Elmergueb

D'une latitude Nord de 35°40' et d'une longitude Est de 03°55', le site de la réserve d'El-Mergueb s'étale entre les coordonnées « Lambert » suivantes : X (608,5 et 626,7) Km et Y (243,6-263,8) Km. La réserve est située à 150 Km au Sud-est d'Alger. Elle appartient à l'ensemble des Hautes plaines steppiques, vaste territoire qui s'étend entre l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud. Constituant l'extrémité orientale des steppes algéro-oranaises, la réserve fait partie de la plaine du Hodhna.

Le territoire de la réserve dépend, sur le plan administratif, de 03 communes : Sidi Hadjres (daïra de Aïn el Hadjel) au Nord et à l'Est, Sidi Ameur au Sud (daira de Sidi Ameur) et à l'Ouest Aïn el Hadjel (daïra de Aïn el Hadjel).

Le site d'Elmergueb représente un écosystème steppique particulier en Algérie et unique en Afrique du Nord. Plaine comprise entre 550 et 600m d'altitude, avec 03 principaux reliefs en son centre dont le point le plus élevé se situe à 805m, soumise à un climat aride avec une précipitation moyenne annuelle de 260mm en hiver et au printemps (Anonyme, 2005).

D'après Kaabache (2003), les principaux types de sols répertoriés peuvent être définis et caractérisés en fonction des unités géologiques et géomorphologiques précédemment mentionnées :

- Au niveau des djebels, kefs et dalaat se rencontrent, selon la roche-mère, deux grandes catégories de sols : d'une part, des lithosols et rendzines développés sur un substrat dur (calcaire, grés) et d'autre part, des régosols et des sols bruns calcaires constitués sur un substrat tendre (marne, marno-calcaire) ;

- Sur les glacis à encroûtement calcaréo-gypseux se développent des sols calcimagnésiques xériques à croûte calcaire, peu évolués caractéristiques de l'ensemble des parcours steppiques liés soit à l'étage bioclimatique méditerranéen aride (parcours à alfa à armoise blanche et sparte) soit à l'étage bioclimatique saharien (parcours à remth) ;
- Les faidh (zones d'épandage des eaux) et les dayas se caractérisent par la présence de 2 types de sols : les sierozems profonds, à structure nette et où domine une texture moyenne et les sols d'apport alluvial, plus ou moins récents, à texture limono-argileuse ;
- Les accumulations sableuses sous forme de micro-dunes et de placage sableux, correspondent à des sols minéraux bruts, d'apport éolien.

Le site d'Elmergueb présente une diversité d'espèces végétales autochtones protégées par la législation algérienne :

- une végétation herbacée à base d'alfa et d'armoise blanche ;
- des forêts galerie de pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) entourées de jujubier (*Zizyphus lotus*) en bordure des talwegs de la partie Ouest du site ;
- une zone de relief ornée d'arbustes reliques tels *Rhus tricuspidata*, *Lycium arabicum* et l'Olivier sauvage (*Olea europaea*) (Kaabache, 2003).

1.2.1.2.2.2. Ouled Suyeb

D'une latitude Nord de 35°39' et d'une longitude Est de 3°52', le site d'Ouled suyeb se situe dans la daïra d'Aïn el Hadjel à 469 m d'altitude, elle s'éloigne de la réserve d'Elmergueb de 5km Nord.

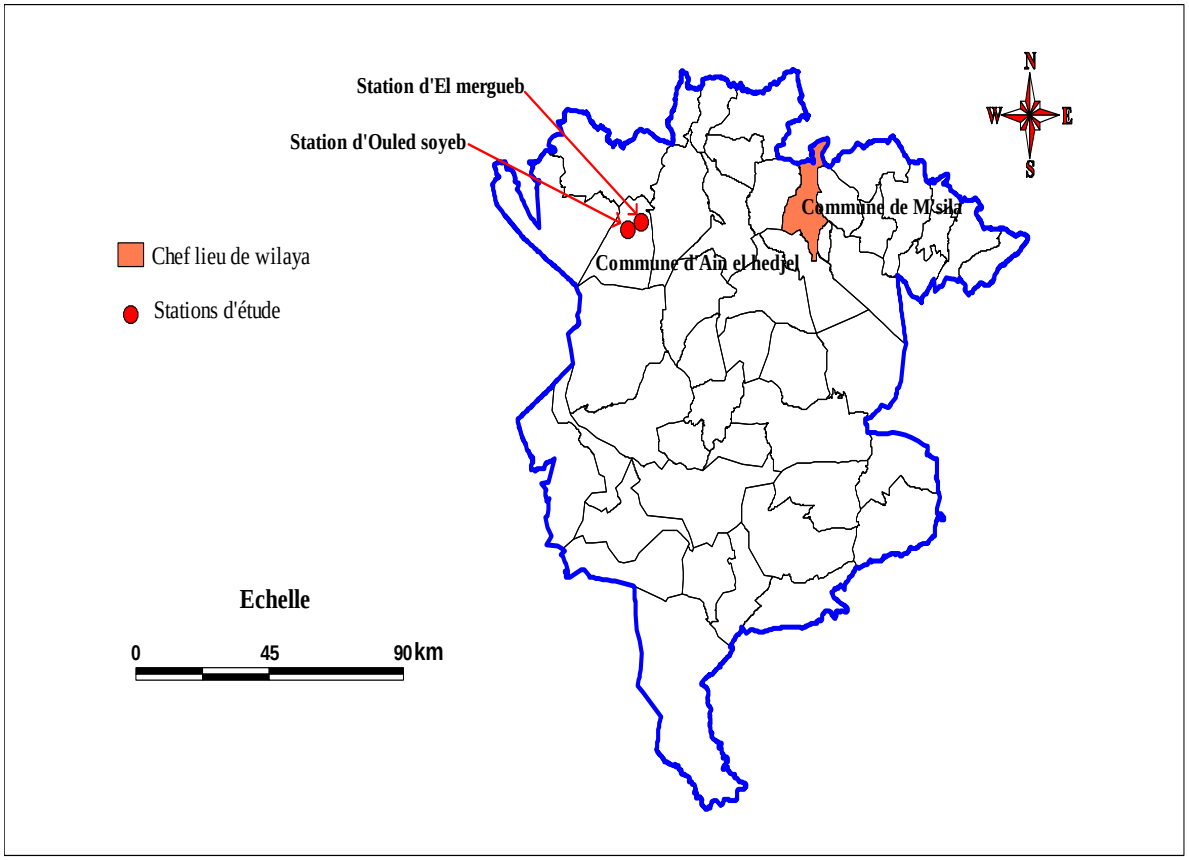


Fig. 24. Situation des stations d'Elmergueb et de Oued soyeb dans la wilaya de M'sila.

1.2.1.2.3. Station de Médéa

Le Chef lieu de la Wilaya de Médéa se situe à 88 Km au Sud d'Alger, sur la route nationale N°01. Elle occupe une superficie de 8700km2, et comprend 19 Daïras, qui se décomposent en 64 communes. Médéa a des frontières communes avec d'importantes wilayas d'Algérie. Au Nord, avec la wilaya de Blida, au Sud, la wilaya de Djelfa, à l'Est, les wilayas de M'sila et Bouira et à l'Ouest, les Wilayas de Ain Defla et de Tissemsilt. Une telle position stratégique a fait de Médéa une zone de transit principale et un trait d'union entre le Tel et le Sahara, d'une part, et entre les Hauts Plateaux de l'Est et ceux de l'Ouest, d'autre part. Ceci grâce à l'important réseau de routes nationales principales.

Le climat de Médéa se distingue par des caractéristiques dues à de nombreux facteurs qui sont entre autres :

- Son altitude qui atteint 1240 m au dessus du niveau de la mer (sommet de Benchicao) ;
- Sa position sur les monts de l'Atlas tellien ;
- Son exposition aux vents et aux vagues de courants venant de l'Ouest.

Tous ces facteurs ont fait que Médéa dispose d'un climat méditerranéen semi continental, froid et humide en hiver, tempéré au printemps et chaud et sec en été. Médéa reçoit une quantité considérable de pluie atteignant 500 mm par an, avec une moyenne de pluviométrie élevée, particulièrement en Décembre, Janvier et Février. La neige quant à elle, recouvre régulièrement les hauteurs de Benchicao, situées à une altitude de 1240 m, Taguenssa commune de Ouled Hellal et Ain Diss à la commune de Ain Boucif (O.N.M, 2005).

L'espace vital de la Wilaya de Médéa se compose de quatre principales zones qui sont:

- **La zone montagneuse** : elle se compose d'une chaîne de montagnes continue qui limite la partie Ouest et Nord de la wilaya. Cette zone s'étend des monts de l'Ouarsenis jusqu'à Tablat. Elle se distingue par un faible taux de densité démographique et par une large couverture forestière, ce qui en fait une zone d'élevage par excellence ;
- **La zone Tellienne** : Se situant au milieu de la wilaya, elle se distingue par son caractère agricole notamment la culture de la vigne, des agrumes et des pommes. Cette zone est également connue pour ses riches pâturages au bord des oueds et des courants d'eau ;
- **La zone des plaines** : Elle comprend les plaines de Beni Slimane et de M'Rachda qui se situent au milieu de la zone tellienne. Ces plaines se singularisent par la culture des arbres fruitiers et l'élevage ;
- **La zone du Sud** : Cette zone se caractérise par l'irrégularité de la pluviométrie. C'est la culture des céréales qui y est répandue en plus de l'élevage ovin, bovin et caprin.

Médéa dispose d'une superficie forestière estimée à 161 320 hectares, comprenant principalement des pins d'Alep, le chêne liège et le chêne vert. En plus de cette richesse en arbres forestiers, on retrouve également différentes variétés de plantes et d'arbustes aux vertus médicinales. Parmi ces plantes, nous citerons le romarin, le frêne, la bruyère et l'eucalyptus. Cette richesse forestière, qui représente 18,38 % de la superficie totale de la wilaya, a permis la prolifération de la faune, en particulier, le lièvre, le chat sauvage, la tourterelle et le canard, en plus d'autres animaux locaux tels que le Singe magot, le singe des Babors, etc.

Nos échantillons ont été prélevé au lieu dit Elhamdania situé à proximité des rives de l'Oued Chiffa, le site d'El Hamdania, à 12 km au Nord de Médéa, offre une vue panoramique

"imprenable", à l'Ouest, sur les monts de Tamezguida, et par l'Est, sur les monts de Chréa (Fig. 25).

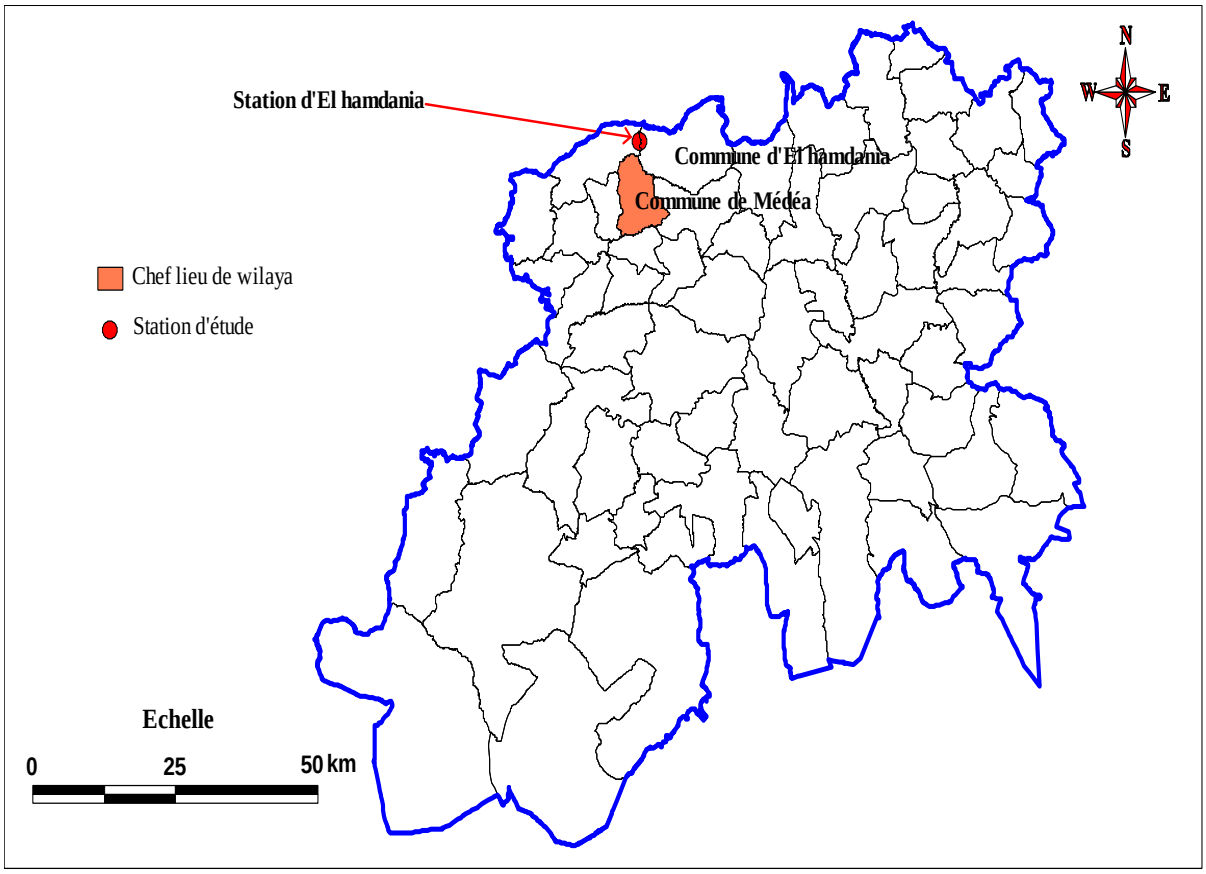


Fig. 25. Situation de la station d'Elhamdania dans la wilaya de Médéa.

1.2.1.2.4. Station de Boumerdès

La wilaya de Boumerdès se situe dans la région Nord Centre, partie intégrante de l'Est de l'aire métropolitaine d'Alger. Elle comprend 32 communes et 09 Daïras et s'étend sur une superficie de 1.456,16 km2. La wilaya de Boumerdès est délimitée au Nord par la mer Méditerranée entre Boudouaou El Bahri et Afir; à l'Ouest par la wilaya d'Alger, à l'Est par la wilaya de Tizi Ouzou (massif de la haute Kabylie), au Sud Ouest par la wilaya de Blida (plaine de la Mitidja) et au Sud par la wilaya de Bouira (plateau de Bouira). Ces ensembles géomorphologiques font que la wilaya de Boumerdès bénéficie d'une diversité des formes et des reliefs très intéressante dans la mesure où l'on y trouve à la fois des vallées, des plaines, des collines, des coteaux et des basses montagnes. L'altitude dépasse rarement les mille

mètres. Le point culminant est à 1.031 m, dans la commune d'Ammal. Le territoire de la wilaya de Boumerdes est traversé par un important réseau hydrographique. Outre les petits cours d'eau, il existe des oueds d'un débit appréciable (tels que : l'oued SEBAOU, l'oued ISSER, l'oued LARBATACHE et l'oued KEDDARA). Les débits de ces oueds, bien qu'importants en saison humide, sont en général irréguliers.

La wilaya de Boumerdès est caractérisée par un climat méditerranéen (hivers froids et humides et étés chauds et secs). La pluviométrie est irrégulière et varie entre 500 et 1 300 mm/an (entre 650 mm sur les plaines et 750 mm à 800 mm sur les massifs montagneux du Sud et de l'Est). Il y a lieu de signaler que la région de Dellys est plus arrosée que le reste de la wilaya avec une pluviométrie moyenne égale à 900 mm/an (D.P.A.T., 2009).

Du point de vue pédologique, la Wilaya dispose d'un potentiel en sols d'une grande valeur agronomique dont l'essentiel se trouve dans la vallée du bas Isser, la plaine du SEBAOU et de la Mitidja. Ils se caractérisent par une texture fine et par leur aptitude à la pratique d'une agriculture intensive. Suivant leur structure agro-pédologique, nous distinguons trois catégories principales de sols qui sont :

- les sols fertiles à haut rendement agricole formant les plaines du littoral dont une partie est souvent marécageuse (bordure des oueds) ;
- les sols cultivables mais parfois accidentés et exposés à l'érosion, propices à la pratique de la céréaliculture et de l'arboriculture rustique au niveau des piedmonts ;
- les sols pratiquement incultes formant les massifs montagneux rocailleux, accidentés et recouverts de végétation forestière. Les principales essences forestières que compte la région se résument comme suit : Chêne liège représentant 2138 Ha (9%), Pin d'Alep représentant 1046 Ha (5%), Eucalyptus représentant 481 Ha (2%), Thuya représentant 65 Ha (0,28%) et autres (Peuplier, Orme, Frêne et lentisque) représentant 10 Ha (0,04 %) (DPAT, 2009).

L'échantillonnage a été réalisé à la forêt d'Elkahla (1476 Ha), dans la commune de Larbatache, une localité distante de 35 kilomètres à l'ouest du chef-lieu de la wilaya de Boumerdès (Fig. 26).

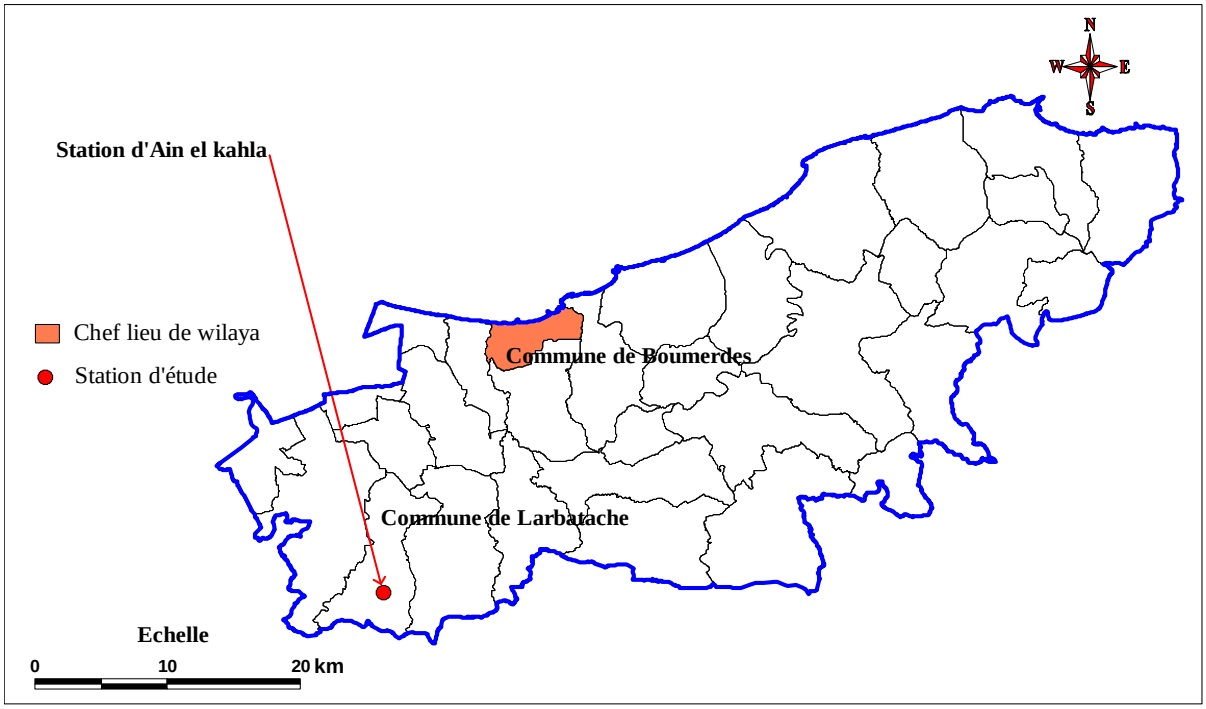


Fig. 26. Situation de la station d'Elkahla dans la wilaya de Boumerdès.

1.2.2. Etude climatique des zones d'échantillonnage

1.2.2.1. Synthèse climatique

Les différents facteurs climatiques agissent ensemble et la végétation est la réponse biologique à la résultante de cette action. C'est pour cela que la recherche d'expressions synthétiques du climat a toujours été tentée. Les facteurs climatiques n'ont une véritable indépendance ni en météorologie, ni en écologie (Sauvage, 1960). D'où l'intérêt de formules climatiques proposées par les auteurs pour une étude synthétique du climat recherchant une classification des types de climat qui puisse rendre compte au mieux du comportement de la végétation.

Dans la présente étude, les données climatiques (température et pluviométrie) nous ont été fournies par les différentes stations régionales de l'Office National de Météorologie (O.N.M., Djelfa, Médéa et M'sila), l'Institut de Technologie Moyen Agricole (ITMA., Djelfa), de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H., Médéa), des Directions de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (D.P.A.T., Djelfa, Boumerdès). Ces données ont été complétées par les données climatiques de Seltzer (1946) pour la période de 1913 à 1938, de Chaumont et Paquin (1971), de Lucido (1972).

Les données pour l'une des variables climatiques (température ou pluviométrie) sont parfois manquantes sur plusieurs années, et les données disponibles ne correspondent pas toujours aux mêmes périodes. Il nous a donc semblé judicieux de faire une synthèse de toutes les données climatiques disponibles pour avoir une synthèse climatique d'une période beaucoup plus longue et plus représentative des stations (Tableau 3).

1.2.2.2. Quotient pluviométrique et Climagramme d'Emberger

Le système d'Emberger permet la classification des divers climats méditerranéens. Ceux-ci sont caractérisés par des saisons thermiques nettement tranchées, une pluviosité concentrée sur une période froide de l'année et une période sèche. Ce quotient permet de visualiser la position des stations météorologiques et il est possible de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce voire d'un groupement végétal et de procéder à d'éventuelles comparaisons. Il a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = 2000\ p / (M+m) \times (M-m) = 2000 \times p / (M^2 - m^2)$$

Où :

- **Q_2 :** Quotient pluviométrique d'Emberger ;
- **P :** Pluviométrie moyenne annuelle en millimètres ;
- **M :** Température maximale moyenne du mois le plus chaud exprimée en degré Celsius ;
- **m :** Température minimale moyenne du mois le plus froid exprimée en degré Celsius ;
- **(M-m) :** Amplitude thermique en degrés Celsius.

La valeur (M + m)/2 du fait de son expression en degrés Kelvin varie peu, Stewart (1968) in Le Houérou et al. (1995), l'assimile à une constante K= 3.43, d'où le quotient :

$$Q_3 = 3.43 \times p / (M-m)$$

Où :

- **Q_3 :** Quotient pluviométrique en mm/°C ;
- **3.43 :** Constante relative à la région : Algérie-Maroc.

Chaque station est placée sur un graphe à deux axes perpendiculaires : en abscisses sont portées les valeurs de « m » en degré Celsius, en ordonnés les valeurs de Q_3 (Fig. 27). Les valeurs du quotient pluviométrique (Q_3) des différentes stations sont reportées dans le tableau 1.

1.2.2.3. Synthèse

En combinant le quotient pluviométrique (Q_3) avec la moyenne des minima du mois le plus froid, nous avons classé nos zones d'étude dans des étages bioclimatiques différents, les valeurs obtenues pour le quotient pluviométrique sont très variables et comprises dans la fourchette 21 et 83 (pour P variant entre 214 et 650mm) (tableau 3, Fig. 27).

Selon le Houérou et al. (1977), la classification des bioclimats en fonction des valeurs remarquables de P et m permet de dresser les tableaux suivants :

Tableau 1. Etages bioclimatiques en fonction de la pluviométrie.

P (mm)	**Etage bioclimatique méditerranéens**	
800-600	Sub humide	
600-400	Semi-aride	
400-300	Aride	Supérieur
300-200		Moyen
200-100		Inférieur
< 100	Saharien	

Tableau 2. Variantes thermiques en fonction de la température minima (m).

m en °C	**Variantes à hivers**
-5 à -2	très froids
-2 à +1	froids
+1 à +3	frais
+3 à +5	tempérés
+5 à +7	doux
> +7	chauds

Tableau 3. Synthèse des principales caractéristiques climatiques des stations étudiées.

station	latitude	longitude	Altitude (m)	M. (°C)	m. (°C)	Précipitations (mm/an)	Q3	Etage bioclimatique
Boumerdes- Elkahla (K)	36°35'N	3°'22'E	495	32.8	5.9	650	82.9	Sub humide tempéré
Medea-Elhamdania (H)	36° 21'N	2° 46'E	950	31	-1.3	490	52.1	Sub humide froid
M'sila-Elmergueb (M)	35°40'N	3°55'E	630	36.6	2.7	308.6	31.2	Semi-aride frais
M'sila-Ouled Suyeb (O)	35°39'N	3°52'E	469	38.2	3.7	214.3	21.3	Aride tempéré
Djelfa-Zaina (Z)	34°43'N	3°12'E	1092	34.6	1.4	320.9	34.7	Semi-aride frais
Djelfa-Senelba (S)	34°40'N	3°10'E	1270	33	-1	320.9	34.4	Semi-aride froid
Djelfa-Ross layoun (R)	34°38'N	3°15'E	1153	34	1.4	320.9	33.5	Semi-aride frais

Cette analyse bioclimatique nous a permis d'une part de définir le climat actuel et d'autre part d'envisager les problèmes liés aux exigences bioclimatiques de différentes espèces du genre *Pistacia.*

De cette étude bioclimatique il en ressort que le genre *Pistacia* est adapté aux différentes conditions climatiques comme il a été évoqué par Elyafi (1979). En effet, le genre *Pistacia* se trouve presque sur tous les étages bioclimatiques, étage méditerranéen, sub-humide, humide, aride, semi-aride, saharien supérieur et inférieur. La majorité des stations sont situées au niveau des zones steppiques qui sont caractérisées par un climat semi-aride et aride avec des hivers froids, frais ou tempérés. De faibles précipitations présentant une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle. Elles se situent, généralement entre 150mm en bordure saharienne et plus de 500mm en bordure tellienne. Les régimes thermiques relativement homogènes mais très contrastés, de type continental, selon le Houérou (1995), leur amplitude annuelle est généralement supérieure à 20°C avec un minimum hivernal atteignant facilement -5°C (parfois moins) à Djelfa et un maximum estival dépassant 40°C (Pouget, 1980).

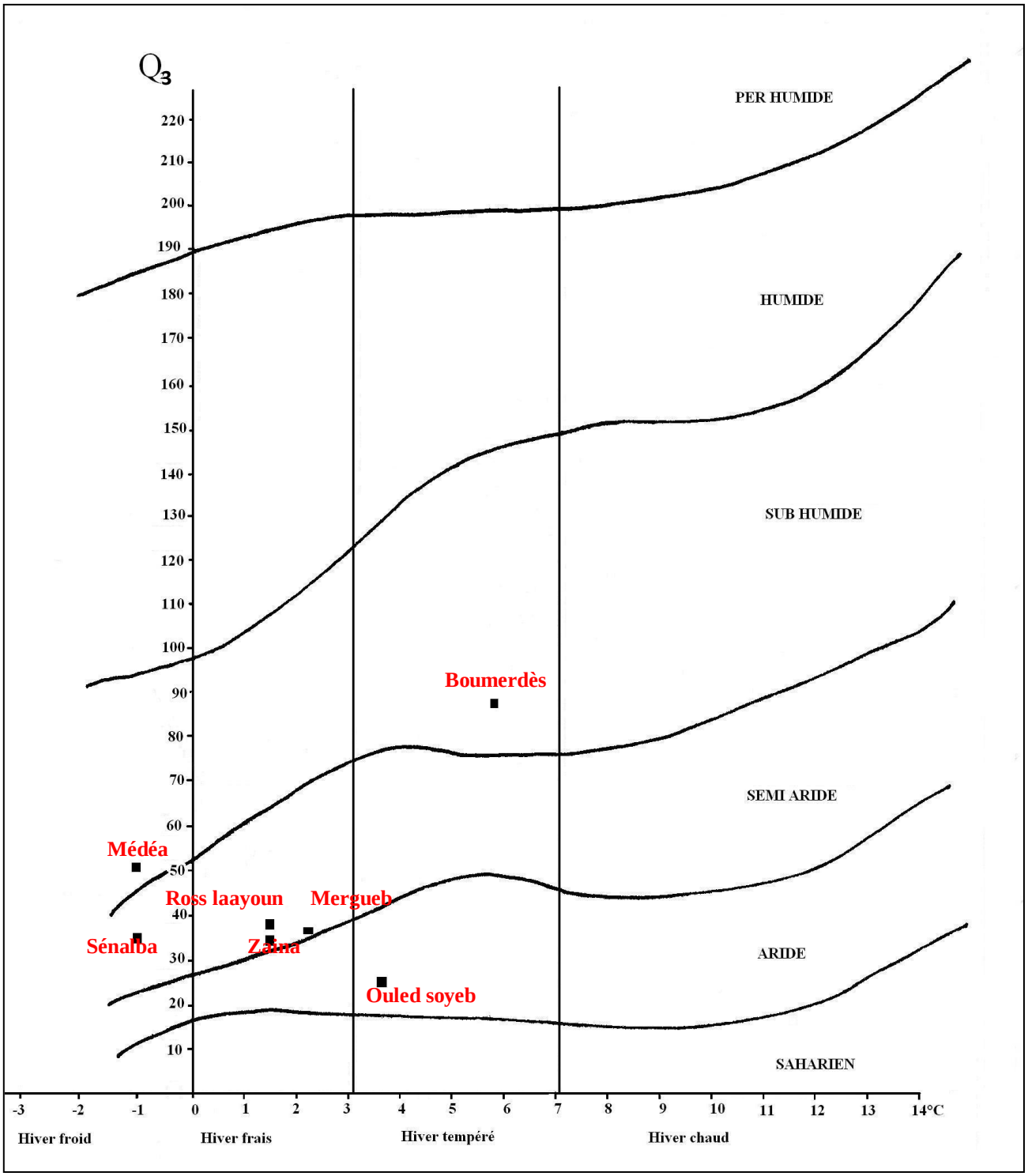


Fig. 27. Situation des stations d'échantillonnage dans le climagramme d'Emberger.

2. Méthode

2.1. Etude de la variabilité morphologique chez quatre espèces du genre *Pistacia*

Les feuilles sont séchées à l'air libre et conservés dans des sachets en papier au laboratoire. Pour les mesures biométriques et morphologiques, nous nous somme basés sur la méthode décrite dans le référentiel de l'I.P.G.R.I (1998) (Fig. 28). Des surfaces foliaires adaxiales et abaxiales ont été observées avec un microscope photonique HUND S200. D'autres échantillons de feuilles ont aussi été préparés avec la procédure standard pour le microscope électronique à balayage (MEB). Les surfaces foliaires adaxiales et abaxiales ont été observées avec un microscope Philips XL 30ESEM (USA), et des micrographies ont été enregistrées à différents grossissements.

2.1.1. Mesures

Des observations à l'œil nu ou à la loupe binoculaire (Bentleyvision 4.5x 10) ont été effectuées et ont porté sur :

-les caractères morphologiques quantitatifs : sept caractères quantitatifs ont été mesurés. (1) longueur de la feuille (cm), (2) largeur de la feuille (cm), (3) longueur de la foliole terminale (cm), (4) largeur de la foliole terminale (cm), (5) longueur du pétiole (cm), (6) nombre de paires de folioles ;

-les caractères morphologiques qualitatifs : huit caractères qualitatifs ont été mesurés (tableau 4). (08) ailes foliaires, (09) marge de la feuille, (10) couleur de la feuille, (11) présence de cire sur la feuille, (12) présence de la foliole terminale, (13) taille de la foliole terminale par rapport aux folioles basales, (14) forme de la foliole terminale, (15) forme de l'apex de la foliole terminale, (16) forme du pétiole.

2.1.2. Analyses statistiques

L'interprétation des résultats obtenus a été possible après avoir effectué des analyses statistiques qui consistent, à comparer les quatre espèces étudiées à l'intérieur et entre les différentes stations. Les statistiques descriptives, le test de corrélation de Pearson, l'analyse de la variance et la comparaison des moyennes (test Tukey et test T) ainsi que l'analyse en composantes principales (ACP), ont été réalisés avec les logiciels « Statistica 8 », « SPSS 17.0 » et « logiciel R».

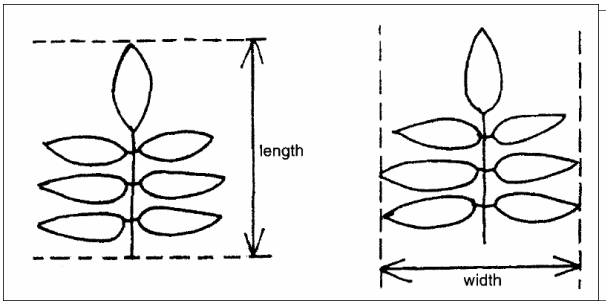
Tableau 4. Variables qualitatives mesurées pour les feuilles des différentes espèces.

Variables	Code	Valeur
-Ailes foliaires	Af	0 : Absentes ; 1 : Présentes au niveau du rachis ; 2 : Présentes au niveau du rachis et du pétiole.
-Marge de la feuille	Mf	1: plate; 2: Ondulée.
-Couleur de la feuille	Cf	1: Vert clair ; 2 : Vert ; 3 : Vert foncé.
-Présence de poils sur la feuille	R	- : Absente ; + : présente.
- Foliole terminale	Ft	0 : Absente ; 1 : Présente
-Taille de la foliole terminale par rapport aux folioles basales	Tft	1 : Plus petite ; 2 : Même taille ; 3 : Plus large.
-Forme de la foliole terminale	Fft	1: Lancéolée ; 2 : Ovale ; 3 : Ovale -arrondie ; 4 : Arrondie ; 5 : Elliptique ; 6 : Elliptique étroite ; 7 : Large lancéolée
-Forme de l'apex de la foliole terminale	FA	1: Mucroné ; 2 : Acuminé ; 3 : Pointu ; 4 : Caudal ; 5 : Cuspide ; 6 : Aigu ; 7 : Obtus ; 8 : Rétus ; 9 Emarginé
-Forme du petiole	Fp	1 : Aplatie ; 2 : Arrondie ; 3 : Arrondie légèrement aplatie sur un côté.

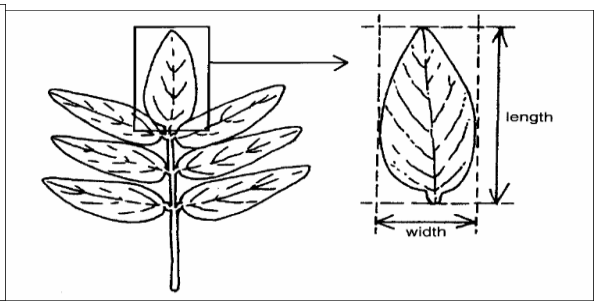
2.2. Etude biométrique des stomates

2.2.1. Méthode de préparation des échantillons pour les observations au microscope optique

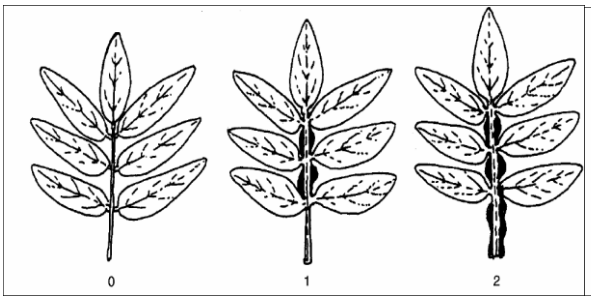
La méthode de l'impression épidermique a été utilisée pour la réalisation des mesures biométriques pour les stomates. Le principe de la méthode consiste à réaliser une impression ou un moulage de la surface de l'épiderme foliaire sur une bande adhésive incolore. Ce dernier a été collé sur une lame porte objet pour effectuer le comptage du nombre de stomates au microscope photonique (grossissement x 40).



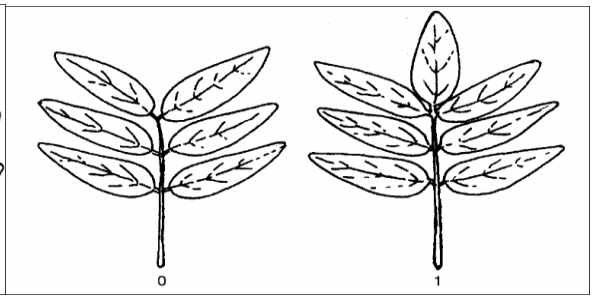
Longueur et largeur de la feuille



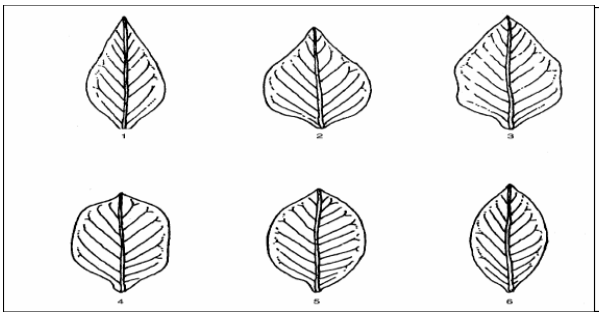
Longueur et largeur de la foliole terminale



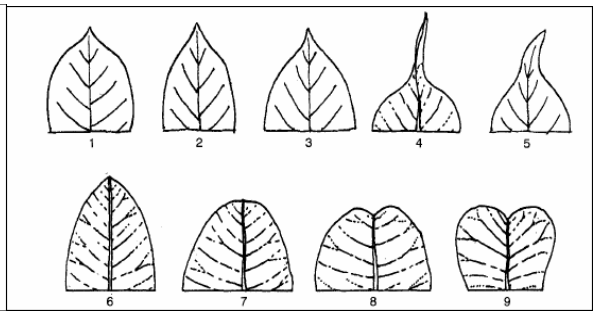
Présence et absence des ailes foliaires



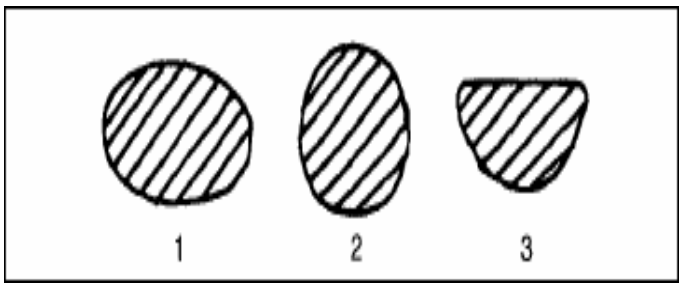
Présence et absence de la foliole terminale



Forme de la foliole terminale



Forme de l'apex de la foliole terminale



Forme du pétiole

Fig. 28. Caractères morphologiques qualitatifs et quantitatifs mesurés selon le manuel de l'I.P.G.R.I (1998).

Les mesures de dimensions des stomates (longueur et largeur) ont été effectuées sur la face abaxiale uniquement des feuilles de *P.atlantica*, *P. lentiscus* et *P. terebinthus*, et sur les deux surfaces (abaxiale et adaxiale) pour les feuilles de *Pistacia vera*. Par contre les densités stomatiques ont été évaluées, sur les deux faces pour toutes les espèces étudiées (tableau 5).

Pour obtenir le nombre de stomates par surface foliaire, on prend la moyenne des dix champs, divisé par 0.19 mm^2. Les observations effectuées pour les stomates ont porté sur les variations de la longueur du stomate, la largeur du stomate et la densité stomatique. Pour chaque arbre 05 feuilles ont été prélevées, et ensuite pour chaque feuille 10 champs ont été utilisés pour réaliser ces mesures, au total 12900 mesures (Tableau 5). Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un microscope optique muni d'un appareil photo numérique relié à l'ordinateur, ainsi que le logiciel Motic Image Plus « version 2. 0». Ce dernier nous a permis de mesurer aisément les dimensions des stomates et les compter dans les différents champs (Fig. 29), on tient compte de son calibrage (avec ligne de repérage) avant de commencer à utiliser le système de mesure avec ce programme (Fig. 30).

Tableau 5. Nombre de mesures effectuées pour l'étude biométrique des stomates.

Espèce	Arbre	Feuille	Longueur des stomates		Largeur des stomates		Densité stomatique		Mesures
			Face abaxiale	Face adaxiale	Face abaxiale	Face adaxiale	Face abaxiale	Face adaxiale	
P. atlantica	10	50x10	500	0	500	0	500	500	2000
P. lentiscus	15	75x10	750	0	750	0	750	750	3000
P. vera	23	115x10	1150	1150	1150	1150	1150	1150	6900
P. terebinthus	5	25x10	250	0	250	0	250	250	1000
Total=12900									

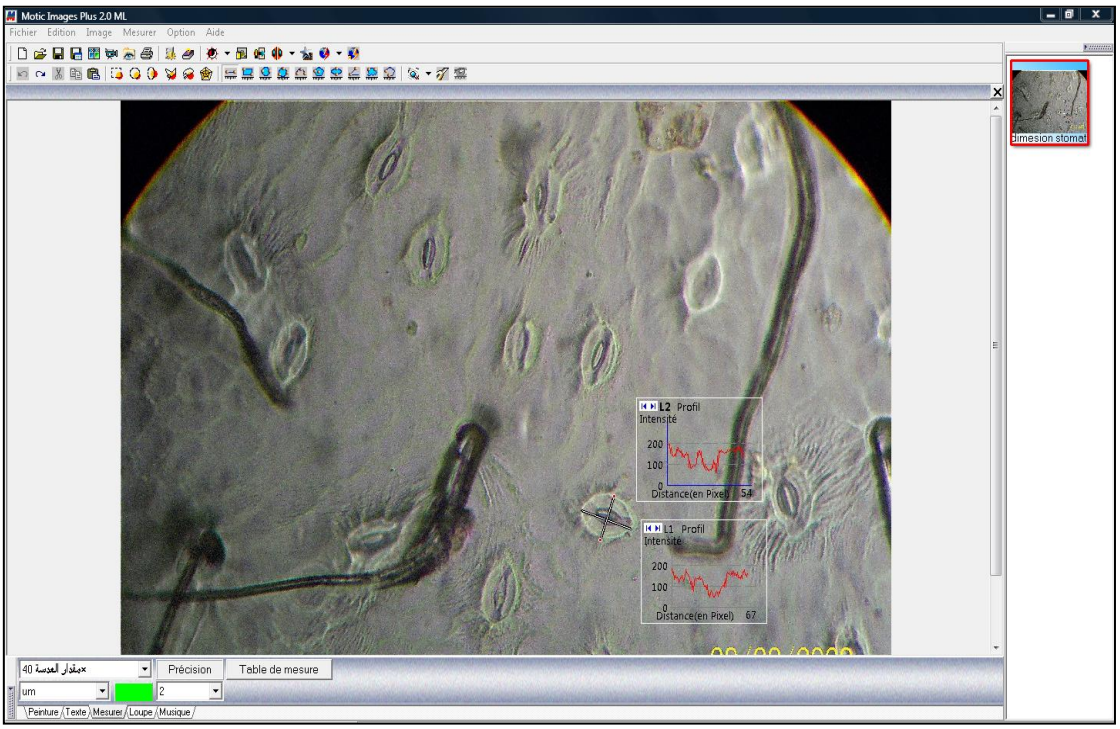


Fig. 29. Mesure des dimensions des stomates avec Motic Image Plus.

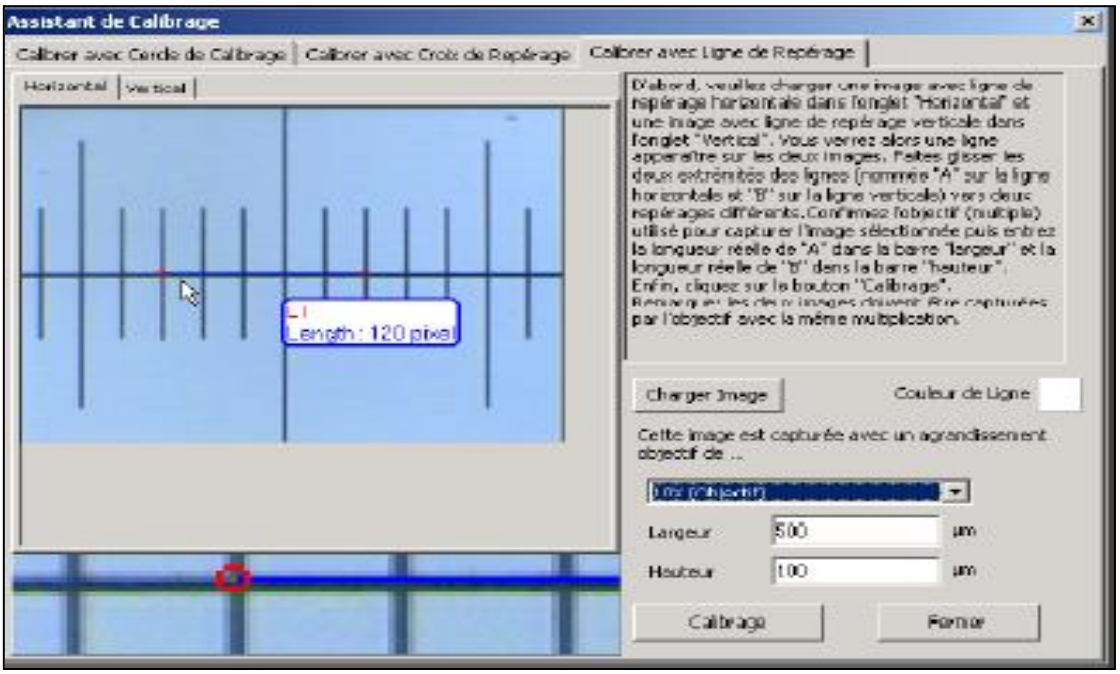


Fig. 30. Calibrage avec Ligne de Repérage sur Motic image plus.

2.2.2. Méthode de préparation des échantillons pour les observations MEB

Les feuilles ont été traitées au préalable à l'alcool à 90° durant 5 heures sous ultrasons puis séchées à l'air libre à température et humidité ambiante avant d'être utilisés pour le MEB. Cette partie a été réalisée à l'université de Provence, Marseille (France).

La méthode consiste à rendre conducteur l'échantillon à observer afin d'éviter toute accumulation de charges électriques à sa surface. La présence de ces charges nuirait à l'obtention d'images fines, nettes et stables. L'écoulement de ces charges est réalisé en assurant la continuité électrique entre la surface de l'échantillon et le porte-échantillon métallique relié par construction à la masse du microscope. C'est pour cette raison que les matériaux utilisés pour le montage des échantillons sont tous conducteurs: support en aluminium ("stub"), pastille de carbone collante double face, pâte de carbone. La surface des échantillons ainsi montés doit être rendue conductrice. Ceci est réalisé en effectuant un dépôt d'une mince couche d'or. La "technique d'évaporation" ou "métallisation par évaporation" permet de réaliser ce dépôt. Le principe consiste à créer sous vide un arc électrique entre deux crayons de carbone par passage d'un courant électrique. Cet arc électrique vaporise le carbone dans l'ensemble de l'enceinte sous vide où sont placés les échantillons. La couche d'or ainsi déposée d'une épaisseur moyenne d'une vingtaine de nanomètres épouse fidèlement la surface des échantillons. Les échantillons ainsi préparés peuvent être observés à différents grossissements. Des surfaces abaxiales et adaxiales des feuilles des différentes espèces sont observées. Les caractéristiques des surfaces épidermiques (stomates et trichomes) ont été étudiées.

CHAPITRE 2 :

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 2 : Résultats et Discussion

I. Etude de la variabilité morphologique des feuilles

1. Résultats

1.1. La variabilité intra spécifique

1.1.1. Caractères quantitatifs

1.1.1.1. *Pistacia atlantica*

1. La feuille

La longueur des feuilles est en moyenne de 10,69cm ; elles sont plus longues à Ain Elzaina (Z) (11,04cm). Pour la largeur, les valeurs enregistrées par station varient entre 7.14cm (M) et 7.44cm (Z) avec une moyenne de 9,60cm. Les feuilles possèdent entre 3 à 11 folioles, avec une moyenne de 6.86 folioles pour les deux provenances. Le nombre de folioles le plus courant est de 9 folioles, avec 8,54 pour M et 9,37 pour Z (Tableau 9).

Le test t compte parmi les procédures statistiques les plus fréquemment employées. Il sert à comparer les différences de moyennes entre deux groupes.

Pour la longueur de la feuille, le test d'homogénéité des variances n'est pas significatif (0,023 > 0,01) (Tableau 6). Nous devons donc accepter l'hypothèse nulle : les variances ne sont pas significativement différentes, la prémisse d'égalité est respectée. Nous devons donc lire la première ligne, on remarque que la valeur de "t", de la première ligne et de plus de 3 et que le degré de signification est plus petit que 0,01 (0,001<0,01), donc il existe une différence très significative concernant la longueur de la feuille entre les deux populations de *P. atlantica* (Z ET M). Contrairement, on observe pour la largeur de la feuille que la valeur de P est supérieur à 0,05 (0,051>0,05), cela montre qu'il n'ya pas de différence statistiquement significative pour cette variable entre les deux populations au seuil $\alpha = 0,05$.

Le test-t pour le nombre de folioles donne 0,0001<0.001 et révèle une différence hautement significative entre les deux populations au seuil de signification $\alpha = 0.1\%$.

2. La foliole terminale

Ses dimensions sont en moyenne de 3,61cm pour la longueur et 1,12cm pour la largeur. Les valeurs varient entre 3,69-1,09cm (M) et 3,52-1,15cm (Z), respectivement. Le rapport longueur /largeur est en moyenne de 3,31, avec des valeurs situées entre 3,46 (M) et 3,15 (Z).

Le Test-t révèle qu'il n'existe pas de différences significatives entre les deux populations concernant la longueur et la largeur de la foliole terminale au seuil de signification $\alpha = 5\%$, les valeurs de significativité sont supérieurs à 0,05 (0,62 et 0,12).

Des différences très significatives sont enregistrées entres les deux populations pour le rapport longueur / largeur au seuil $\alpha = 0,01$ (0,004<0,01) (Tableau 6).

3. Le pétiole

La longueur moyenne du pétiole enregistrée est de 2,22cm, il est plus long chez la population de (M) avec une valeur égale à 2,40cm, et plus petit chez celle de (Z) (2,04cm).

On a observé pour cette variable que le Test-t donne une valeur de significativité inférieur à 0.001 avec P égal à 0.0001, cela montre qu'il existe une différence hautement significative entre les populations de *P. atlantica* au seuil $\alpha = 0.001$.

1.1.1.2. *Pistacia lentiscus*

1. La feuille

Les dimensions des feuilles varient entre 5,20-12,80cm pour la longueur (une moyenne de 8,94cm), et 3,80-10,20cm pour la largeur (une moyenne de 6,46cm). Les feuilles sont plus longues (10,36cm) et plus larges (7,41cm) à Senalba (S), plus courtes (8,16cm) et moins larges à Elkahla (K). Les feuilles possèdent entre 3 à 6 paires de folioles pour toutes les provenances, avec une moyenne de 9,25 paires (Tableau 9).

Le test de l'analyse de la variance nous renseigne sur l'hypothèse nulle rejetée ou non. Il ne nous renseigne pas où se situent les différences. Il faut donc effectuer d'autres tests pour savoir entre quels groupes se trouvent ces différences. Ces tests sont appelés post-hoc ou ils indiquent quels groupes se distinguent.

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences hautement significatives entre les trois populations de *P.lentiscus* concernant la longueur et la largeur de la feuille avec P< 0,001, et des différences significatives pour le nombre de folioles avec P égale à 0,021 au seuil $\alpha = 0,05$ (Tableau 7).

Les résultats obtenus pour la longueur et la largeur de la feuille par la comparaison multiple avec le Test de Tukey (HSD) à un risque $\alpha = 0,001$ révèle la présence de deux (02) groupes distincts (S), (H) (K). Pour le nombre de folioles, le Test, nous donne deux (02) groupes distincts (S), (K) et un groupe intermédiaire (H) au risque $\alpha = 0,05$ (Tableau 9).

2. Le pétiole

La longueur moyenne du pétiole est de 1,60cm, il est plus long (2,23cm) à S et plus petit (1,28cm) à H et K (Tableau 7). L'analyse de la variance pour cette variable révèle qu'il

existe une différence hautement significative au seuil α = 0.001 entre les populations de *P.lentiscus* avec P< 0,001. La comparaison des moyennes par le Test Tukey au risque α = 0,001, révèle la présence de deux (02) groupes distincts (S), (H) (K).

Tableau 6. Test-t des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles de *P. atlantica*.

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour l'égalité des moyennes				
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type
Longueur de la feuille (cm)	Hypothèse de variances égales	5,29	0,023	3,446	148	0,001	0,701	0,204
	Hypothèse de variances inégales			3.446	134,271	0.001	0,701	0,204
Largeur de la feuille (cm)	Hypothèse de variances égales	6,588	0,011	1,964	148	0,051	0,2947	0,15
	Hypothèse de variances inégales			1,964	137,89	0,052	0,2947	0,15
Nombre de folioles	Hypothèse de variances égales	0,119	0,731	3,925	148	0,001	0,827	0,211
	Hypothèse de variances inégales			3,925	146,494	0,001	0,827	0,211
Longueur de la foliole terminale (cm)	Hypothèse de variances égales	2,201	0,140	-1,881	140	0,62	-0,171	0,091
	Hypothèse de variances inégales			-1,896	133,373	0,60	-0,171	0,090
Largeur de la foliole terminale (cm)	Hypothèse de variances égales	0,139	0.710	1,563	140	0,120	0,0619	0,0396
	Hypothèse de variances inégales			1,557	135,608	0,122	0,0619	0,0398
Rapport long/larg de la foliole terminale	Hypothèse de variances égales	1,624	0.205	-2,954	140	0,004	-0,3150	0,1066
	Hypothèse de variances inégales			-2,962	139,808	0,004	-0,3150	0,1063
Longueur du pétiole (cm)	Hypothèse de variances égales	0,111	0,740	-4,914	148	0,001	-0,3680	0,0749
	Hypothèse de variances inégales			-4,914	146,912	0,001	-0,3680	0,0749

Tableau 7. Analyse de la variance des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles de *P.lentiscus*

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Longueur de la feuille	Intergroupes	226,718	2	113,359	72,112	0,000***
	Intra groupes	348,983	222	1,572		
	Total	575,702	224			
Largeur de la feuille	Intergroupes	101,499	2	50,75	67,13	0,000***
	Intra groupes	167,83	222	0,756		
	Total	269,33	224			
Nombre de folioles	Intergroupes	15,68	2	7,84	3,93	0,021*
	Intra groupes	442,88	222	1,995		
	Total	458,56	224			
Longueur du pétiole	Intergroupes	45,189	2	22,594	225,653	0,000***
	Intra groupes	22,229	222	0,1		
	Total	67,417	224			

1.1.1.3. *Pistacia vera*

1. La feuille

Les résultats indiquent que la longueur moyenne des feuilles est de 14,77cm, les valeurs par station sont proches (14,61cm) à Oued suyeb (O), (14,83) à Ross layoun (R) et (15,04) à (M). Pour la largeur, on a enregistré une moyenne de 12,98cm avec des valeurs très proches pour la totalité des provenances (12,90cm) à M, (12,98cm) à O et (13,02cm) à R. Les feuilles possèdent entre 3 à 5 folioles, avec une moyenne de 4,47 folioles ; les valeurs par station sont presque identiques (4,38) à R, (4,47) à O et (4,68) à M (Tableau 9).

L'analyse de la variance pour la longueur, la largeur et le nombre de folioles donne P>0.05 (respectivement 0,39, 0,95 et 0,069), ce qui implique qu'il n'existe pas des différences significatives au seuil α = 0,05 entre les différentes populations de *P. vera* concernant ces variables (Tableau 8).

2. la foliole terminale

On a enregistré une moyenne de 7,85cm pour la longueur et 5,22cm pour la largeur. Les valeurs varient entre 7,62-5,01cm (O), 7,92-4,96cm (R) et 8.30-6.30cm (M). Le rapport longueur /largeur est en moyenne de 1,53, il est plus grand (1,62) à R et plus petit (1,32) à M.

Des différences hautement significatives sont enregistrées entre les populations de *P. vera* concernant la largeur et le rapport longueur /largeur de la foliole terminale au seuil α = 0,001(avec P<0,001), pour la longueur de cette foliole, l'analyse statistique montre une

différence très significative entre les trois populations au risque α = 0,01, avec 0,007<0,01 (Tableau 8).

Pour la longueur de la foliole terminale la comparaison des moyennes au risque α = 0,001 donne deux (02) groupes distincts (M), (O) et un groupe intermédiaire (R) (tableau 9).

Les résultats obtenus de l'analyse de la variance pour la largeur et le rapport longueur /largeur de la foliole terminale par la comparaison multiple avec le Test Tukey au risque α = 0,001 révèle la présence de deux (02) groupes distincts (O) (R), (M) (Tableau 9).

3. Le pétiole

Il est plus long (4,50cm) à R et plus petit (3,36cm) à M avec une moyenne égale à 4,20cm. L'analyse de la variance révèle qu'il existe des différences hautement significatives entre les populations (p<0,001), concernant la longueur du pétiole (Tableau 8).

La comparaison des moyennes au risque α = 0,001, révèle la présence de deux (02) groupes distincts (M), (O) (R).

Tableau 8. Analyse de la variance des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles de *P.vera*.

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Longueur de la feuille	Intergroupes	9,069	2	4,535	0,939	0,392
	Intra groupes	1,651,466	342	4,829		
	Total	1,660,535	344			
Largeur de la feuiile	Intergroupes	0,614	2	0,307	0,5	0,951
	Intra groupes	2,086,369	342	6,1		
	Total	2,086,982	344			
Nombre de folioles	Intergroupes	3,694	2	1,847	2,695	0,069
	Intra groupes	234,347	342	0,685		
	Total	238,041	344			
Longueur de la foliole terminale	Intergroupes	19,595	2	9,797	4,971	0,007
	Intra groupes	618,83	342	1,971		
	Total	638,425	344			
Largeur de la foliole terminale	Intergroupes	80,83	2	40,415	38,05	0,000
	Intra groupes	333,522	342	1,062		
	Total	414,335	344			
Le rapport longueur/largeur de la foliole terminale	Intergroupes	3,33	2	1,665	34,77	0,000
	Intra groupes	15,037	342	0,48		
	Total	18,367	344			
Longueur du pétiole	Intergroupes	55,239	2	27,62	32,253	0,000
	Intra groupes	292,868	342	0,856		
	Total	348,108	344			

Tableau 9. Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles de quatre espèces de genre *Pistacia* (par station).

Caractère	Moy ± ET; étendue (C.V.)							
	P. atlantica		*P. lentiscus*			*P. vera*		
	Ain elzina (Z)	Mergueb (M)	Sénalba (S)	Elhamdania (H)	Elkahla (K)	Ross layoun (R)	Mergueb (M)	Ouled suyeb (O)
Longueur de la feuille (cm)	11,04a** ± 1,4 8,1 – 15,7 (12,9)	10,34b** ± 1,02 8,1 – 13,2 (9,9)	10,36a*** ± 1,01 7,9 – 12,8 (9.77)	8,31b*** ±1,06 5,6–11,2 (12,7)	8,16b*** ±1,6 5,2 – 12,4 (19,6)	14,83a±2,3 8,2–19,5 (15,5)	15,04a±1,99 11,2–20,1 (13,2)	14,61a±2,16 10,1- 22 (14,83)
Largeur de la feuille (cm)	7,44a ± 0,78 5,4 – 10,2 (10,5)	7,14a±1,03 4,8 –10,1 (14,5)	7,41a*** ± 0,78 5,9 – 10,2 (10,6)	6,04b*** ±0,75 4,6 – 9,3 (12,4)	5,94b*** ±1,03 3,8 – 8,4 (17,46)	13,02a±2,72 3,9- 19,5 (20,9)	12,9a±2,43 8,4- 18,2 (18,8)	12,98a±2,22 6,5- 19,5 (17,5)
Nombre de folioles	9,37a*** ± 1,3 6 – 13 (14,43)	8,54b*** ± 1,22 7 – 11 (17,3)	9,6a* ±1,5 6 – 12 (15,7)	9,17ab* ±1,28 6 – 12 (14.03)	8,96b* ±1,4 6 – 12 (15,72)	4,38a±0,85 3- 5 (19,5)	4,68a±0,7 3- 5 (14,96)	4,47a±0,84 3 – 5 (18,97)
Longueur de la foliole terminale (cm)	3,52a ± 0.45 2,4 – 5,1 (13,03)	3,69a±0,61 1,6 – 6 (16,5)				7,92b** ±1,54 3,7-11,2 (19,49)	8,3a** ±1,48 4,9 -11.4 (17,8)	7,62ab** ±1,23 3,9-10,5 (16,25)
Largeur de la foliole terminale (cm)	1.5a ± 0,25 0,7 – 2,1 (21,69)	1,09a ± 0,22 0,5 – 1,7 (20,2)				4,96b*** ±1,03 2,5-8,7 (20,76)	6,3a*** ±1,21 4,5- 10,2 (19,2)	5,01b*** ±0,94 2,9- 7,5 (18,9)
Le rapport long/larg de la foliole terminale	3,15a** ± 0,6 1,8 – 4,6 (19,16)	3,46b** ± 0,66 2,1 – 4,9 (19,1)				1,62a*** ±0,26 1- 2,16 (16,45)	1,32b*** ±0,15 1,04- 1,6 (11,9)	1,53a*** ±0,19 0,86-2,06 (12,6)
Longueur du pétiole (cm)	2,04a*** ± 0,47 0,9 – 3,3 (23,41)	2,4b*** ± 0,43 1,5 – 3,5 (18,2)	2,23a*** ±0,44 1,2 – 3,5 (19,8)	1,28b*** ±0,2 0,9 – 2,2 (15,8)	1,28b*** ±0,24 0,9 – 2 (19,18)	4,5a*** ±0,92 2,5- 6,5 (20,5)	3,36b*** ±0,89 1,7- 5,9 (26,6)	4,26a*** ±0,93 2,2- 7,1 (22,01)

[a,b] Séparation des groupes des populations par le test Tukey et le test- T ($p<0.001$). Les valeurs marquées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes.
Moyenne : Moy ; Ecart type : E.T. ; Etendue : Min-Max ; C.V. : Coefficient de variation (%).

1.2. La variabilité inter-espèces du genre *Pistacia*

1.2.1. Analyse de la variance (ANOVA)

L'analyse de la variance révèle qu'il existe une différence hautement significative au seuil α = 0,001 entre les espèces etudiées pour toutes les variables mesurées avec P< 0,001 (Tableaux 1 en annexe).

La comparaison des moyennes au risque α = 0,001, révèle la présence de quatre (04) groupes distincts (*P. atlantica*), (*P. lentiscus*), (*P. terebinthus*), (*P. vera*) pour la majorité des variables étudiées, par contre on a enregistré la présence de trois (03) groupes distincts (*P. atlantica*) (*P. lentiscus*), (*P. terebinthus*) et (*P. vera*) concernant le nombre de folioles (Tableau 10).

Tableau 10. Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles des quatre espèces étudiées (par espèce).

Caractère	Moy ± ET; étendue (C.V.)			
	***P. atlantica* (A)**	***P. lentiscus* (L)**	***P. vera* (V)**	***P. terebinthus* (T)**
Longueur de la feuille (cm)	10,69c*** ±1,29 8,1- 15,7 (12,07)	8,94d*** ±1,6 5,2 -12,8 (17.91)	14,77a*** ±2,19 8,2 – 22 (14,86)	12,86b*** ±1,83 8,7 – 17,2 (14,25)
Largeur de la feuille (cm)	7,29c*** ±0,92 4,8- 10,2 (12.71)	6,44d*** ±1,15 6,9 -10,2 (17,96)	12,98a*** ±2,46 3,9 – 19,5 (18,97)	9,6b*** ±1,56 6,9 – 15 (16,31)
Nombre de foliole	8,96a*** ±1,35 6 – 13 (15.07)	9,25a*** ±1,43 6 – 12 (15,46)	4,47c*** ±0,83 3 – 5 (18,58)	6,86b*** ±2,13 3 – 11 (31,15)
Longueur de la foliole terminale (cm)	3,61c*** ±0,54 1,6 – 6 (15,15)		7,85a*** ±1,42 3,7 – 11,4 (18,08)	4,53b*** ±1,18 2,3 – 8 (26,04)
Largeur de la foliole terminale (cm)	1,12c*** ±0,23 0,5 – 2,1 (21,11)		5,22a*** ±1,14 2,5 – 10,2 (21,91)	2,44b*** ±0,58 0,9 – 3,9 (24,03)
Le rapport long/larg de la foliole terminale	3,31a*** ±0,65 1,88 – 4,88 (19.68)		1.53c*** ±0,24 0,86 – 2,16 (15,74)	1,88b*** ±0,37 1 – 2,96 (19,9)
Longueur du pétiole (cm)	2,22c*** ±0,49 0,9 – 3,5 (22,15)	1,6d*** ±0,54 0,9 – 3,5 (34,21)	4,20a*** ±1,00 1,7 – 7,1 (23,93)	3,22b*** ±0,85 1,8 – 5,8 (26,43)

[a,b,c] Séparation des groupes des espèces par le test Tukey (p<0.001). Les valeurs marquées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes. Moyenne : Moy ; Ecart type : E.T. ; Etendue : Min-Max ; C.V. : Coefficient de variation (%).

1.2.2. Corrélations entre les variables quantitatives

Le test de corrélation nous a permis de mesurer la relation entre deux variables ou plus ; dans notre travail, les corrélations concernent les sept variables quantitatives prises deux à deux et qui présentent une variabilité pour chaque espèce étudiée. Les corrélations les plus significatives sont celles liées aux variables de dimension des feuilles, des folioles et des pétioles.

Chez toutes les espèces étudiées, nous constatons qu'il existe une corrélation positive entre les variables de dimensions des feuilles et le nombre des folioles, cependant, des relations inverses (corrélations négatives) ont été enregistrées pour la majorité des espèces étudiées entre la longueur des pétioles et le nombre de folioles, les corrélations significatives étant respectivement de r = -0,42 (*P.atlantica*), r = -0,26 (*P.vera*) et r = -0,33 (*P. terebinthus*) au seuil de 0,001 (tableaux 12,13,14).

Des corrélations positives sont également enregistrées entre la longueur des feuilles et la longueur des pétioles respectivement de r = 0,55 (*P. vera*), 0,70 (*P. lentiscus*) et 0,56 (*P. terebinthus*).

Le test de corrélation confirme que la longueur et la largeur des folioles terminales ainsi que le rapport long/larg de cette foliole pour les espèces qui présentent une foliole terminale sont très liées positivement avec une intensité plus ou moins forte, ceci explique les différentes formes de folioles observées pour chaque espèce (Tableaux 12, 13 et14).

Notons tout d'abord que la matrice de corrélation révèle une liaison significative entre la longueur de la foliole terminale et la longueur de la feuille chez les populations de *Pistacia vera* avec un coefficient de corrélation r = 0,68 (significatif au seuil de 0,1%) (Tableau 13).

Il est intéressant de noter qu'il existe une forte corrélation négative entre les dimensions des folioles terminales et le nombre des folioles pour toutes les espèces étudiées (Tableaux 12, 13 et14).

Tableau 11. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia lentiscus*.

	Longueur de la feuille (cm)	Largeur de la feuille (cm)	Nombre de folioles	Longueur du petiole
Longueur de la Feuille (cm)	1,00	0,78***	0,47***	0,70***
Largeur de la Feuille (cm)		1,00	0,14*	0,68***
Nombre de folioles			1,00	0,04
Longueur du petiole (cm)				1,00

*Significative au seuil 0,05 ;**Significative au seuil 0,01 ;***Significative au seuil 0,001.

Tableau 12. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia atlantica*.

	Longueur de la feuille (cm)	Largeur de la feuille (cm)	Nombre de folioles	Longueur de la foliole terminale (cm).	Largeur de la foliole terminale (cm).	long/larg	Longueur du petiole
Longueur de la Feuille (cm)	1.00	0,60***	0,40***	0,26**	0,12	0,07	0,17*
Largeur de la Feuille (cm)		1,00	0,03	0,43***	0,41***	-0,09	0,24**
Nombre de folioles			1,00	-0,40***	-0,33***	0,05	-0,42***
Longueur de la foliole terminale (cm).				1,00	0,41***	0,29***	0,12
Largeur de la foliole terminale (cm).					1,00	-0,72***	0,07
long/larg						1,00	0,02
Longueur du petiole (cm)							1,00

*Significative au seuil 0,05 ;**Significative au seuil 0,01 ;***Significative au seuil 0,001.

Tableau 13. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia vera*.

	Longueur de la feuille (cm)	Largeur de la feuille (cm)	Nombre de folioles	Longueur de la foliole terminale (cm).	Largeur de la foliole terminale (cm).	long/larg	Longueur du petiole
Longueur de la Feuille (cm)	1,00	0,68***	0,14*	0,68***	0,56***	0,02	0,55***
Largeur de la Feuille (cm)		1,00	-0,03	0,58***	0,54***	-0,07	0,47***
Nombre de folioles			1.00	-0,22***	-0,36***	0,21***	-0,26***
Longueur de la foliole terminale (cm).				1,00	0,69***	0,23***	0,24***
Largeur de la foliole terminale (cm).					1,00	-0,52***	0,20***
long/larg						1.00	-0,01
Longueur du petiole (cm)							1,00

*Significative au seuil 0,05 ;**Significative au seuil 0,01 ;***Significative au seuil 0,001.

Tableau 14. Corrélations entre les variables quantitatives pour *Pistacia terebinthus*.

	Longueur de la feuille (cm)	Largeur de la feuille (cm)	Nombre de folioles	Longueur de la foliole terminale (cm).	Largeur de la foliole terminale (cm).	long/larg	Longueur du petiole
Longueur de la Feuille (cm)	1,00	0,71***	0,20	0,24*	0,06	0,26*	0,56***
Largeur de la Feuille (cm)		1,00	-0,01	0,27*	0,10	0,24*	0,57***
Nombre de folioles			1,00	-0,65***	-0,54***	-0,19	-0,33***
Longueur de la foliole terminale (cm).				1,00	0,67***	0,44***	0,21
Largeur de la foliole terminale (cm).					1,00	-0,33***	0,07
long/larg						1,00	0,25*
Longueur du petiole (cm)							1,00

*Significative au seuil 0,05 ;**Significative au seuil 0,01 ;***Significative au seuil 0,001.

1.2.3. Analyse en composantes principales

L'analyse en composante principale (ACP), appelée aussi « analyse géométrique des données » ou « analyse des corrélations » (Wolff, 2003 ; Wolff et Visser, 2005), permet d'analyser des données multivariées et de les visualiser sous forme de nuages de points dans des espaces géométriques.

L'intérêt majeur de l'ACP est d'offrir la meilleure visualisation possible des données multivariées, en identifiant le ou les plans dans lesquels la dispersion est maximale, mettant ainsi en évidence avec le maximum de précision les relations de proximité et d'éloignement entre les variables. Les « composantes principales » désignent les axes orthogonaux qui structurent les données et qui rendent compte de cette variance maximale.

La matrice des données a été au préalable, soumise à une analyse en composantes principales (ACP) pour différencier les groupes et identifier les variables qui contribuent le plus à leur séparation. Ces variables, intégrées dans un second temps à des analyses discriminantes, permettent de ressortir les plus efficientes, d'illustrer les différences et ressemblances entre les populations observées et d'optimiser les variabilités existantes entre elles.

L'interprétation des résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur les échantillons (individus) de différentes espèces du genre *Pistacia* a porté essentiellement sur les 2 premières composantes principales (axe 1 et 2).

Les valeurs propres de l'ACP réalisée au niveaux des échantillons, indiquent que la première composante principale (axe 1) explique 74,10% de l'inertie totale, et la seconde composante principale (axe 2), 14.06% de l'inertie totale, soit un total de 88.16% (Tableau 15, Fig. 1 en annexe).

La longueur et la largeur de la feuille, le nombre de folioles, la longueur et la largeur de la foliole terminale, et la longueur de pétioles sont fortement corrélés sur l'axe 1. Le nombre de folioles est corrélé positivement à cet axe, tandis que la longueur et la largeur de la feuille, la longueur et la largeur de la foliole terminale, et la longueur du pétiole sont corrélés négativement. Le rapport longueur/largeur de la foliole terminale est positivement et fortement corrélé à l'axe 2 (Tableau 16. Fig. 31)

Tableau 15. Valeurs propres issues de l'ACP.

	Val Propre	% Total - variance	Cumul - Val Propre	Cumul - %
1	5.187157	74.10225	5.187157	74.1022
2	0.984437	14.06338	6.171594	88.1656
3	0.434120	6.20172	6.605714	94.3673
4	0.228515	3.26450	6.834229	97.6318
5	0.095706	1.36723	6.929935	98.9991
6	0.051562	0.73660	6.981497	99.7357
7	0.018503	0.26433	7.000000	100.0000

Tableau 16. Corrélations entre les variables sur les 2 axes (1 et 2) révélées par l'ACP.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
Longueur de la Feuille	-0.910569	0.015972	0.367199	-0.046074	0.127898	0.129994	0.019881
Largeur de la Feuille	-0.932545	-0.146185	0.187100	-0.084686	-0.258452	0.002049	0.003312
Nombre de folioles	0.844779	0.196982	0.474224	-0.097137	0.019141	-0.112046	-0.017405
Longueur de la foliole terminale	-0.965077	0.144588	-0.100313	-0.149341	0.053188	-0.028480	-0.108236
Largeur de la foliole terminale	-0.957325	-0.104031	-0.103816	-0.188571	0.081773	-0.120326	0.072135
long/larg	-0.321270	0.942688	-0.064721	0.034825	-0.043612	0.007368	0.027714
Longueur du petiole	-0.907564	-0.060180	0.119841	0.388214	0.027683	-0.082225	-0.010357

On distingue quatre (04) groupes de diversité qui sont très nettement distincts les uns des autres (Fig. 32), Cette observation est confirmée par l'analyse de la variance qui montre l'existence d'une différence hautement significative entre les différentes espèces provenant de différents bioclimats en Algérie (P<0,001) (Tableau 10).

- Groupe 1 (vert), formé par les individus de *Pistacia vera*, il est caractérisé par un nombre de folioles faible par rapport aux autres espèces, et par des valeurs plus

élevées concernant la longueur et largeur de la feuille, la longueur et la largeur de la foliole terminale de même que la longueur du pétiole ;

- Groupe 2 (bleu), qui s'oppose au groupe 1 sur le premier axe, il englobe les individus de *Pistacia lentiscus* qui sont caractérisés par le nombre le plus élevé de folioles ;
- Groupe 3 (noir), englobe les populations de *Pistacia atlantica*, dont le rapport longueur/largeur de la foliole terminale et le nombre de folioles sont très élevés ;
- Groupe 4 (marron), comprend les individus de *Pistacia terebinthus*, il est situé entre les trois groupes précédents, il est intermédiaire par rapport aux autres groupes pour toutes les variables mesurées.

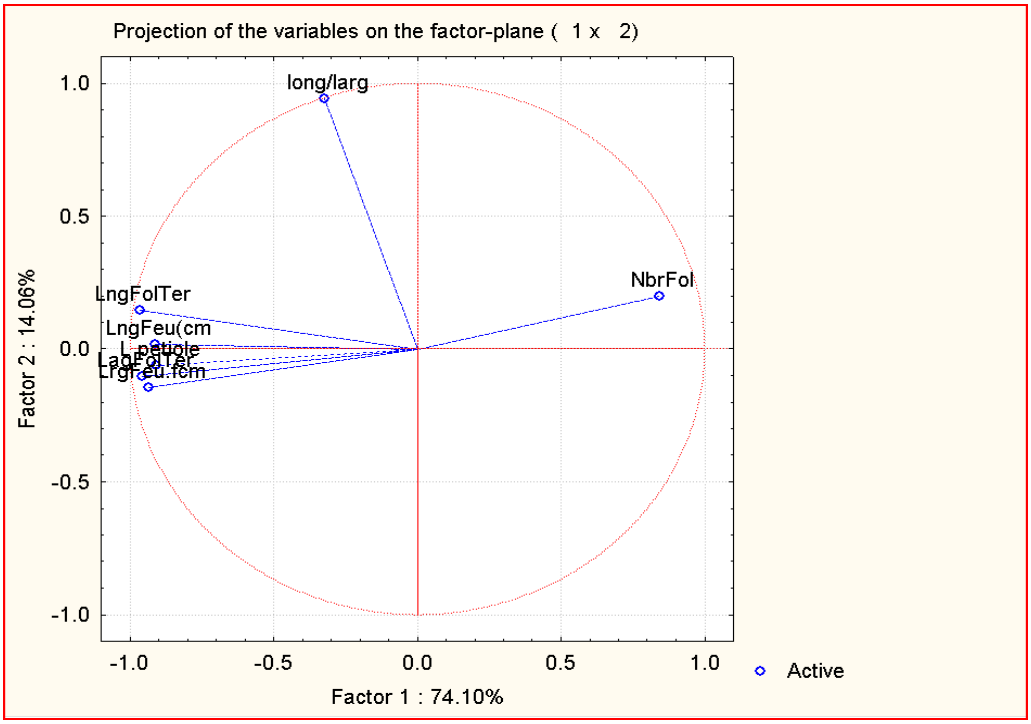


Fig. 31. Projection des variables dans le plan 1-2 de l'Analyse en Composante Principale.

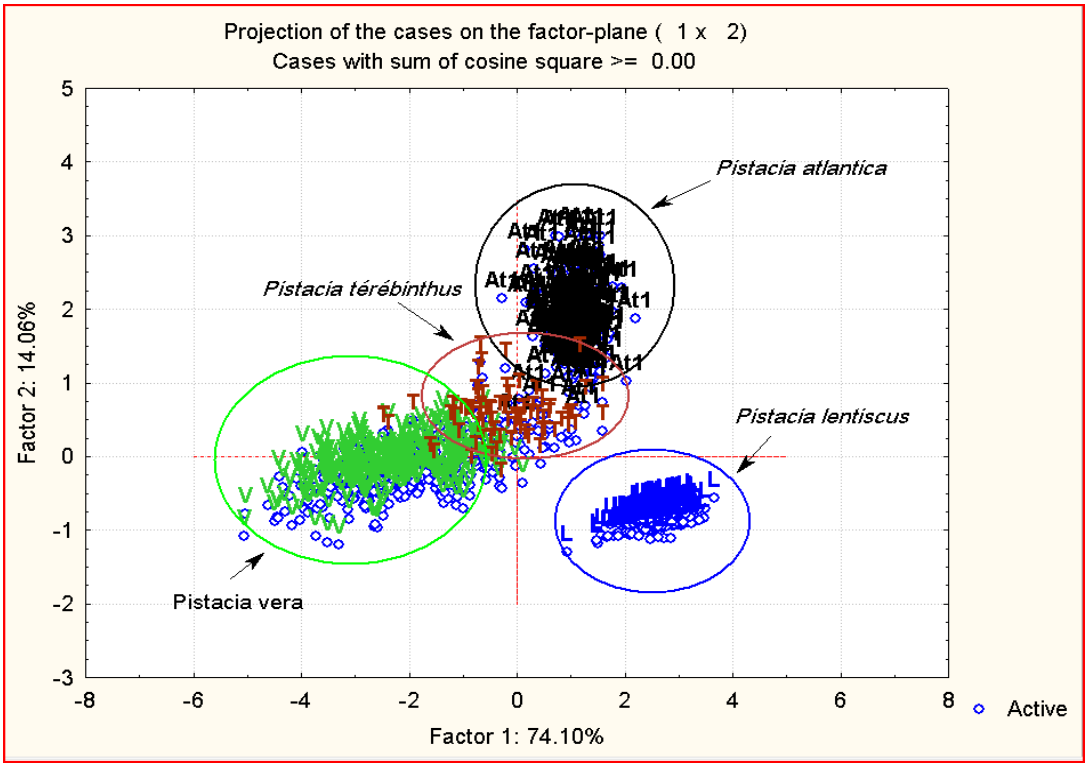


Fig. 32. Analyse en composantes principales des variables quantitatives montrant la répartition des différentes espèces étudiées.

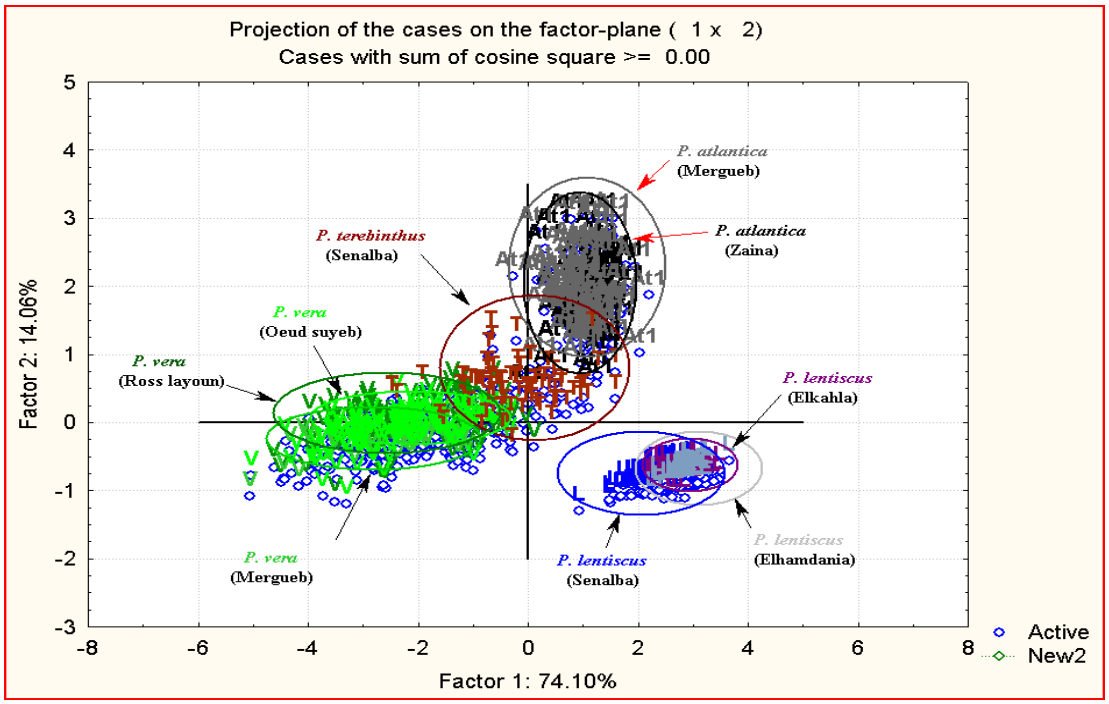


Fig. 33. Groupes de populations déterminés par l'analyse en composantes principales.

1.1.2. Caractères qualitatifs

1.1.2.1. *Pistacia atlantica*

1. La feuille

Les ailes foliaires sont majoritairement présentes sur le rachis (74,66%), néanmoins, 5,33% des feuilles, en moyenne, en sont dépourvues et 20% des échantillons ont des ailes foliaires au niveau du rachis et du pétiole. La totalité des échantillons ont des folioles à marge entière (100%), la marge ondulée n'a pas été enregistrée. Toutes les feuilles récoltées sont de couleur vert foncé, donc il ya une homogénéité pour tous les individus observés (Tableau 18).

La micromorphologie des feuilles est caractérisée par la présence de poils. La feuille présente deux types de trichomes, des poils glandulaires dispersés sur toute la surface foliaire (abaxiale et adaxiale) et des poils non glandulaires de couverture, soit allongés et distribués le long et sur la nervure principale (poils nervaires), soit courts et ciliés situés sur la marge foliaire.

2. La foliole terminale

Le taux de présence est de 97,33% à (M) et 92% à (Z), avec une moyenne de 94,66% néanmoins son absence a été reportée au niveau des deux stations, à des fréquences variables entre 2.66% (M) et 8% (Z). Sa taille par rapport aux folioles basales, est soit plus petite (6%), soit de même taille (70%) ou plus grande (18,66%). Les stations M (65,33%) et Z (74,66%) présentent des folioles terminales de même taille que les folioles basales. Mais quand la taille de la foliole terminale est plus large par rapport aux folioles basales on enregistre une fréquence variée entre 22,66% (M) et 14,66% (Z) (Tableau 17).

Concernant ce caractère, la forme "lancéolée" est la plus observée avec une moyenne de 82.66% suivie de la forme elliptique étroite (15.33%), la forme elliptique (0,66%) a été également enregistrée. La forme de l'apex, de cette foliole, la plus observée pour les deux populations est la forme "acuminée" (40%), mais il existe une différence entre elles, on note 58,66% à (M) et 21,33% à (Z), mais la forme "mucroné" a été également enregistrée (30,66%) variée entre 38,66% (M) et 22,66% (Z). L'apex pointu est absent chez la population de M par contre à Z on le rencontre avec une fréquence de 56% (Tableau 17).

3. Le pétiole

Il est arrondi et aplati sur un côté (92,66%), néanmoins la forme aplatie a été observée au niveau des deux populations M (6,66%) et Z (2,66%), pour la forme arrondie il y a une égalité entre les deux stations avec une fréquence de 2,66% (Tableau 17).

1.1.2.2. *Pistacia lentiscus*

1. La feuille

L'ensemble des échantillons ont des ailes foliaires au niveau du rachis et du pétiole (85,33%), à des taux variables entre 77,33% (H) et 98,66% (S), néanmoins, 14,66% des feuilles présentent des ailes foliaires sur le rachis. Toutes les folioles ont la marge entière (100%) avec une couleur vert foncé (Tableaux 17, 18).

La présence de poils varie d'une provenance à une autre, les stations S (100%), H (100%) et K (100%) présentent des poils au niveau de la nervure principale et sur la surface foliaire adaxiale, par contre la présence des poils sur la marge et la surface abaxiale n'a été observée qu'au niveau de stations H (100%) et K (100%) avec une faible intensité.

2. La foliole terminale

La totalité des feuilles étudiées pour les trois populations du *Pistacia lentiscus* ne présentent pas la foliole terminale (Tableau 17).

3. Le pétiole

La majorité des sujets de cette espèce (93.33%) présentent des feuilles avec des pétioles arrondis et légèrement aplatis sur un côté. La forme aplatie a été également enregistrée (6,66% en moyenne), à des taux variables entre 5,33 (S), 8 (H) et 6,66 (K). (Tableaux 17, 18).

1.1.2.3. *Pistacia vera*

1. La feuille

Nos observations nous ont permis de totaliser 7,53% des échantillons sans ailes foliaires, variant entre 6,66% (O), 7,4% (R) et 10% (M), mais la majorité en possède au niveau du rachis (86,37%), et 6.08% des feuilles, en moyenne ont des ailes foliaires au niveau du rachis et du pétiole avec des fréquences situées entre 3,33% (M) et 7,33% (O). Les folioles ont la marge entière à 100%. Toutes les feuilles échantillonnées (100%) ont une couleur verte (Tableaux 17, 18).

La micromorphologie des feuilles est caractérisée par la présence des poils au niveau de la marge, le long de la nervure principale, la surface foliaire abaxiale ainsi que sur la surface adaxiale mais avec une faible intensité pour la totalité de provenances (Tableau 17).

2. La foliole terminale

L'absence de la foliole terminale a été notée chez 7,82% des feuilles en moyenne, le taux est beaucoup plus bas à O (4,66%) et M (5%), mais 92,17% des feuilles en renferment à des taux variables entre 87,40% (R) et 95,33% (O). Pour les feuilles pourvues de foliole terminale, nous avons remarqués que sa taille par rapport aux folioles basales est soit plus grande (52,75%), soit plus petites (2,6%) ou de même taille (36,81%). La station M (90%) présente des folioles terminales plus larges que les folioles basales par rapport aux autres stations R (48,88%) et O (41.33). Les stations O (53.33%) et R (32.59%) présentent des folioles terminales de même taille que les folioles basales (Tableau 17).

Plusieurs formes de cette foliole ont été observées à des pourcentages différents, qui expriment une hétérogénéité entre les sujets. La forme "large lancéolée" présente un pourcentage un peu élevé par rapport aux autres formes (28,11%) suivie de la forme ovale (23.18%), la forme "arrondie" est présente en moyenne dans 18,26% des échantillons, à des taux variables entre 9,33% (O) et 46,66% (M) ; les formes "ovale –arrondie" (16,52%) et "elliptique" (6,08%) ont été également enregistrées. L'apex de cette foliole est aussi de différentes formes, la plus dominante entre les trois populations est la forme "acuminée" (42,31%), mais il existe une différence entre elles, on note 16,66% (M), 45,33% (O) et 50,37% (R). Il existe aussi une différence entre les populations pour la forme "mucronée" 10,37% (R), 11,33% (O) et 40% (M), la forme "pointue" a été également enregistrée (24,63%) ainsi que les autres formes mais à des occurrences plus faibles on parle de la forme "obtuse" (5,79%) et la forme "rétuse" (4,34%) (Tableau 17)

3. le pétiole

Il est arrondi et aplati sur un côté (93,04%), néanmoins la forme aplatie a été observée au niveau des stations R (6,66%), M (8,14%) et O (6,66%), par contre la forme aplatie n'a pas été enregistrée pour la totalité de populations (Tableau 17).

1.1.2.3. *Pistacia terebinthus*

1. La feuille

Les ailes foliaires sont majoritairement présentes sur le rachis (80%), alors que 5,33% des échantillons ont des ailes foliaires au niveau du rachis et du pétiole, néanmoins, 14,66% des feuilles en sont dépourvues. Comme toutes les espèces étudiées, les folioles ont la marge entière à 100%. Les feuilles sont globalement de couleur verte plus foncé (100%) (Tableau 18).

Concernant la présence et l'absence de poils sur les feuilles observées sous loupe binoculaire ou microscope optique; la quasi-totalité des échantillons ne présentent de poils (tableau ?). Néanmoins, l'observation au M.E.B. a permis la mise en évidence de poils glandulaires et de dépôts de cire autour des stomates.

2. la foliole terminale

Sa présence a été reportée pour la totalité de la population (100%). La foliole terminale présente une taille différente par rapport aux folioles basales, elle est soit plus grande (52%), soit de même taille (33,33%) ou plus petite (14,66%). Concernant cette variable, les formes les plus distinguées sont les formes "elliptique" et « arrondie » (respectivement, 38,66% et 37,33%), on retrouve aussi la forme "elliptique étroite" avec un taux de 12%, les formes "lancéolée" (6,66%) et "ovale" (5,33%) ont été également enregistrées. L'apex de cette foliole est plutôt "mucroné" (32%), mais la forme "acuminée" a été également observée (29,33%) ainsi que les autres formes mais à des taux plus faibles (pointue, 10,66% ; rétus, 9,33% ; aigue et emarginée, 1.33%) (Tableau 18).

3. le pétiole

Contrairement aux autres espèces étudiées, la majorité des sujets de cette population présentent des feuilles avec des pétioles aplatis (86,66%), néanmoins la forme arrondie a été également observée (13,33%) (Tableau 18).

Tableau 17. Fréquences (%) pour les caractères qualitatifs mesurés par station.

Caractères *		*Pistacia atlantica*		*Pistacia lentiscus*			*Pistacia vera*		
		Ain Elzina (Z)	Mergueb (M)	Sénalba (S)	Elhamdania (H)	Elkahla (K)	R.layoun (R)	Mergueb (M)	O. suyeb (O)
Af	0	6,66	4	0	0	0	7,4	10	6,66
	1	70,66	78,66	1,33	22,66	20	86,66	86.66	86
	2	22,66	17,33	98,66	77,33	80	5,92	3.33	7,33
Ft	0	8	2,66	100	100	100	12,59	5	4,66
	1	92	97,33	0	0	0	87,40	95	95,33
Tft	1	2,66	9,33	0	0	0	5,92	0	0,66
	2	74,66	65,33	0	0	0	32,59	5	53,33
	3	14,66	22,66	0	0	0	48,88	90	41,33
Fft	1	100	65,33	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	32,59	3,33	22,66
	3	0	0	0	0	0	11,85	23,33	18
	4	0	0	0	0	0	15,55	46,66	9,33
	5	0	1,33	0	0	0	3,70	1,66	10
	6	0	30,66	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	23,70	20	35,33
FA	1	22,66	38,66	0	0	0	10,37	40	11,33
	2	21,33	58,66	0	0	0	50,37	16,66	45,33
	3	56	0	0	0	0	19,25	20	31,33
	4	0	0	0	0	0	0	11,67	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	4,44	11,66	4,66
	8	0	0	0	0	0	5,18	6,66	2,66
	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Mf	1	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Fp	1	2,66	6,66	5,33	8	6,66	8,14	6,66	6
	2	2,66	2,66	0	0	0	0	0	0
	3	94,66	90,66	94,66	92	93,33	91,85	93,33	94
Cf	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	100	100	100
	3	100	100	100	100	100	0	0	0
Poils M	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	100	100	0	0	0
	2	100	100	0	0	0	100	100	100
Poils N.C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	100	100	100	100	100	100	100	100
Poils P.S	0	100	100	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	100	0	0	100	100	100
	2	0	0	0	100	100	0	0	0
Poils P.I	0	100	100	100	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	100	100	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	100	100	100

* : les codifications et les valeurs pour les caractères sont données dans le tableau 4.

Tableau 18. Fréquences (%) pour les caractères qualitatifs mesurés par espèce.

Caractères *		*Pistacia atlantica*	*Pistacia lentiscus*	*Pistacia vera*	*Pistacia terebinthus*
Af	0	5,33	0	7,53	14,66
	1	74,66	14,66	86,37	80
	2	20	85,33	6,08	5,33
Ft	0	5,33	100	7,82	0
	1	94,66	0	92,17	100
Tft	1	6	0	2,6	14,66
	2	70	0	36,81	33,33
	3	18,66	0	52,75	52
Fft	1	82,66	0	0	6,66
	2	0	0	23,18	5,33
	3	0	0	16,52	0
	4	0	0	18,26	37,33
	5	0,66	0	6,08	38,66
	6	15,33	0	0	12
	7	0	0	28,11	0
FA	1	30,66	0	15,94	32
	2	40	0	42,31	29,33
	3	28	0	24,63	10,66
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	1,33
	7	0	0	5,79	16
	8	0	0	4,34	9,33
	9	0	0	0	1,33
Mf	1	100	100	100	100
	2	0	0	0	0
Fp	1	4,66	6,66	6,95	86,66
	2	2,66	0	0	13,33
	3	92,66	93,33	93,04	0
Cf	1	0	0	0	0
	2	0	0	100	0
	3	100	100	0	100
Poils M	0	0	33,33	0	100
	1	0	66,66	0	0
	2	100	0	100	0
Poils N.C	0	0	0	0	100
	1	0	0	0	0
	2	100	100	100	0
Poils P.S	0	100	0	0	100
	1	0	33,33	100	0
	2	0	66,66	0	0
Poils P.I	0	100	33,33	0	100
	1	0	6,66	0	0
	2	0	0	100	0

*: les codifications et les valeurs pour les caractères sont données dans le tableau 4.

L'ensemble des variables qualitatives ont été transformées en variables semi-quantitatives pour en faire une ACP et pour résumer l'information. L'analyse en composantes principales de l'ensemble des caractères morphologiques qualitatifs mesurés révèle que les 02 premières composantes expliquent 54,35 % de la variabilité observée totale (respectivement 29,84 % pour l'axe 1 ; 24,50 % pour l'axe 2) (Tableau 19, Fig. 2 en annexe). Les caractères fortement corrélés au premier axe (r>0.6) sont tous liés à la foliole terminale, la couleur des feuilles et à la présence de poils au niveau de la marge et la surface abaxiale, par contre les variables fortement corrélées à l'axe 02 sont liées à la forme du pétiole et la présence de poils au niveau de la nervure principale et sur la surface adaxiale (Tableau 20, Fig. 34).

Tableau 19. Valeurs propres et contribution des caractères de l'analyse en composante principale

	Val Propre	% Total - variance	Cumul - Val Propre	Cumul - %
1	11.34277	29.84940	11.34277	29.8494
2	9.31110	24.50290	20.65387	54.3523
3	4.95947	13.05122	25.61334	67.4035
4	2.16532	5.69821	27.77866	73.1017
5	1.87110	4.92396	29.64976	78.0257
6	1.73917	4.57677	31.38894	82.6025
7	1.29097	3.39730	32.67991	85.9998
8	0.81898	2.15521	33.49889	88.1550
9	0.79580	2.09422	34.29469	90.2492
10	0.67308	1.77126	34.96777	92.0205
11	0.64624	1.70063	35.61401	93.7211
12	0.60390	1.58920	36.21791	95.3103
13	0.48795	1.28407	36.70585	96.5943
14	0.34557	0.90938	37.05142	97.5037
15	0.29400	0.77367	37.34541	98.2774
16	0.17749	0.46709	37.52291	98.7445
17	0.14120	0.37158	37.66411	99.1161
18	0.10002	0.26321	37.76413	99.3793
19	0.09085	0.23908	37.85498	99.6184
20	0.05279	0.13891	37.90777	99.7573
21	0.03933	0.10349	37.94709	99.8608
22	0.03258	0.08574	37.97967	99.9465
23	0.01786	0.04700	37.99753	99.9935
24	0.00246	0.00647	37.99999	100.0000

Tableau 20. Contribution des caractères aux axes 1 et 2 de l'analyse en composante principale

	Factor 1	Factor 2
Af 0	0.514569	-0.322592
Af 1	0.927664	-0.076282
Af 2	-0.943943	0.134157
Ft 0	-0.921727	0.220911
Ft 1	0.921711	-0.220943
Tft 1	0.235391	-0.463331
Tft 2	0.494794	-0.095468
Tft 3	0.771883	-0.031217
Fft 1	-0.003012	-0.252347
Fft 2	0.471308	0.332066
Fft 3	0.491798	0.381879
Fft 4	0.531971	-0.313219
Fft 5	0.316621	-0.666729
Fft 6	0.050645	-0.489992
Fft 7	0.626197	0.446588
Fa 1	0.472327	-0.434214
Fa 2	0.644034	0.073334
Fa 3	0.491458	0.149121
Fa 6	0.088240	-0.396444
Fa 7	0.409728	-0.373241
Fa 8	0.446004	-0.278475
Fa 9	0.060689	-0.435582
Fp 1	0.149767	-0.864370
Fp 2	0.099442	-0.764193
Fp 3	-0.149076	0.895098
Cf 2	0.771322	0.557784
Cf 3	-0.771322	-0.557784
Poils M 0	-0.199642	-0.656841
Poils M 1	-0.770674	0.176414
Poils M 2	0.783205	0.387784
Poils Nc 0	0.145858	-0.900220
Poils Nc 2	-0.145858	0.900220
Poils Ps 0	0.088778	-0.780559
Poils Ps 1	0.523915	0.566092
Poils Ps 2	-0.445488	0.103628
Poils Pi 0	-0.166597	-0.712715
Poils Pi 1	-0.770674	0.176414
Poils Pi 2	0.771322	0.557784

Le plan de dispersion des individus de l'ACP pour cette étude (données qualitatives) fait donc ressortir quatre groupes (Fig. 35), dont les principales caractéristiques sont :

- Groupe de *Pistacia vera*, il présente des feuilles de couleur verte contrairement aux autres espèces (vert foncé) avec beaucoup de poils au niveau de la marge et sur la surface foliaire abaxiale. La majorité des folioles terminales sont de grande taille par rapport aux folioles basales, les formes les plus fréquentes de cette foliole sont la forme ovale, ovale-arrondie et large lancéolée ;
- Groupe de *Pistacia terebinthus*, toutes les feuilles qui constituent ce groupe ne présentent pas de poils, et sont caractérisées par des pétioles de forme aplatie. La plus part des folioles terminales ont la forme arrondie et elliptique ; les apex mucroné, obtus et rétus sont les plus dominants dans ce groupe ;
- Groupe de *Pistacia atlantica*, les individus de ce groupe présentent des folioles terminales de même taille que les folioles basales, les formes lancéolée et elliptique de cette foliole sont les plus distinguées ;
- Groupe de *Pistacia lentiscus*, l'absence de la foliole terminale ainsi que la présence des ailes foliaires au niveau du rachis et du pétiole avec moins de poils sur la surface abaxiale et adaxiale.

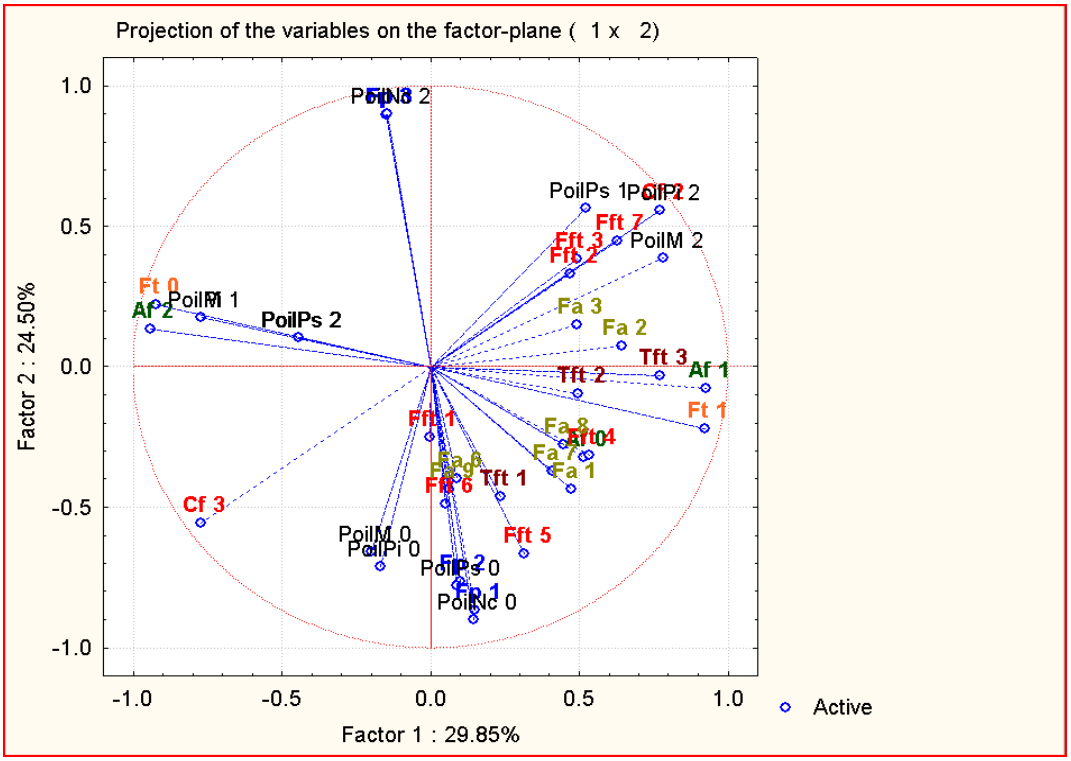


Fig. 34. Cercle de corrélation et projection des variables qualitatives dans le plan 1 – 2.

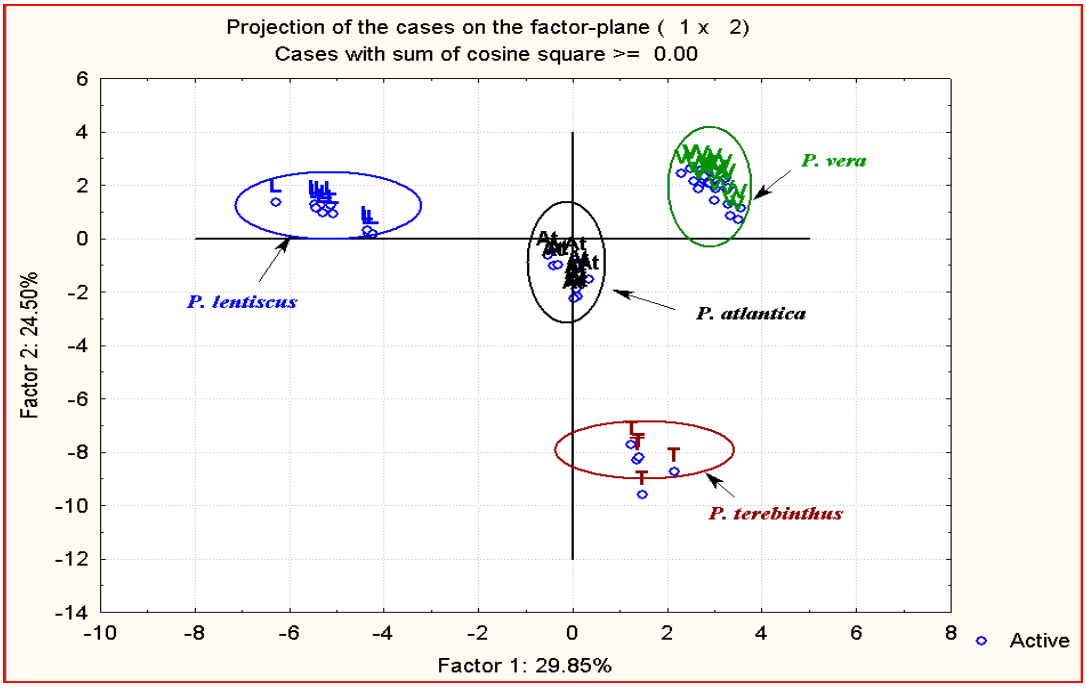


Fig. 35. Analyse en composantes principales des variables qualitatives montrant la répartition des différentes espèces étudiées.

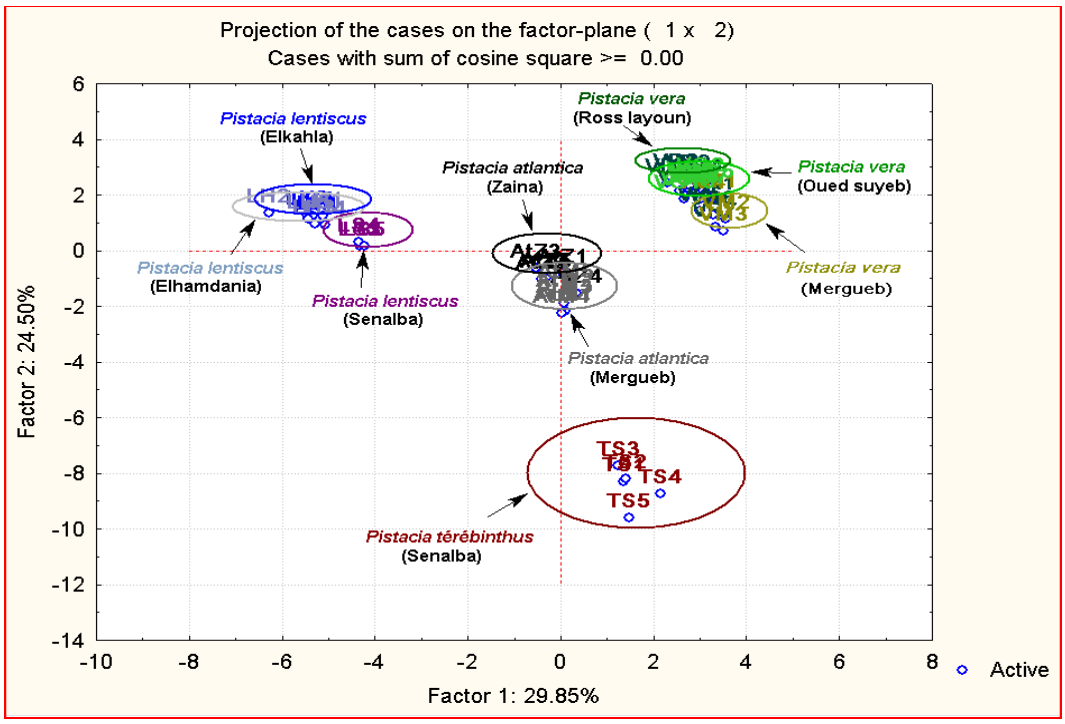


Fig. 36. Groupes de populations déterminés par l'analyse en composantes principales

1.3. Interaction avec les facteurs climatiques

Il est possible que les différences enregistrées dans la description de l'espèce par les différents auteurs soient dû à la variation de l'âge, du sexe et de la variabilité génétique des individus pour les différentes espèces ou bien aux facteurs écologiques des différentes stations desquelles les échantillons ont été pris.

Pour les paramètres quantitatifs, l'interprétation des résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur les populations du genre *Pistacia* (individus) provenant de différents étages bioclimatiques a porté essentiellement sur les 2 premiers axes (1 et 2). Les valeurs propres de l'ACP indiquent que l'axe 1 explique 58,90% de l'inertie totale, et l'axe 2 (17,90%) de la contribution totale, soit un total de 76,79% (Tableau 22, Fig. 3 en annexe). Le tableau 21 et le graphique de la distribution des variables (Fig. 37) indiquent que la majorité des variables étudiées semblent fortement contribuer à la discrimination des taxons étudiés. En effet les variables morphologiques (dimensions des feuilles et des folioles, le nombre de folioles et la longueur du pétiole) et les variables climatiques (la pluviométrie et la température maxima) sont fortement corrélés sur l'axe 1. Le nombre de folioles et la pluviométrie sont corrélés positivement sur cet axe 1. L'altitude et la température minima sont fortement corrélées sur l'axe 2, tandis que l'altitude est corrélée négativement sur cet axe 2.

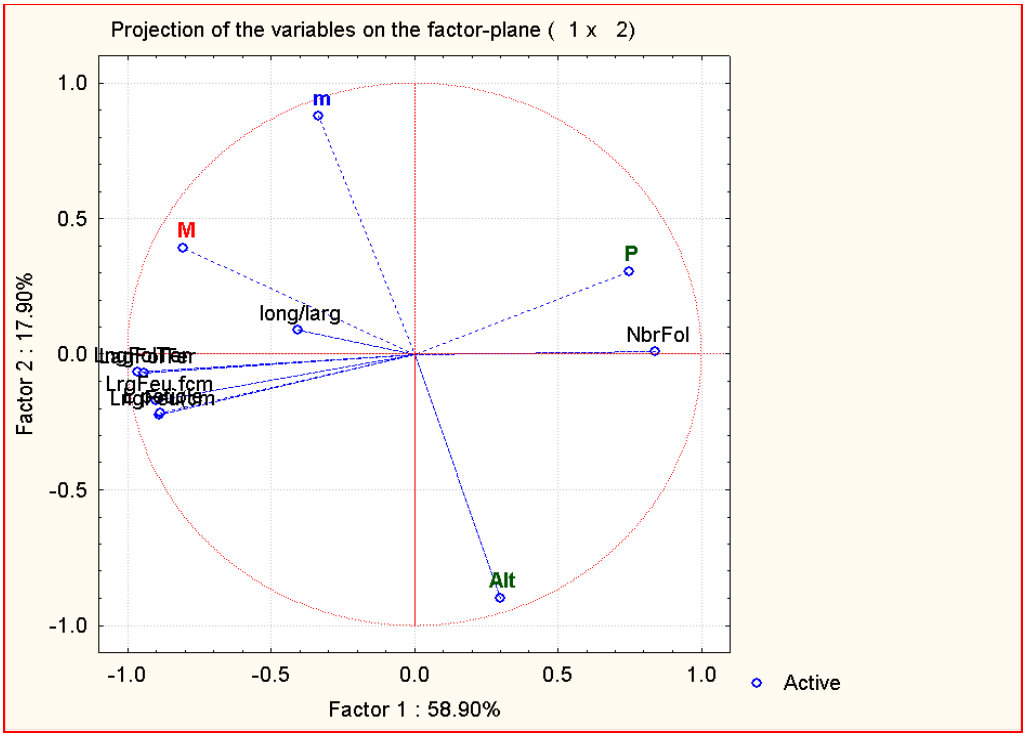


Fig. 37. Projection des variables dans le plan 1-2 de l'Analyse en Composante Principale.

Tableau 21. Corrélations entre les variables sur les 2 axes (1 et 2) révélés par l'ACP.

	Factor 1	Factor 2
Longueur de la Feuille	-0.89	-0.22
Largeur de la Feuille	-0.90	-0.17
Nombre de folioles	0.83	0.01
Longueur de la foliole terminale	-0.96	-0.06
Largeur de la foliole terminale	-0.94	-0.06
long/larg	-0.40	0.08
Longueur du petiole	-0.88	-0.21
m	-0.33	0.87
M	-0.80	0.39
Alt	0.29	-0.90
P	0.74	0.30

Tableau 22. Matrice de valeurs propres issues de l'ACP.

	Val Propre	% Total - variance	Cumul - Val Propre	Cumul - %
1	6.478707	58.89733	6.47871	58.8973
2	1.969127	17.90116	8.44783	76.7985
3	1.263302	11.48457	9.71114	88.2831
4	0.462897	4.20816	10.17403	92.4912
5	0.352882	3.20801	10.52692	95.6992
6	0.211446	1.92224	10.73836	97.6215
7	0.109440	0.99491	10.84780	98.6164
8	0.089853	0.81685	10.93765	99.4332
9	0.042943	0.39039	10.98060	99.8236
10	0.017270	0.15700	10.99787	99.9806
11	0.002133	0.01939	11.00000	100.0000

L'ACP, et en se basant sur les caractères climatiques et morphologiques, montre un regroupement des populations (Fig. 38) comme suit :

- La population de *P. lentiscus* d'Elkahla (K) forme un groupe qui se caractérise par une faible altitude et une pluviométrie plus importante ;

- Les populations de *P. lentiscus* de Senalba (S) et Elhamdania (H) forment un groupe qui s'oppose à (K), montrant que les différences sont dues au nombre de folioles plus élevé que celle de (K). Ainsi les deux populations (S) et (H) se trouvent dans la plus haute altitude et la plus faible pluviométrie ;

- Les populations de *P. vera* d'Oeud suyeb (O), Elmergueb (M) (wilaya de M'sila) et Ross layoun (R) (wilaya Djelfa) sont fortement influencé par les températures minima et maxima et se caractérisent par des dimensions assez élevées concernant la feuille et la foliole terminale ;

- Les populations de *P. atlantica* de (M) et (Z), sont intermédiaires par rapport aux autres populations concernant les variables étudiées.

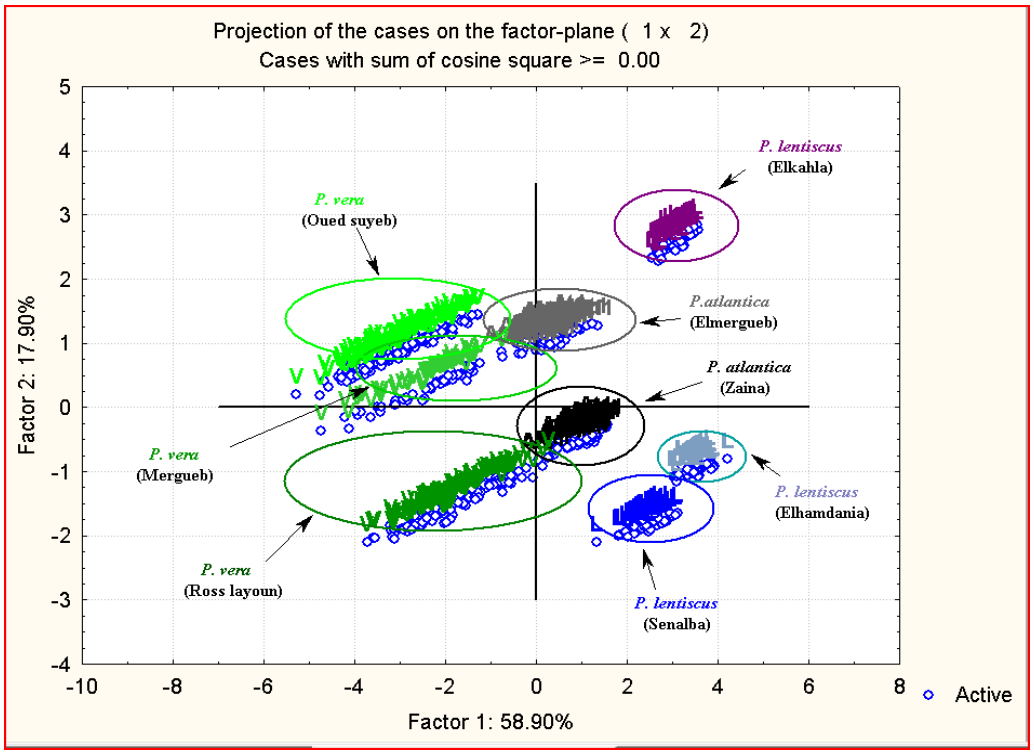


Fig. 38. Projection correspondante aux différentes populations.

Pour les paramètres qualitatifs, les deux axes 1 et 2 contribuent respectivement à 36,70% et 17,64%, avec une variance cumulée de 54.35% (Tableau 23, Fig. 4 en annexe). Le paramètre pluviométrie s'oppose à température maxima (M) selon l'axe 1 (la corrélation des variables morphologiques a été citée précédemment) (Fig. 39).

Tableau 23. Matrice de valeurs propres issues de l'ACP.

	Val Propre	% Total - variance	Cumul - Val Propre	Cumul - %
1	13.94879	36.70734	13.94879	36.7073
2	6.70458	17.64363	20.65337	54.3510

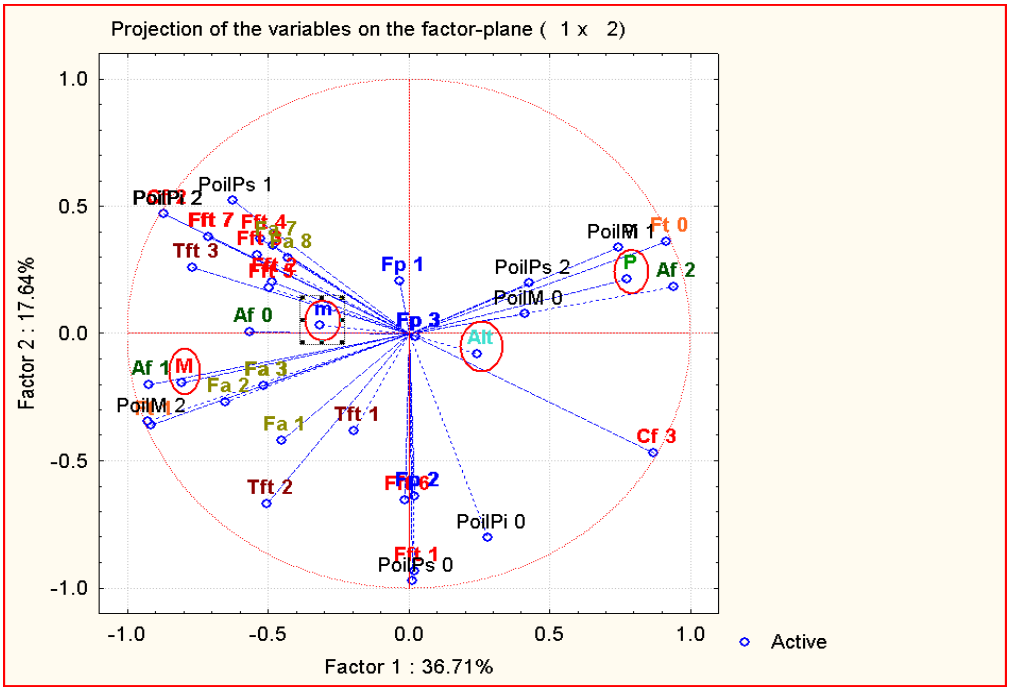


Fig. 39. Projection des variables dans le plan 1-2 de l'Analyse en Composante Principale.

Les caractères climatiques les plus discriminants sont la pluviométrie et la température maxima qui permettent de distinguer les différentes populations (Fig. 40), on n'oublie pas la part de la variabilité morphologique des feuilles (cité précédemment) existante entre les individus. Cette variabilité intra et interspécifique, n'est pas seulement due à l'étage climatique, mais on peut la justifier par la variabilité génétique.

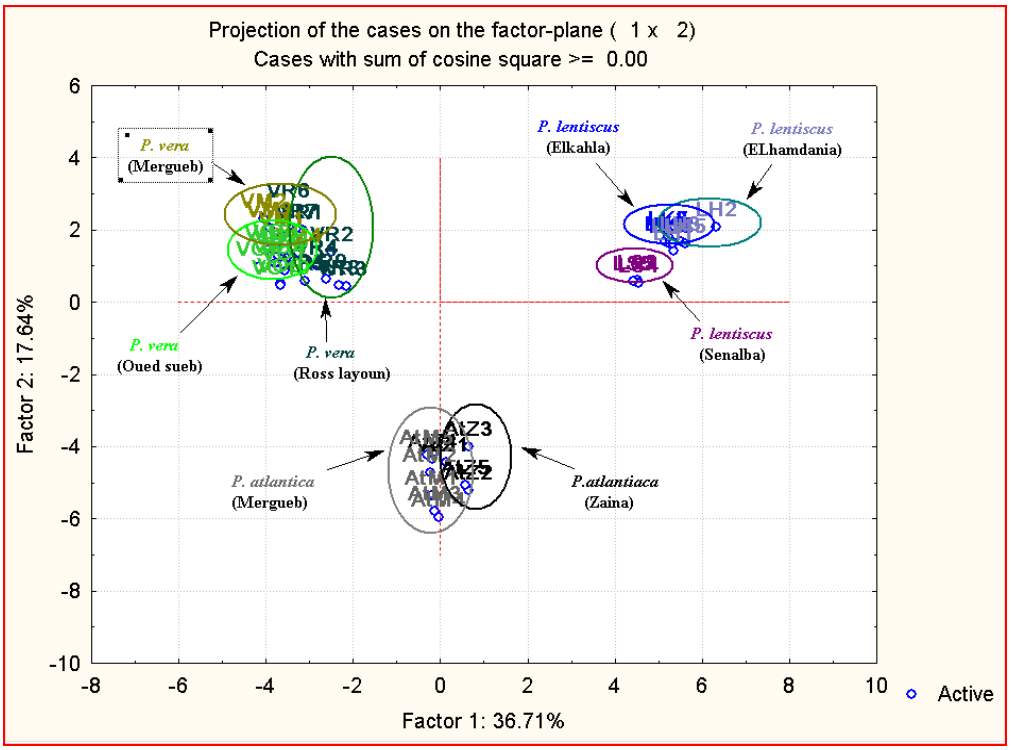


Fig. 40. Répartition des populations des espèces étudiées sur le plan bidimensionnel de l'analyse en composante principale.

2. Discussion

Pour rechercher la diversité morphologiques intra et inter- spécifiques de 04 espèces du genre *Pistacia* provenant de sept stations localisées sous différents bioclimats en Algérie, nous avons utilisé au total 15 caractères morphologiques quantitatifs et qualitatifs. L'analyse en composante principale nous a permis de discriminer les 04 espèces en différents groupes grâce aux caractères morphologiques étudiés. Cette observation est confirmée par l'analyse de la variance qui montre l'existence de différences significatives pour les variables étudiées entre les quatre espèces *P. atlantica, P. lentiscus, P. terebinthus* et *P. vera*. Les tests de corrélations nous ont permis, également, de faire ressortir quelques informations importantes : Le nombre de paires de folioles augmente en fonction de la longueur de la feuille et des dimensions de la foliole terminale ; des relations inverses entre la longueur du pétiole et le nombre des folioles d'une part et entre les dimensions des folioles terminales et le nombre de

folioles d'autres part ont été notées. Le rapport long/larg augmente en fonction des dimensions de la foliole terminale ceci explique les différentes formes observées pour chaque espèce. Ces résultats sont similaires à ceux obtenues par Kafkas et al., (2002) et Belhadj (2007). En effet, ces derniers signalèrent l'existence de fortes corrélations entre les variables de dimensions des feuilles et des folioles.

Nos résultats montrent également que l'hétérogénéité entre les populations pour les différentes espèces diffère selon les variables morphologiques étudiées, en effet, chez les deux populations (Z), (M) de *P. atlantica* nous avons enregistré une grande hétérogénéité pour la longueur des feuilles, le nombre de folioles et la longueur du pétiole. Pour les populations de *P. vera* les dimensions de la feuille et le nombre de folioles ne reflètent aucune variabilité morphologique entre les différentes stations, par contre les dimensions de la foliole terminale ainsi que la longueur des pétioles présentent une hétérogénéité hautement significative à (R), (M) et (O). Une grande variabilité inter-populations existe chez *P. lentiscus* entre (S) d'une part, et (H), (K) d'autre part pour la majorité des variables quantitatives mesurées. On peut justifier cette hétérogénéité par la différence d'âge entre les différents individus des différentes populations, elle peut être due aussi aux différences des conditions climatiques des stations (différents étages bioclimatiques). Selon Alyafi (1979) et Barboni et al. (2004), les végétaux privilégient différents traits fonctionnels de manière à minimiser l'impact de la sècheresse. Par exemple, le nombre de paires de folioles est une caractéristique très affectée par les facteurs écologiques mais il peut, également, varier en fonction de l'âge de l'individu. Dans les milieux arides, les feuilles des végétaux xeromorphiques sont souvent plus petites et couvertes de trichomes et de cire. La réduction de la taille des feuilles est corrélée avec la réduction de la transpiration (Fahn 1967), plus l'aridité augmente et plus la taille de la feuille diminue. Les petites feuilles ont tendance à être plus abondantes sur les hauts plateaux et endroits froids (Barboni et al. 2004). On peut ajouter la différence des sexes entre les sujets, la plupart des auteurs affirment que la longueur des feuilles et des folioles des pieds mâles est légèrement plus élevée que celle des femelles, ceci est vrai et démontré pour *P. vera* (Kaska, 1994), *P. terebinthus (*Kafkas et al., 2002) et pour *P. lentiscus* (Barazani et al., 2003). Néanmoins, la part de l'influence du facteur génétique au sein d'une population qui est sous l'influence de l'environnement et qui est impliquée dans l'adaptation aux changements de l'environnement, n'est pas à omettre (Maxted et al., 1997).

Kafkas et al. (2002), dans une étude sur la diversité morphologique entre 03 espèces du genre *Pistacia* en Turquie signalèrent que la longueur moyenne des feuilles, la longueur et la largeur de la foliole terminale ainsi que la longueur du pétiole étaient significativement

différentes entre les trois espèces (*P. terebinthus, P. atlantica et P. eurycarpa*), mais ils n'ont trouvés aucune différence significative entre *P. terebinthus* et *P. atlantica* concernant le nombre de folioles. Dans notre étude, le nombre de folioles n'était pas significativement différent entre *P. atlantica* et *P. lentiscus*, alors qu'il l'était entre ces deux dernières espèces et *P. terebinthus* et *P.vera*. Les dimensions des feuilles et des folioles reportées dans la littérature sont variables mais elles se rapprochent des moyennes enregistrées lors de cette étude, néanmoins Barazini et al. (2003), lors de leur étude sur les trois populations de *Pistacia lentiscus* en Chypre, Tunisie et Espagne, reportèrent une longueur des feuilles plus petite (3-7.8cm) par rapport à nos résultats (5.2-12.8cm). Les travaux de Al-Saghir (2006), reportèrent des valeurs très proches des nôtres pour *P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. terebinthus*, et *P.vera* pour les dimensions de la feuille et de la foliole terminale ainsi que le nombre de folioles, respectivement (feuilles : 8.0-17.6 x 5.2-14.0 ; 2.0-10 x 3.4-10.0 ; 10.0-19.0 x 6.0-19.0 ; 10.2-17.0 x 8.4-16.0 ; folioles: 2.7-7.0 x 0.5-2.0, 6-10 ; foliole terminale si présente 1.4-2.1 x 0.4-0.9, 4-10 ; 1.0-6.0 x 0.5-2.0, 6-10 ; 6.0-10 x 3.0-8.0, 3-5). Selon Zohary, les espèces qui ne possèdent pas un nombre de folioles important sont les espèces les plus ancestrales. Selon nos résultats, *P. vera* serait la plus ancestrale suivie de *P. terebinthus*, *P. atlantica* et enfin *P. lentiscus*.

Pour le pétiole, Kafkas et al. (2002), reportèrent une longueur entre 1.6-5.4 cm pour *P.atlantica* et 3.8-5.5 cm pour *P.terebinthus*, dans notre cas les valeurs enregistrées sont de l'ordre de 0.9 – 3.5 cm et 1.8 – 5.8 cm, respectivement. Un pétiole aplati est reporté dans la littérature chez *P.atlantica* (Zohary 1952 ; Yaltirik 1967 ; El-Oqlah 1996 et Kafkas et al. 2002) contrairement à la forme arrondie et aplatie sur un côté observée sur nos échantillons. De même résultat a été enregistré pour *P.lentiscus* et *P.vera*, par contre, chez *P.terebinthus* la forme du pétiole est majoritairement aplatie contrairement à la forme arrondie reportée par Kafkas et al. (2002). Nos résultats indiquent que les ailes foliaires sont présentes sur le rachis pour toutes les espèces étudiées néanmoins, les feuilles du *P. lentiscus* ont ailes foliaires plus larges au niveau du rachis et du pétiole (85,33% en moyenne) avec des taux variables selon les stations 98.66% (S), 80% (K) et 77.33% (H), cette hétérogénéité peut être due aux conditions bioclimatiques existant dans les station (K), (H) (étage bioclimatique sub-humide) et (S) (étage bioclimatique semi-aride), par contre chez *P. terebinthus*, nous avons trouvés des feuilles avec un rachis étroitement ailé, cette dernière concorde avec celle trouvé par Whitehouse (1957). Dans une étude similaire, Zohary (1952), a rapporté l'absence des ailes foliaires au niveau du rachis chez *P. vera*, *P.terebinthus* et *P.khinjuk*, par contre elles sont présentes chez *P. atlantica* et *P. lentiscus*. Selon Ayfer et Serr (1961), les arbres connus

comme *P. terebinthus* en Californie pourraient être une variété de *P. atlantica*, à cause de leur haute vigueur et la présence d'un rachis ailé.

Concernant la couleur de la feuille, les résultats de notre étude montrent que les feuilles de *P. vera* sont plus claires par rapport aux autres espèces, selon Kafkas et al., (2002), les feuilles de *P. terebinthus* et *P. eurycarpa* possèdent une couleur vert clair contrairement aux feuilles de *P.atlantica* qui sont plus sombres.

L'absence ou présence de foliole terminale est important pour distinguer les différentes espèces du genre *Pistacia*, dans cette étude la majorité des feuilles de *P. atlantica*, *P. terebinthus* et *P.vera* sont imparipennées par contre, chez *P. lentiscus* nous avons observé l'absence de la foliole terminale (feuilles paripennées). Ceci corrobore les résultats observés chez le genre *Pistacia* de Turquie ; Kafkas et al. (2002), signalent la présence d'un mélange de feuilles paripennées et imparipennées sur le même arbre, en raison de cette variation ce caractère ne doit pas être pris comme un caractère majeur pour distinguer les espèces du genre *Pistacia*. De même, Yaltirik (1967), a rapporté que *P. terebinthus* avaient soit des feuilles imparipennées ou paripennées donc, il a décrit deux sous-espèces au sein de *P. terebinthus*. La première sous espèce (*terebinthus)*, avait des feuilles imparipennées avec une foliole terminale souvent plus large que les folioles basales ce qui concorde avec nos résultats pour cette espèce. La seconde (subsp. *Palaestina* (Boiss.) Engl.), avait des feuilles paripennées (rarement imparipennées), la foliole terminale est toujours plus petite que les folioles basales. Cependant, Zohary (1952), a considéré *P. palaestina* Boiss. Comme une espèce distincte, due à l'absence de la foliole terminale d'une part et sa forme acuminée d'autre part, tandis que les feuilles de *P.terebinthus* sont imparipennées avec une foliole obtuse ou aigue. Une étude a été réalisée par Kafkas et Perl-Treves (2001a), sur la relation inter-spécifique de 09 espèces du genre *Pistacia* au niveau moléculaire, ils ont suggérés que *P.terebinthus* et *P. palaestina* devraient être considérés comme une même espèce. Selon les mêmes auteurs, l'utilisation des marqueurs moléculaires est nécessaire pour expliquer une telle classification.

Selon Zohary (1952 ; 1972), Yaltirik (1967) et Kafkas (2002), la foliole terminale est de même taille que les folioles basales chez *P.atlantica et P.terebinthus.* Des résultats similaires ont été trouvés dans cette étude pour *P. atlantica* par contre, sa taille est plus large par rapport aux folioles basales chez *P.terebinthus* et *P.vera*, nous avons aussi remarqué que sa taille chez *P.vera* est variable pour chaque station. La forme de la foliole terminale chez *P.atlantica* est majoritairement lancéolée (82.66%), arrondie ou elliptique chez *P.terebinthus*, variée entre ovale-arrondie, arrondie, ovale, large lancéolée chez *P.vera* (respectivement 16.52%, 18.26%,

23.18% et 28.11%), ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Kafkas et al. (2002) pour *P.atlantica* et *P.terebinthus*.

L'apex de la foliole terminale est un caractère important pour différencier les espèces du genre *Pistacia* (Zohary, 1952). Notre étude montre que la forme de l'apex de cette foliole varie à l'intérieur et entre les différentes espèces étudiées : mucroné, acuminé ou pointu chez *P. atlantica* ; mucroné, acuminé, pointu, obtus ou rétus chez *P. vera* et variable chez *P. terebinthus*, cette dernière se rapproche de la description de Kafkas et al. (2002), mais diverge pour d'autre auteurs. Belhadj (2007), reporta pour *P. atlantica* la forme aigue ou acuminée de l'apex contrairement à la forme obtuse reportée par Zohary (1952). Chez *P.vera*, Al-Saghir (2006), reporta une forme mucronée ou obtuse. Selon Kafkas et al. (2002) et Belhadj (2007), cette variable ne devrait pas être prise comme caractère différentiel entre les taxons du genre *Pistacia* à cause de son instabilité.

D'autres critères, tels que la pubescence et la présence de cire sont communément utilisés dans la classification dans le genre *Pistacia* sont aussi instables. Selon la littérature, les feuilles de *P.atlantica* seraient glabres (Lin et al. 1984) ou pubescentes (Zohary 1952 ; Alyafi 1979 ; Kafkas et al. 2002). Selon Alyafi (1979), la distribution des trichomes diffère selon les variétés chez *P. atlantica* par exemple. Ils sont présents sur les deux faces au niveau de la nervure principale pour la variété *atlantica*, et sur toute la surface inférieure pour la variété *cabulica* et inexistants chez la variété *kurdica* (Kafkas et al. 2002 ; Behboodi 2004). D'après Behboodi (2004), les folioles ont une marge ciliée chez la variété *mutica* et rarement ciliée chez la variété *Kurdica* (Behboodi 2004). Dans cette étude, les feuilles de *P.atlantica* sont pubescentes au niveau de la nervure principale et leur marge est ciliée ce qui concorde avec les résultats de Alyafi (1979) et ElOqlah (1996). Par contre, la surface foliaire est dépourvue de cire pour la majorité des échantillons étudiés sous loupe binoculaire ou microscope optique. L'observation au MEB, nous a permis d'observer des dépôts de cire sur tous les échantillons (3 par station). Il serait intéressant d'observer un plus grand nombre d'échantillons sous MEB pour confirmer ou infirmer la présence ou absence de ce caractère.

Nous avons remarqué la présence de trichomes chez *P.lentiscus* avec une faible intensité contrairement aux feuilles de *P.vera* qui sont présents au niveau de la marge, le long de la nervure principale, la surface foliaire abaxiale ainsi que sur la surface adaxiale. Chez *P. terebinthus* toutes les feuilles étaient glabres ce qui concorde avec celle trouvé par Kafkas et al. (2002). Néanmoins, sous MEB, nous avons observé quelques rares poils glandulaires, mais pas de poils de couverture filiformes. La présence de poils sur les folioles apparait être un

caractère stable, non affecté par les facteurs écologiques, mais des échantillons mal conservés peuvent perdre leurs poils (Alyafi, 1978 et Belhadj, 2007). Dans notre étude nous avons pu observer au MEB, des empreintes de poils sur les surfaces et les marges des feuilles, là où les feuilles apparaissaient être glabres sous loupe binoculaire. D'autres auteurs (Bussoti et Grossoni 1997 ; Carpenter et al. 2005 in Belhadj et al., 2007a) sont d'un tout autre avis en ce qui concerne les trichomes. D'après ces mêmes auteurs, la densité des trichomes est aussi une caractéristique influencée par les conditions écologiques. L'altitude et les valeurs positives des températures minimales peuvent jouer un rôle important dans leur répartition et leur densité sur les feuilles (Belhadj et al., 2007a). Selon Saadoun (1991), l'évolution de l'adaptation à la sécheresse chez les Chénopodiacées, par exemple, semble débuter par l'installation d'un revêtement pileux ou cireux au-dessus du limbe. Ce dernier permettra une protection d'une transpiration intense.

En conclusion, certains caractères quantitatifs et qualitatifs examinés sont plus importants dans la distinction des espèces, les dimensions des feuilles, le nombre de folioles, la longueur et la forme des pétioles, les ailes foliaires ainsi que la couleur des feuilles ont été plutôt utiles comme descripteurs pour la classification des différentes espèces du genre *Pistacia*. Cette étude nous a permis de mettre en évidence de nouvelles caractéristiques chez les 04 espèces étudiées, tel que la présence des cires et des poils glandulaires sur les folioles. Ces critères pourront être ajoutés aux critères classiques morphologiques utilisés dans la classification infra-spécifique.

II. Analyse comparative de l'épiderme foliaire et des caractères stomatiques chez quatre espèces du genre *Pistacia*.

Cette section a été soumise à publication dans la revue américaine « Microscopy Research And Technique ». L'article, rédigé en anglais, y est intégré intégralement, néanmoins, nous avons procédé au résumé de la section discussion des résultats que nous avons inséré avant l'article. La section « matériel et méthodes » de cet article a été détaillé dans la section « Matériel et Méthodes » (*cf.* Chapitre 2, partie expérimentale).

Résumé de l'article

Les variations ou les différences morphologiques des caractéristiques stomatiques chez les espèces du genre *Pistacia* sont peu connues. Cet article décrit la diversité des

caractéristiques stomatiques enregistrée entre les 04 espèces localisées sous différents bioclimats en Algérie. Des échantillons de feuilles de sept stations algériennes de *Pistacia atlantica, Pistacia lentiscus, Pistacia terebinthus* et *Pistacia vera* ont été caractérisés par le biais de leur distribution stomatique, l'enfoncement dans l'épiderme, la forme, la taille et la densité des stomates au moyen du microscope photonique et du microscope électronique à balayage. Les feuilles sont amphistomatiques pour les 04 espèces, cependant la densité stomatique sur la face adaxiale est plus importante chez *P.vera* et les stomates sont répartis sur toute la surface foliaire. Les feuilles de *P.terebinthus* avaient le nombre des stomates le plus élevé sur la face abaxiale contrairement à *P. vera* qui présente la plus grande valeur de la densité stomatique sur sa surface adaxiale. Les stomates sont enfoncés (*P.terebinthus*) à légèrement enfoncés (*P.atlantica*) alors qu'ils sont de même niveau à légèrement enfoncés pour les autres espèces. Concernant la taille des stomates, la station de Boumerdes avait les plus grands stomates pour *P.lentiscus* ; tandis qu'à M'sila les plus grands stomates sur la face adaxiale et abaxiale ont été enregistrés chez *P.vera*. En ce qui concerne la largeur des stomates, les populations de *P.lentiscus* ont la plus grande valeur ce qui donne la forme arrondie aux stomates alors que la forme elliptique a été comptabilisée pour les autres espèces. Pour la variation infra-spécifique, la station de M'sila présente la plus grande densité stomatique sur la partie abaxiale alors qu'elle était la plus faible sur la face adaxiale chez *P.atlantica*, par contre chez *P. lentiscus*, la station d'Elhamdania avait la valeur la plus élevée sur la partie abaxiale et pour la provenance de Djelfa, la plus faible valeur de la densité stomatique a été enregistrée sur la partie adaxiale. Pour *P.vera*, la station de M'sila avait la plus faible valeur sur les deux faces.

Les analyses statistiques montrent qu'il existe des différences significatives pour les variables mesurées entre les espèces étudiées. Selon les résultats de l'ACP, les caractéristiques stomatiques les plus discriminantes enregistrées lors de cette étude sont la longueur et la densité stomatique.

Mots clé : *Pistacia*, MEB, micromorphologie épidermique, densité stomatique, taille de stomates, évolution.

II. 1 Résultats

II. 1. 1. Distribution et position des stomates dans l'épiderme

Les feuilles sont amphistomatiques pour les 04 espèces (les stomates sont présents sur la face abaxiale et adaxiale de la feuille). Nos résultats montrent que les stomates sont réparties sur toutes les surfaces foliaires abaxiales pour toutes les espèces étudiées, tandis que les rares stomates de la face adaxiale, se regroupent à proximité des nervures principales et secondaires chez *P. atlantica* et *P. terebinthus*, et à proximité de la nervure principale chez *P. lentiscus*. Les feuilles de *P. vera* présentent des stomates sur toute la surface foliaire adaxiale. Dans cette étude les stomates sont enfoncés dans l'épiderme (*P. terebinthus*) à légèrement enfoncés (*P.atlantica*) alors qu'ils sont au même niveau à légèrement enfoncés dans l'épiderme pour les autres espèces (Tableau 2 ; Figs. 1, 2 et 3, dans l'article). Concernant les variations infra spécifiques les stomates sont légèrement enfoncés à (Z) à enfoncés à (M) pour *P. atlantica* alors qu'ils étaient légèrement enfoncés (S), légèrement enfoncés à enfoncés (K) et de même niveau à légèrement enfoncés (H) pour *P. lentiscus*. Enfin, chez *P. vera*, les stomates sont au même niveau avec l'épiderme (R), de même niveau à légèrement enfoncés (M) et enfoncés dans l'épiderme (O) (Tableau 3, dans l'article).

II. 1. 2. Forme et taille des stomates

Les stomates présentent différentes formes ; ils sont elliptiques pour toutes les espèces, excepté pour *P. lentiscus*, où ils sont sub-arrondis (Figs. 1, 2 et 3, dans l'article). Cependant, des formes intermédiaires ont été enregistrées dans cette étude, spécialement chez les populations de *P. vera* et *P. atlantica*.

Les résultats indiquent qu'il existe une différence significative entre les quatre espèces concernant les dimensions des stomates. Sur la face abaxiale foliaire, les valeurs varient entre 23,44 µm (*P. terebinthus*) et 25,24µm (*P. vera*) pour la longueur, et entre 16,12µm (*P. atlantica*) et 19,12µm (*P. lentiscus*) pour la largeur. *P. terebinthus* avait la plus faible valeur pour la longueur des stomates (23.44µm), par contre aucune différence significative n'a été enregistrée entre les autres espèces pour cette variable. *P. lentiscus* avait les stomates les plus larges (19,12µm), significativement différent de *P. vera* (17,06µm) et de *P. terebinthus* (16,90µm) (pas de différence significative entre les deux), et significativement différent de *P. atlantica* (16,12µm) (Tableau 2, dans l'article).

Chez les populations de *P. atlantica*, aucune différence significative n'a été enregistrée pour ces variables (longueur, largeur des stomates) (Tableau 3, dans l'article). Alors que chez les populations de *P. lentiscus*, la station (K) présente les valeurs les plus élevées de la

longueur et de la largeur (respectivement, 27,45µm et 21,44µm), ce qui diffère significativement de la station (S) qui présente les plus faibles valeurs (respectivement, 22,85µm et 17,19µm). Chez *P. vera*, des différences significatives ont été enregistrées sur les surfaces foliaires abaxiale et adaxiale concernant la taille des stomates au sein des populations. La station (M) possède les plus grands stomates sur des deux surfaces abaxiale et adaxiale (respectivement, 26,51µm x 18,99µm et 26,83µm x 19,21µm), ce qui diffère significativement des autres stations. Les stomates les plus petits, sur la face adaxiale, ont été enregistrés à (R) (24,29µm x 16,70µm) (tableau 3, dans l'article).

II. 1. 3. Densité stomatique

Les stomates présentent des différentes densités dans toutes les stations étudiées (Tableau 2, dans l'article). Selon les espèces les valeurs varient entre 147,36 st/mm^2 (*P. vera*) et 499,16 st/mm^2 (*P. terebinthus*), sur la face abaxiale, et 3,21 st/mm^2 (*P. lentiscus*) et 94,93 st/mm2 (*P. vera*), sur la face adaxiale. Chez les populations de *P. atlantica*, les résultats indiquent qu'il existe une différence significative entre les stations M et Z concernant le nombre de stomates sur la face abaxiale et adaxiale, avec la station M ayant la plus grande densité stomatique abaxiale (196,46 st/mm^2) et Z (32,84 st/mm^2) sur la face adaxiale (Tableau 3, dans l'article). Pour *P. lentiscus,* la station H avait la valeur la plus élevée (265,62 st/mm^2), alors qu'elles sont les plus faibles à K (214,57 st/mm^2, différent significativement de S et H) sur la face abaxiale. Tandis que sur la face adaxiale, la station S avait la plus grande densité stomatique (6,27 st/mm^2) et les valeurs les plus faibles ont été enregistrées à H (1,37 st/mm^2). Concernant les populations de *P. vera*, les stations R (152,15 et 101,84 st/mm^2) et O (152,25 et 98,33 st/mm^2) possèdent les valeurs les plus élevées sur la partie abaxiale et adaxiale, respectivement (pas de différence significative entre les deux). La station M avait la plus faible valeur sur les deux faces abaxiale et adaxiale (respectivement, 124.37 et 70.92 st/mm^2) (Tableau 3, dans l'article).

L'analyse en composante principale (ACP) (Fig. 4, dans l'article), a permis de séparer les espèces en 4 groupes distincts. L'axe 1 est déterminé par la longueur des stomates et explique 38,98% de la variabilité totale, et l'axe 2 par la densité stomatique sur la face adaxiale et explique 35,12% de la variabilité totale, soit un total de (74,1%). La figure a révélée une corrélation négative entre les densités stomatiques sur les deux faces de la feuille, tandis que la longueur et la largeur sur la face abaxiale, sont corrélées positivement. Ainsi, les

résultats de l'ACP permettent de séparer *P. terebinthus* du reste du groupe en fonction de la longueur des stomates, et *P. vera* du reste selon la densité stomatique sur la face adaxiale.

II. 2. Discussion

Concernant la distribution des stomates, nos résultats montrent que les feuilles sont amphistomatiques pour toutes les espèces. Les stomates sont plus abondants sur la face abaxiale, par contre ils sont plus rares sur la face adaxiale chez *P. terebinthus*, *P. atlantica* et *P. lentiscus*. Les résultats précédents concernant ce caractère sont contradictoires. Selon Al-Saghir et Porter (2005), *P. terebinthus* est hypostomatique. De même, selon, Gindel (1969), *P. lentiscus* est hypostomatique. En revanche, d'autres auteurs (Gindel, 1969; Lin et al., 1984; Rudall, 1992; Lersten et Curtis, 1997) ont rapporté que *P. terebinthus* et *P. atlantica* étaient amphistomatiques. Concernant la présence des stomates sur la face adaxiale, Alvarez et al. (2008) ont rapporté que les stomates sont situés seulement le long de la nervure principale, chez *P. terebinthus*. Dans notre étude, nous avons enregistré des stomates le long de la nervure principale uniquement pour *P. lentiscus*, et au niveau des nervures principale et secondaires pour *P. atlantica* et *P. terebinthus*. Al-Saghir et Porter (2005) ont suggéré que cette différence (répartition sur l'une ou l'autre face) pourrait être liée à la plasticité écologique de *Pistacia* sp sur un large éventail de conditions environnementales. En effet, nos échantillons ont été prélevés dans différents étages bioclimatiques, de l'aride tempéré (O) à subhumide tempéré (K), avec une pluviométrie annuelle située entre 214mm (O) à 650 mm (K). En plus de ça, l'altitude varie de 469m (O) à 1270m (S) (Tableau 1, dans l'article).

La résistance stomatique dépend des facteurs biotiques (tels que la densité stomatique, le rayon d'ouverture de l'ostiole) et des facteurs abiotiques (tels le rayonnement global et le potentiel hydrique) (Eller 1977). En effet, Gindel (1969) a rapporté que les stomates sont présents uniquement sur l'épiderme inférieur pour la plupart des espèces ligneuses. Cependant, le peu d'espèces qui présentent des stomates sur les deux faces, sont xérophytiques et poussent naturellement dans des conditions écologiques extrêmes.

Selon Al-Saghir (2005), *P. vera* est considérée comme étant l'espèce la plus primitive du genre et *P. terebinthus* la plus récente, à cause de la densité stomatique et l'occurrence des stomates sur l'autre ou l'autre face de la feuille. Selon cet auteur, l'amphistomatie est un caractère lié aux espèces les plus primitives, et l'hypostomatie ou l'epistomatie est un critère

d'évolution des espèces. Dans cette étude *P. vera* a la plus faible densité stomatique sur la face foliaire abaxiale, et les plus fortes densités sont enregistrées sur la face adaxiale, et les stomates sont répartis sur toute la surface foliaire abaxiale et adaxiale, tandis que chez *P. terebinthus* les valeurs les plus élevées sont trouvées sur la face abaxiale par contre ils sont peu nombreux et se regroupe lelong des nervures principales et secondaires.

Concernant la position des stomates dans l'épiderme, aucune donnée n'est disponible dans la littérature. Nos résultats constituent les premières données disponibles pour les espèces étudiées. Selon Lin et al. (1984), le genre *Pistacia* a été mentionné comme xérophyte, cependant, à l'exception d'un développement plus avancé du parenchyme palissadique, aucune caractéristique associée à la xéromorphie n'a été enregistré chez les espèces du genre *Pistacia*. Néanmoins, des travaux précédents (Belhadj et al., 2007, 2008, 2011), menés sur différentes populations de *P. atlantica* ont démontré que les populations exhibaient une très grande variabilité morphologique macro et micromorphologique, avec des caractéristiques de xéromorphie chez certaines populations, aussi bien au niveau des feuilles que des stomates. L'occurrence de cire, de stomates enfoncés dans l'épiderme et de trichomes de densité variable selon l'habitat, en est une preuve.

En conclusion, ces résultats peuvent fournir de nouveaux critères qui pourraient être utiles pour raffiner les relations taxonomiques entre les espèces du genre *Pistacia*. Ces caractéristiques peuvent contribuer à la mise en évidence d'une méthode de classification des différentes espèces du genre *Pistacia* et leurs génotypes en termes de résistance à la sécheresse.

Comparative analysis of leaf epidermis and stomatal characters from four species of the genus *Pistacia*

Safia Belhadj* [1], Thierry Gauquelin [2], Catherine Fernandez [2], Abdelghafour Doghbage [1] and Jean Philippe Mevy [2]

[1] Département d'Agropastoralisme, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université « Ziane Achour » de Djelfa, B.P.3117 Poste Ain Chih, Djelfa 17000, Algeria. E-mail: doghbage_abdelghafour@yahoo.com, [2] Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie. UMR CNRS 6116, Université de Provence, Case 421 – Av. Escadrille Normandie Niemen, 13397, Marseille Cedex 20, France. E-mail: catherine.fernandez@univ-provence.fr, thierry.gauquelin@univ-provence.fr, Jean-Philippe.Mevy@univ-provence.fr.

*Corresponding author: E-mail: belhadjsafia@yahoo.fr. Tel: +21327 90 02 04, Fax: +21327 90 02 01.

Abstract

This paper describes the diverse stomatal morphology recorded among the Algerian representatives of *Pistacia* species. Leaf samples of nine different sites of *Pistacia atlantica, Pistacia lentiscus, Pistacia terebinthus* and *Pistacia vera* were characterised according to their stomatal distribution and position in the epidermis, shape, size and density by the mean of light microscopy and scanning electron microscopy.

The leaves were amphistomatic for the four species. However the adaxial stomatal densities were much higher in *P. vera* and spread all over the leaf area. *P. terebinthus* leaves had the highest stomata number on the abaxial face and *P. vera* had the highest value on the adaxial face. Stomata were sunkun (*P. terebinthus*) to slightly sunkun (*P. atlantica*) while they were level to slightly sunkun for the remaining species. Concerning the stomata size, Boumerdes site had the bigger stomata for *P. lentiscus* while M'sila site had the biggest ones, both on the abaxial and the adaxial side for *P. vera*. Concerning the stomata width, *P.*

lentiscus had the highest value that gives the rounded shape to the stomata while an elliptical shape was registered for the remaining species. For the infraspecific variation, M'sila site had the highest stomatal density on the abaxial side and the lowest on the adaxial side for *P. atlantica* while for *P. lentiscus*, Elhamdania site had the highest value on the abaxial side and Djelfa site the lowest on the adaxial side. For *P. vera*, M'sila site had the lowest values on both sides.

The statistical analysis showed significant differences for the measured variables among the species. According to the PCA results, the best discriminating traits recorded in this study were the stomata length and the stomatal density. It may provide also more data that could be useful to refine the taxonomic relationship among *Pistacia* species. These characteristics may afford an initial screening method for classifying *Pistacia* species and their genotypes in terms of drought resistance.

Keywords: *Pistacia*, SEM, epidermal micromorphology, stomata density, stomata size, evolution.

Introduction

Mediterranean ecosystems are fragile and sensitive environments, their soils have been severely eroded and natural vegetation dramatically modified through several thousand of years of human activities and land use. The concern about the safeguard of these ecosystems is reinforced by environmental, ecological and biological argumentations since the Mediterranean-type plant communities are a recognized reservoir of biodiversity (Gauquelin et al. 1999; Rotondi et al. 2003; Quézel and Médail 2003).

Pistacia (Anacardiaceae) is an economically and ecologically important genus. *P. vera*, commonly named Pistachio and introduced in North Africa has edible seeds while some others species of the genus are grown wild, playing a key function in natural Mediterranean ecosystems and used as medicinal plants or as rootstocks for *P. vera*. In addition, the cultivation of pistachio and other drought resistant *Pistacia* species is important as wind breaks, especially for some Mediterranean countries, in the conservation of soil against erosion. Furthermore, seeds of *P. vera*, *P. lentiscus* and *P. terebinthus* are also used for oil and soap production in the cosmetic and pharmaceutical industries (Batlle et al. 1996; Al-Saghir 2010). Despite their long-term cultivation and their important contribution to the

economy of especially arid and semi-arid regions, the genetic erosion of *Pistacia* species has been occurring across the Mediterranean basin including the North Africa. The erosion has primarily been due to the long life-span of the trees, the propagation systems, the abandonment of local varieties due to the specialization of the pistachio orchards on a few commercial cultivars and the destruction of the tree's natural habitat by severe anthropogenic pressures such as fires and unregulated forest clearance for agricultural purposes (Barone and Caruso 1996; Belhadj 1999, 2001, 2002; Belhadj et al. 2008).

The growing interest in pistachio cultivation stresses the need for vigorous rootstocks based on related wild *Pistacia* species. Therefore, identification and conservation of wild *Pistacia* species and their hybrids have become highly important. From a taxonomic point of view, the limits of Anacardiaceae have been difficult to establish, until not long ago Anacardiaceae and Bursuaceae were grouped in the family Terebinthaceae. Other authors have promoted some genera of the Anacardiaceae (*Pistacia* and *Blepharocarya*) to family category, these being excluded from the Anacardiaceae (Alvarez et al. 2008). Due to misnaming, polymorphism and the existence of hybrids, the classification of the genus *Pistacia* is not fully clear. Since Zohary (1952), several methods have been used to identify *Pistacia* species and construct their phylogenetic relationships (Zohary 1952; Parfitt et Badenes 1997; Kafkas et al. 2002; Katsiotis et al. 2003; Golan-Goldhirsh et al. 2004; Ahmad et al. 2005; Al-Saghir 2010).

Up to now, phylogenetic analysis of the genus, in order to distinguish various species of *Pistacia*, has been attempted by using several markers. In the case of morphological analysis, leaf characteristics and nut morphology were the most used diagnostic traits; whereas, flower characteristics were also used in a few studies for the characterization of *Pistacia* species (Karimi et al. 2009). Moreover, wood anatomy has also been used in the identification of the genus (Grunwag and Werker 1976). According to these main diagnostic traits, the first studies concerning *Pistacia* classification listed eight species and a few subspecies of the genus. However, with the additional studies, Zohary (1952) divided *Pistacia* genus into four sections and 11 species: 1) Section Lentiscella Zoh. (containing the New World species: *P. Mexicana* HBK and *P. texana* Swingle), 2) Section Eu-Lentiscus Zoh. (containing the evergreens species: *P. lentiscus* L., *P. weinmannifolia* Poisson and *P. saportae* Burnat), 3) Section *Butmela* Zoh. (containing solely *P. atlantica* Desf., winged leaf rachis) and 4) Section Eu-Terebinthus Zoh. (containing the deciduous trees with unwinged leaf rachis and sclerified

drupes: *P. chinensis* Bunge, *P. khinjuk* Stocks, *P. palaestina* Boiss., *P. terebinthus* L. and *P. vera* L.).

This early characterization by Zohary has been challenged by modern molecular analyses. Parfitt and Badenes (1997) recognized two sections only: 1) Lentiscus Section (*P. lentiscus* L., *P. Mexicana* Kunth, *P. texana* Swingle and *P. weinmannifolia* Poisson) and a monophyletic group 2) Terebinthus Section composed of all other species. Kafkas and Perl-Treves (2002) came out with two different subdivisions. One includes the big, single-trunk trees (*P. atlantica*, *P. eurycarpa*, *P. integerrima*, *P. khinjuk* and *P. vera*), and the other group is composed of shrubs and small trees (*P. lentiscus*, *P. mexicana*, *P. palaestina*, *P. texana* and *P. terebinthus*). Golan-Goldhirsh et al. (2004) placed *P. atlantica* in a separated position, confirming Zohary's (1952) results.

The evolutionary history of the genus *Pistacia* and the taxonomic relationships among the species are ambiguous and some confusion and disagreements on *Pistacia* classification still exist. Investigation of anatomic and microscopic characters and chloroplast-genome analysis have led to conclude that *P. vera* is the most ancient species and *P. terebinthus* , the most recent species of this genus (Parfitt and Badenes 1997; Al-Saghir and Porter 2005; Al-Saghir et al. 2006; 2010). Zohary (1952) also hypothesized *P. vera* as the most primitive species in the genus, while *P. khinjuk* could be a descendent of *P. vera*. In addition, according to this study, *P. eurycarpa* could be directly descended from *P. vera* or through *P. khinjuk*. Later, Yaltirik (1967) classified *P. eurycarpa* between the Eu-Terebinthus and the Butmela section, and concluded that *P. eurycarpa* might be a hybrid between *P. atlantica* and *P. khinjuk*.

Few investigations have been performed on the leaf characteristics of *Pistacia* species, although great contributions have been made to the description of leaf epidermis morphology (Yaltirik 1967; Alyafi 1979; Lin et al. 1984; El-Oqlah 1996; Caglar and Tekin 1999; Özeker and Misirli 2001; Belhadj et al. 2007a, 2008; Alvarez et al. 2008; Al-Saghir 2010), leaves of only a few species have been examined with the light microscope and fewer with the scanning electron microscope (SEM). Also, few morphological studies including micromorphological description of the genus have been published. This study is a part of a research project aiming to refine taxonomic status and conservation of the genus in Algeria. This study is the first to investigate the micromorphology of the four species from Algerian origin using SEM. The work presented will serve to some extent as reference material, which will be useful in adding characters, which might help for specific classification, especially because some controversy

exists for the genus in general and for the four sections of the genus in particular. Also, an understanding of the relationship between stomatal features and environmental factors would be of considerable importance for the better tree growth and conservation.

Material and methods

Plant material: Pistacia atlantica (2 populations), *P. lentiscus* (3 populations), *P. terebinthus* (1 population) and *P. vera* (3 populations) leaves used for this study were collected from August to end September 2008 to 2009 from nine locations in Algeria. The wild specimens were selected such as to cover a wide climatic variation, and each site is characterized by its Mediterranean bioclimatic type using Q_3, the classical Emberger's quotient (Table 1). For each site, the following voucher specimens were kept in the herbarium of the University of Djelfa (Algeria): Boumerdes, (D-2009-PL-B); Djelfa-Senalba, (D-2009-PL-D2); Elhamdania, (D-2009-PL-M); Djelfa-Zaina, (D-2009-PA-D1); M'sila-Elmergueb, (D-2009-PA-MS1); Djelfa-Rosslayoun, (D-2009-PV-D3); M'sila-Elmergueb, (D-2009-PV-MS1); M'sila-Oued soyeb, (D-2009-PV-MS2) and finally Djelfa-Senalba, (D-2009-PT-D2).

Table1. Main climatic features of the experimental selected sites.

Sites	latitude	longitude	Altitude (m)	M. (°C)	m. (°C)	Rain (mm/an)	Q3	Climate type
Boumerdes- Elkahla (B)	36°35'N	3°'22'E	495	32.8	5.9	650	82.9	Sub humid mild
Medea- Elhamdania (E)	36° 21'N	2° 46'E	950	31	-1.3	490	52.1	Sub humid cold
M'sila-Elmergueb (MS1)	35°40'N	3°55'E	630	36.6	2.7	308.6	31.2	Semi Arid fresh
M'sila-Ouled Suyeb (MS2)	35°39'N	3°52'E	469	38.2	3.7	214.3	21.3	Arid mild
Djelfa-Zaina (D1)	34°43'N	3°12'E	1092	34.6	1.4	320.9	34.7	Semi arid fresh
Djelfa-Senelba (D2)	34°40'N	3°10'E	1270	33	-1	320.9	34.4	Semi arid cold
Djelfa-Rosslayoun (D3)	34°38'N	3°15'E	1153	34	1.4	320.9	33.5	Semi arid fresh

Source of climatic data: National Meteorology Office of Algeria.

Q_3: Emberger quotient, M: Mean of the maxima temperatures of the warmest month, m: Mean of the minima temperatures of the coldest month.

Light microscopy: In each area, five randomly selected samples of fully expanded leaflets were taken from different leaves, from five healthy trees (a total of 225 leaflets). The samples were dried under laboratory environmental conditions until use. After several months they were remoisten in distilled water for 15 to 30 minutes and, when dry, the leaf impression technique was applied to view stomata. A thin layer of clear nail varnish was painted onto both adaxial and abaxial leaf surfaces and left for 5 to 10 min. A strip of transparent sticky tape (sellotape) was placed over the dried varnish and pressure applied to obtain an imprint. The sellotape with its imprint was peeled from the leaflets and placed onto a glass microscope slide. Replicas were examined under an optical microscope (Leica D.M.L.S, Germany). Pictures were digitally recorded for each slide at magnification x100 and x 400 and used for stomata measurements using Motic Images Plus 2.0 Software. The length and width of ten stomata per leaf were measured on the abaxial face for *P. atlantica*, *P. lentiscus* and *P. terebinthus* (a total of 3000 measurements) and the length and width of ten stomata per leaf were measured both on the abaxial and adaxial leaf area for *P. vera* (a total of 3000 measurements). In addition, the stomata in ten adaxial and ten abaxial areas of each five leaves per population were counted for the nine locations (a total of 4500 measurements).

Scanning electron microscopy: The other leaves were cleared out with ethanol (90%) in order to remove external particles and dust then, standard procedures were followed for Scanning Electron Microscope (SEM) to study the epidermal leaf surfaces (Belhadj et al., 2007a). Three specimens from each site were examined. A section of 5 mm^2 of the dry leaf surface (both adaxial and abaxial surfaces) was fixed on a labelled stub. The samples were coated with gold and scanned in a Philips XL 30ESEM (USA). Micromorphological observations included stomata shape, stomata distribution and position in the epidermis. SEM pictures were digitally recorded in different magnifications.

Statistical analysis: The data were subjected to ANOVA and the mean separation was made with the Tukey (HSD) test to determine whether the differences among and within populations were significant or not. In addition to that, PCA (Principal Component Analysis) was studied to show the different groups using R software (version 2.12.2) and the package ade4.

Results

Stomata distribution and position in the epidermis: In all the populations the leaflets were amphistomatic (the stomata are present, on the abaxial and adaxial leaf face). The stomata are spread all over the leaf area on the abaxial leaf surface for all the species, while on the adaxial face they are present exclusively near the major and minor midribs for *P. atlantica* and *P. terebinthus*, near the major midrib for *P. lentiscus*. *P. vera* leaflets have stomata spread all over the adaxial leaf area. In this study, the stomata were level to slightly sunken for *P. lentiscus* and *P. vera*, slightly sunken to sunken for *P. atlantica* and finally, sunken below the epidermis for *P. terebinthus* (Table 2; Figs 1, 2 and 3). Concerning stomata intraspecific variation among the different populations, these were slightly sunken in Djelfa site (D1) and sunken in M'sila site (MS1) for *P. atlantica* while they were slightly sunken in Djelfa site (D2), slightly sunken to sunken in Boumerdes site (B) and level to slightly sunken in Elhamdania site (E) for *P. lentiscus*. Finally, for *P. vera*, the stomata were level with the epidermis in Djelfa site (D3), level to slightly sunken in M'sila site (MS1) and sunken in the epidermis in M'sila site (MS2) (Table 3).

Stomata shape and size: The stomata differ in form; they are ellipsoidal for all the species, excepted for *P. lentiscus* where they appear to be somehow round (Figs 1, 2 and 3). However, intermediate forms were registered in this study as well, especially in *P. vera* and *P. atlantica* populations. The different species and populations varied significantly in the dimensions of their stomata both on the abaxial and adaxial face. On the abaxial face, the values varied between 23.44µm (*P. terebinthus*) and 25.24µm (*P.vera*) for the length, and between 16.12µm (*P. atlantica*) and 19.12µm (*P. lentiscus*) for the width. *P. terebinthus* had the lowest value for the stomata length (23.44µm), while for the remaining species no significant differences among them were registered for this variable. *P. lentiscus* had the widest stomata (19.12µm), significantly different from *P. vera* (17.06µm) and *P. terebinthus* (16.90µm) (no significant difference between the two) and finally from *P. atlantica* (16.12µm), which had the narrowest ones (Table 2). In *P. atlantica* populations, no significant differences were registered for these variables (Table 3). While in *P. lentiscus* populations, B site had the highest values in length and width (27.45µm and 21.44µm, respectively), significantly different from D2 site which had the lowest values (22.85µm and 17.19µm, respectively) (Table 3). For *P. vera*, significant differences were registered, both on the abaxial and adaxial leaf area for the stomata size among the populations. MS1 site had the biggest stomata both on the abaxial and adaxial leaf surface (26.51µm x 18.99µm and 26.83µm x 19.21µm,

respectively), significantly different from the remaining sites (D3 and MS2, which were not significant on the abaxial side. On the adaxial side, follows MS2 site (significantly different from the two). D3 site had the smallest stomata (24.29µm x 16.70µm) on the adaxial side (Table 3).

Stomatal density: Stomata differ in density in all the studied sites. Species and populations presented in Tables 2 and 3 have more stomata per unit area on the lower epidermis than on the upper, the values (significantly different one to another) ranging between 147.36 st/mm2 (*P. vera*) and 499.16 st/mm2 (*P. terebinthus*), on the abaxial side, and 3.21 st/mm2 (*P. lentiscus*) and 94.93 st/mm2 (*P. vera*), on the adaxial side, depending upon species. In *P. atlantica* populations, D1 and MS1 sites differed significantly in their stomata number both on the abaxial and adaxial leaf surface, with MS1 having the highest value (196.46 st/mm2) on the abaxial side and D1 (32.84 st/mm2) on the adaxial (Table 3). For *P. lentiscus* populations, E site had the highest value (265.62 st/mm2, significantly different from the rest of the sites) and B site the lowest (214.57 st/mm2, significantly different to D2 and E sites), on the abaxial leaf surface, while on the adaxial side, D2 site had the highest stomata number (6.27 st/mm2, significantly different from the two) and E site the lowest number (1.37 st/mm2, not significant from B site (Table 3). Concerning *P. vera* populations, D3 (152.15 and 101.84 st/mm2) and MS2 (152.25 and 98.33 st/mm2) sites had the highest values, both on the abaxial and adaxial sides, respectively (no significant difference between them). MS1 site, significantly different from D3 and S2, had the lowest number, both on the abaxial and adaxial leaf surface (124.37 and 70.92 st/mm2, respectively) (Table 3).

Following the Principal Component Analysis (PCA) (Fig. 4), the species were separated onto 4 groups according to stomata length on the axis 1 and to stomata number on the abaxial side on the axis 2. The axis 1 is determined by the stomata length and the axis 2 by the adaxial stomatal density. Also the figure 4 revealed a negative correlation between stomatal densities on both sides, while length and width on the abaxial side were positively correlated. Thus, the PCA allow to separate *P. terebinthus* from the rest according to the stomata length and *P. vera* from the rest according to the stomatal density in the adaxial face.

Table 2. Stomata characteristics of *Pistacia* leaves. Data are means ± SD, range (Min-Max).

variables	*P. terebinthus*	*P. lentiscus*	*P. atlantica*	*P. vera*
Stomata number Abaxial face	499.16**a** ±183.95 (217.37-760)	241.90**b** ± 37.63 (152.11-324.74)	185.62**c** ± 32.71 (96.32-261.58)	147.36**d** ± 23.17
Stomata number Adaxial face	17.39**c** ± 13.03 (5.79-47.37)	3.21**d** ± 3.73 (0.0-18.95)	30.22**b** ± 7.90 (16.32-56.84)	94.93**a** ± 17.87 (51.05-127.37)
Stomata length (Abaxial face)	23.44**b** ± 2.28 (17.83-30.61)	25.16**a** ± 3.44 (16.17-36.64)	24.85**a** ± 2.80 (17.25-33.25)	25.24**a** ± 2.76 (15.39-43.83)
stomata width (Abaxial face)	16.90**b** ± 1.78 (12.92-21.80)	19.12**a** ± 2.91 (11.56-29.80)	16.12**c** ± 7.08 (10.62- 25.19)	17.06**b** ± 2.06 (9.93-26.98)
Stomata position in the epidermis	sunken	Level to slightly sunken	Slightly sunken to sunken	Level to slightly sunken

[a,b,c,d] Mean separation within lines, by Tukey test ($p<0.001$). Values with same letters are not significantly different. Significance at $p<0.01$

Table 3. Stomata characteristics of *Pistacia* species leaves from different locations. Data are means ± SD, range (Min-Max).

variables	Stomata number Abaxial face	Stomata number Adaxial face	Stomata length (Abaxial face)	Stomata position in the epidermis	Stomata position in the epidermis
P. atlantica					
(Djelfa-Zaina)	174.78**b** ± 37.15 (96.32-261.58)	32.84**a** ± 8.82 (19.47-56.84)	24.73**NS** ± 2.70 (17.25-31.87)	15.96 **NS** ± 2.00 (10.62-25.19)	Slightly sunkun
(M'sila-E1mergueb)	196.46**a** ± 23.65 (151.05-237.89)	27.60**b** ± 5.95 (16.32-38.42)	24.97 ± 2.89 (18.06-33.25)	16.27 ± 9.82 (11.69-21.22)	Sunkun
P. lentiscus					
(Djelfa-Senalba)	245.52**b** ± 31.54 (193.68-316.32)	6.27**a** ± 4.31 (1.05-18.95)	22.85**c** ± 2.85 (16.17-34.58)	17.19**c** ± 2.27 (11.56-24.37)	Slightly sunkun
(Boumerdes)	214.57**c** ± 27.77 (152.11-268.95)	2.00**b** ± 2.81 (0.0-11.05)	27.45**a** ± 3.31 (20.68-36.64)	21.44**a** ± 2.57 (15.53-29.80)	Slightly sunkun to sunkun
(Medea-Elhamdania)	265.62**a** ± 34.97 (205.26-324.74)	1.37**b** ± 1.22 (0.0-5.26)	25.17**b** ± 2.39 (19.25-31.88)	18.74**b** ± 2.10 (13.97-25.68)	Level to slightly sunkun
P. vera					
(Djelfa-Rosslayoun)	152.15**a** ± 22.34 (96.84-190.53)	101.84**a** ± 13.47 (70.53-126.84)	24.79**b** ± 2.75 (15.39-43.83)	16.48**b** ± 1.78 (12.71-26.98)	Level
(M'sila-Elmergueb)	124.37**b** ± 21.78 (94.21-161.58)	70.92**b** ± 19.12 (51.05-117.37)	26.51**a**± 2.81 (18.41-35.39)	19.21**a** ± 2.20 (14.85-26.17)	Level to slightly sunkun
(M'sila-Oued Soyeb)	152.25**a**-18.85 (98.95-202.63)	98.33**a** ± 12.13 (72.11-127.37)	25.11**b** ± 2.59 (17.63-39.46)	16.82**b** ± 1.83 (9.93-23.22)	sunkun

[a,b,c,d] Mean separation within columns (within species), by Tukey test and T-Test ($p<0.001$). Values with same letters are not significantly different. Significance at $p<0.01$. NS: not significant

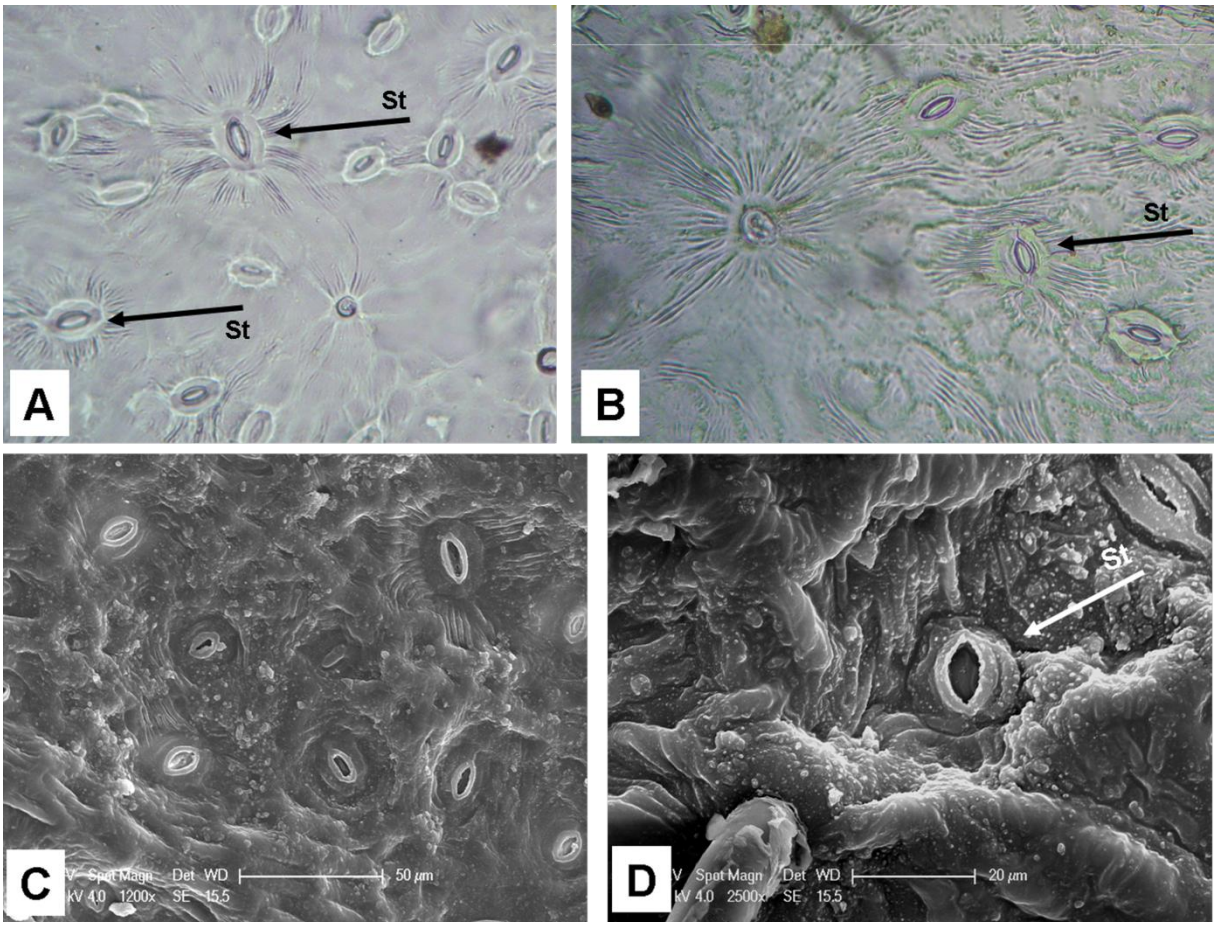


Fig.1. Stomata distribution in leaves of *P. vera*. Stomata appearance and density under photonic microscope (x 400) abaxial side (A) and adaxial side (B), (st: stomata), (C) and (D) SEM micrographs of stomata showing different shape and position in the epidermis of stomata (sunkun stomata, arrow).

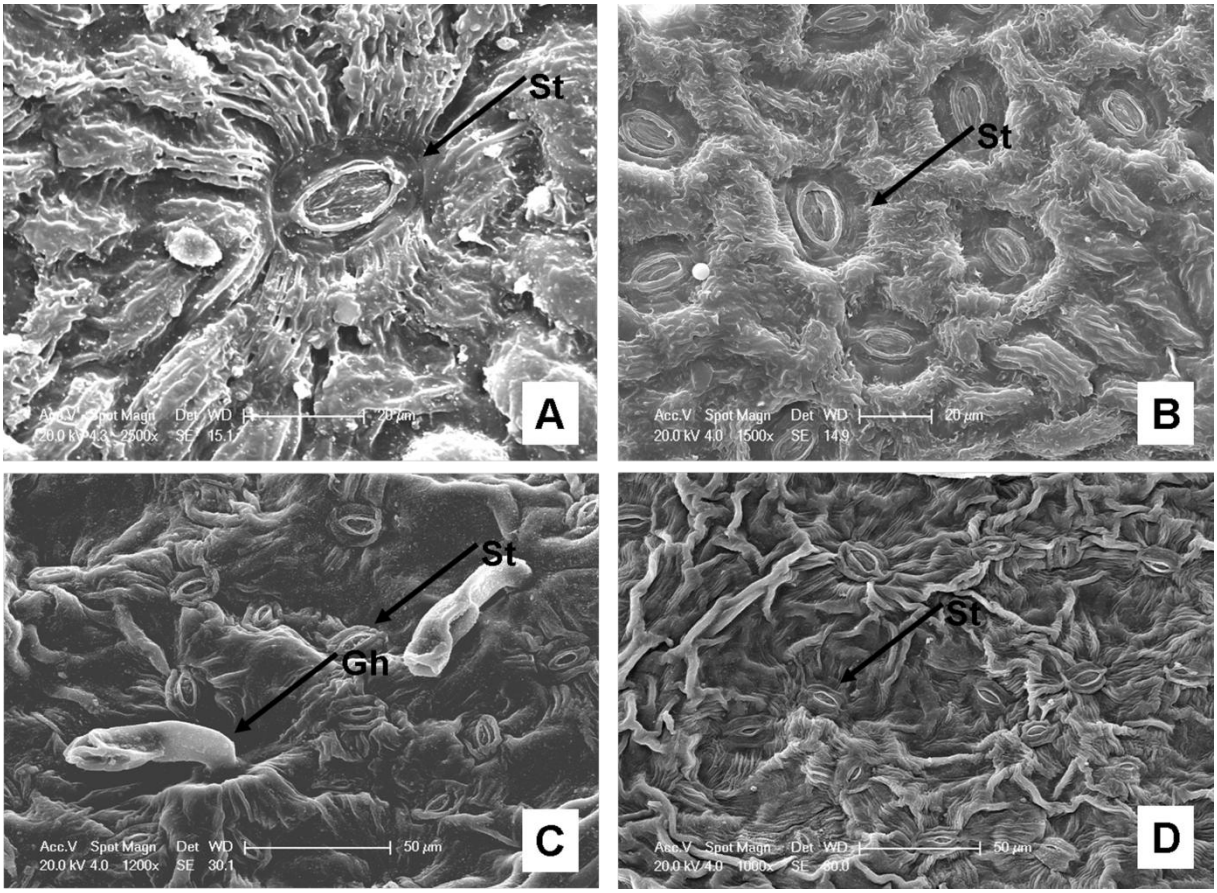


Fig.2. SEM micrographs showing stomata appearance and position in the abaxial epidermis (A) and (B) in *P. terebinthus* and (C) and (D) in *P. atlantica* (Gh, glandular hair).

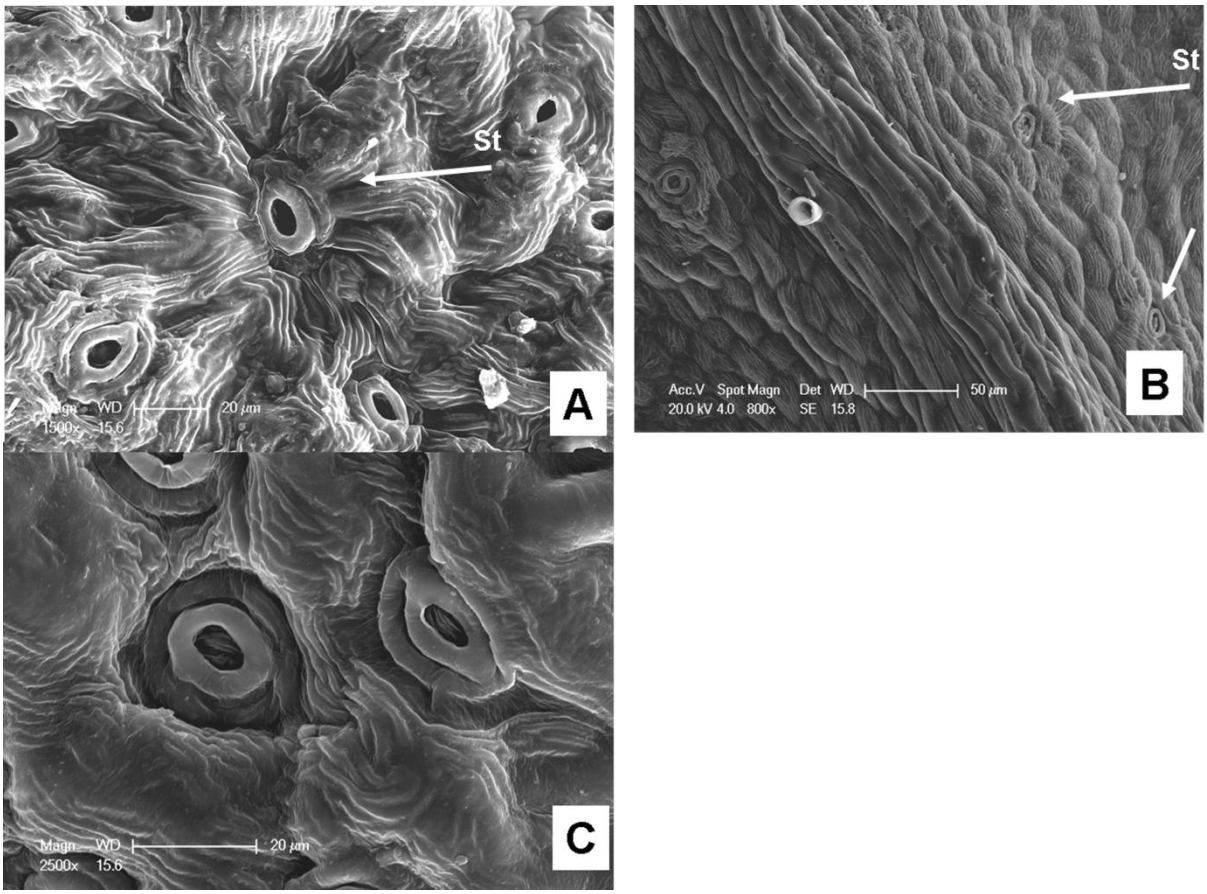


Fig.3. SEM micropgraphs showing stomata appearance and position in the abaxial epidermis (A) and (C) and in the adaxial epidermis (B) of *P. Lentiscus.*

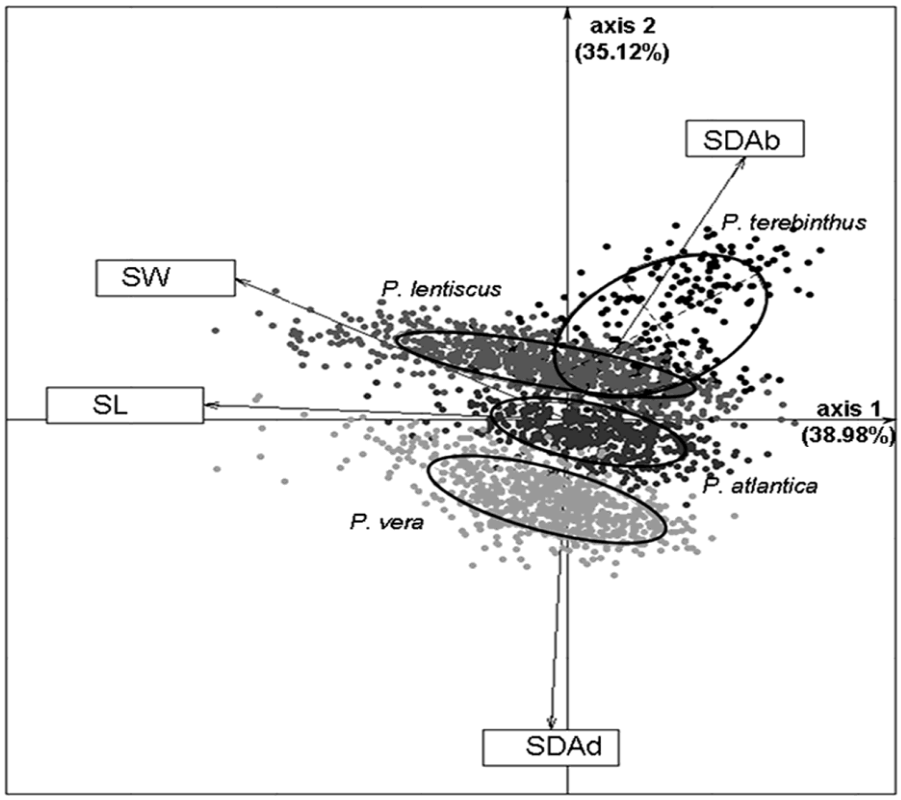


Fig.4 Bifactorial projection of PCA of different *Pistacia* sp. and their stomatal characteristics (SDAb: stomatal density in the abaxial face, SDAd: stomatal density on the adaxial face, SW: stomata width, SL: stomata length).

Discussions

Regarding the distribution of stomata, our results showed that all *Pistacia* species are amphistomatic. Stomata were abundant on the abaxial face, although a few stomata were also found along the main veins on the adaxial face for *P. terebinthus*, *P. atlantica* and *P. lentiscus*. Previous results concerning this character are contradictory. Al-Saghir and Porter (2005) classified *P. terebinthus* as hypostomatic. Gindel (1969) as well classified *P. lentiscus* as hypostomatic. In contrast, other authors (Gindel 1969; Lin et al. 1984; Rudall 1992; Lersten and Curtis 1997) reported that *P. terebinthus*, together with *P. atlantica* are amphistomatic. Concerning the stomata occurrence on the leaf lamina, on the adaxial face, Alvarez et al. (2008) reported that the stomata were located only along the midrib, for *P. terebinthus*, while Al-Saghir et al. (2005) registered no stomata at all on the adaxial side for the species. In contrary, they reported about 242.5 st/mm2 on the adaxial face for *P. atlantica*,

spread all over the leaf area. According to these authors, the most common character trend in the genus *Pistacia* was the occurrence of stomata only in abaxial surface (Hypostomaty) in a low density and large size. The occurrence of stomata on both adaxial and abaxial surfaces of leaves of some species and not others not readily attributed to any particular selection pressure under which the species may have originated. Al-Saghir and Porter (2005) suggested that this difference could be related to the ecological plasticity of *Pistacia* sp to a wide range of environmental conditions. Our samples were collected from different sites with different climatic conditions, from arid mild (MS2 site) to Sub Humid mild (B site) climate type, with annual rainfall fluctuating from 214 (MS2 site) to 650 mm (B site). In addition to that the altitude varied from 469 (MS2 site) to 1270m (D2 site) (Table 1). This shows the high level of plasticity of *Pistacia* sp to live under different and varied environmental conditions.

Most higher plants and especially those occurring in the Mediterranean climate, are subjected to drought stress, most of them have developed mechanisms (reduction of the size, leaf rolling, dense leaf pubescence, sunken stomata and accumulation of waxes) to adapt (Bosabalidis and Kofidis 2002; Holmes and Keiller 2002). Stomatal resistance depends upon both biotic (such as stomatal density, stomatal radius aperture, and stomatal length diffusion) and abiotic factors (such as light and water availability) (Eller 1977). Effectively, Gindel (1969) reported that in most of the woody species stomata are present only on the lower epidermis. However, the few which have stomata on both sides are xerophytic and grow naturally under extreme ecological conditions within the desert where the water table is far from the root zone. According to the same author, *P. lentiscus* and *P. palaestina,* for instance, which have stomata only on the lower epidermis, grow generally in the relatively more moderate Mediterranean maqui, whereas *P. atlantica*, which has stomata on both sides of the blade, grows naturally also in the semidesert and desert, often on rocky slopes. It appears that soil water deficiency and arid climatic conditions may result in morphological modifications, among which is an increase of stomatal density per unit area, which in most cases is accompanied by a decrease in stomatal length.

Al-Saghir (2005), suggested that the amphistomaty is the primitive state of this character and the occurrence on either surface (hypostomaty or epistomaty) is the advanced one in *Pistacia* species. *P. vera* is considered to be the most primitive species in the genus and *P. terebinthus* the most recent. In our work, *P. vera* had the lowest stomatal density on the abaxial leaf face and the highest stomatal densities on the adaxial face, in addition to that, the stomata were spread all over the leaf surface in both sides while *P. terebinthus* had the highest

value on the abaxial side but fewer, along the major and minor ribs only, on the adaxial side. According to Parfitt and Badenes (1997), loss of stomata may have occurred in *Pistacia* species as an adaptation to changes in climate, from relatively even distribution of rainfall and temperature to seasonal variation with higher rainfall and warmer temperatures. This is supported by the presumably more advanced *Pistacia* species having smaller elongated leaflets with pointed shoot apices, which are more efficient for water removal from the leaf surface. This would be a useful adaptation as the genus moved into regions of higher rainfall.

Regarding stomata size, generally it tended to decrease in genotypes with higher stomata frequencies. Similar data were collected for apricot genotypes (Llgin and Caglar 2009) and similarly, Palasciano et al. (2005) reported significant differences in stomatal frequency and size among genotypes of wild and cultivated almonds. Because stomata frequency and size are considered to be significant both in plant genetics and ecology, the leaf stomata frequency of the genotypes can be related to adaptation process of the trees. The stomatal density was found to be higher with increasing altitudes in walnuts (Caglar et al. 2004). Olmez et al. (2006) compared stomatal numbers of dry and fresh apricot cultivars in three different regions and demonstrated that the stomata numbers of the cultivars for drying process were found less than that for fresh consumption. Rana and Chadha (1990) found a correlation between growth of *Prunus* seedling and the number of stomata per unit area. Generally, there is an inverse relationship between the stomata number and size, characteristics which vary greatly among genotypes (Miller 1938). Similar results were collected during our study, the stomata size decreases with an increase of stomatal density on the abaxial face. Also we noticed that the stomatal density, on the abaxial and adaxial leaf surface was negatively correlated. Surprisingly, a gradient in length was also recorded in our study. The stomata were shorter in *P. terebinthus* and longer in *P. vera* according to PCA analysis. These results are in accordance with those registered with the ANOVA test.

Stomatal control of water losss allows plants to occupy habitats with fluctuating environmental conditions. Comparatively, under the extreme climatic conditions of the desert, *Acacia cyanophylla*, when grown on a sloping area in deep less, had 15.5% more stomata per unit area than trees grown close by but in a depression, where gravitational water concentrated during the rains, increasing twofold and more the available soil moisture percentage (Gindel 1969). Stomata on plant leaves are considered to have an important role for adaptability to varying environmental conditions (Salisbury and Ross, 1992). Stomatal frequency differs greatly from species to species and may vary in response to the amount of annual rainfall in

different regions (Misirli and Aksoy, 1994). Caglar and Tekin, (1997) reported the significant variations among the stomatal density of pistachio cultivars grafted on different rootstocks grown under arid condition. Sahin and Soylu (1991) showed the effect of drought on the stomata frequency of selected chesnut types.

Concerning the stomata position in the epidermis, no data were available in the literature. Our results are the first data available for the studied species. According to Lin et al. (1984), the genus *Pistacia* has been referred as a xerophyte, however, with the exception of more advanced development of palisade tissue, none of the characteristics commonly associated with xeromorphic leaves were recorded in *Pistacia* species. In a previous work (Belhadj et al. 2007a, 2008, 2011), we have shown that *P. atlantica* leaves from different populations from Algeria exhibited high micromorphological variations due to adaptations according to their habitats.

Conclusions

The evolutionary history of the genus *Pistacia* (including the stomata evolution) and the taxonomic relationships among its species are ambiguous and contradictory. Using morphological characters, such as those related to leaves and fruits; we showed that the studied Algerian *P. atlantica* populations could, in fact, be divided into three different populations. During the course of the morphological study, we observed that leaf micromorphology and especially the morphology of the epidermis and the trichome density could potentially be used as discriminating characters within and among different populations. In this context, the aim of the present work was to obtain additional data to clarify some of the contradictory results obtained for the genus. Our study provides more data such as stomatal distribution and shape as well as stomata position in the epidermis that can be useful to refine the taxonomic relationships within and among the different *Pistacia* species. In addition to that, the PCA allowed, clearly, the discrimination of *P. vera* from *P. terebinthus* according to the stomata length and the stomatal density, with a gradient starting from *P. terebinthus* to *P. vera*. Thus, our study confirms the evolutionary relationships according to the stomatal characteristics in the genus *Pistacia*.

Acknowledgements

We thank the staff of the Electron microscope unit (Service commun de microscopie électronique), Alain Tonetto and Roger Notonier of the University of Provence, Marseille (France) for their technical assistance and cooperation. We also thank Miss Mathilde Chomel, from the University of Provence, Marseille (France) for her help in the PCA statistical analysis.

References

Alyafi J (1979). Approches systématique et écologique du genre *Pistacia* L. dans la région Méditerranéenne. Thèse de Doctorat 3eme cycle. Université d'Aix – Marseille. France, 123 p.

Ahmad R, Ferguson L, Southwick S (2005). Molecular marker analyses of pistachio rootstocks by simple sequence repeats and sequence related amplified polymorphisms. J. Horticult. Sci. Biotechnol. 80:382-386.

Al-saghir MG, Porter D (2005). Stomatal distribution in *Pistacia* sp. (Anacardiaceae). Intl. J. Bot. 1 (2): 183-187.

Al-Saghir MG, Porter DM, Nilsen ET (2006) Leaf anatomy of *Pistacia* species (Anacardiaceae). J Biol Sci 6: 242–244.

Al-Saghir MG (2010). Phylogenetic analysis of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae) based on morphological data. Asian J. Plant Sc.,9: 28-35

Alvarez R, Encina A, Pérez Hidalgo N (2008). *Pistacia terebinthus* L. leaflets: an anatomical study. Pl Syst Evol 272: 107–118 (2008).

Barone E, Caruso T. Genetic diversity within *Pistacia* vera in Italy. In: Padulosi S, Caruso T, Barone E, editors. Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Report of a workshop, 29–30 June 1995, Palermo, Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; 1996. p. 20–9.

Batlle I, Vargas FJ, Romero M. Natural occurrence, conservation and uses of *Pistacia* species in Spain. In: Padulosi S, Caruso T, Barone E, editors. Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Report of a workshop, 29–30 June, 1995, Palermo, Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; 1996. p. 42–6.

Belhadj S (1999). Pistachio situation in Algeria. FAO.CIHEAM.NUCIS NEWS LETTER. 8:30.

Belhadj S (2001). Les pistacheraies algériennes: Etat actuel et dégradation. *In* Ak, B.E., (Eds.). 11 GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, September 01-04, 1999. Sanliurfa, Turkey. Cah. Opt. Méd. 56:107-10911.

Belhadj S (2002). Geographical distribution of *Pistacia atlantica* DESF. in Algeria. Acta Hort. (ISHS). 591:499-503.

Belhadj S, Derridj A, Aigouy T, Gers C, Gauquelin T, Mevy JP (2007a). Comparative morphology of leaf epidermis in eight populations of Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae). Microsc. Res. Tech. 70: 837–846.

Belhadj S, Derridj A, Auda Y, Gers C, Gauquelin T (2008). Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *Pistacia atlantica* en Algérie. Botany 86 (5) : 520-532.

Belhadj S, Derridj A, Moriana A, Gijon MC, Mevy JP, Gauquelin T (2011). Comparative analysis of stomatal characters in eight wild Atlas Pistachio populations (*Pistacia atlantica* Desf.; Anacardiaceae). Int Res J Plant Sci. (Under Press).

Bosabalidis AM, Kofidis G (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. Plant Sci. 163:375-379.

Çaglar S, Tekin H (1999). The stomata density of Pistachio cultivars on different *Pistacia* rootstocks. Turk. J. Agri. For. 23:1029-1032.

Caglar S, Sutyemez M, Bayazit S (2004). Stomatal density in some selected walnut (*Juglans regia*) types. J. Akdeniz Univ. Agric. Fac.17: 169-174.

Eller BM (1977). Leaf pubescence: the significance of lower surface hairs for the spectral properties of the upper surface. J Exp Bot 28:1054–1059.

El-Oqlah AA (1996). Biosystematic research on the genus *Pistacia* in Jordan. *In* Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Eds. S. Padulosi, T. Caruso and E. Barone. Workshop 29-30 June 1995. Palermo, Italy, pp 12-19.

Gauquelin T, Bertaudiere V, Montes N, Badri W, Asmode JF (1999). Endangered stands of thuriferous juniper in the western Mediterranean basin. Ecological status, conservation and management. Biodiversity and Conservation. 8:1479-1498.

Gindel I (1969). Stomatal number and size as related to soil moisture in tree xerophytes in Israel. Ecology. 50 (2) : 263-267

Golan-Goldhirsh A, Barazani O, Wang ZS, Khadka DK, Saunders JA, Kostiukovsky V, Rowland LJ (2004). Genetic relationships among Mediterranean *Pistacia* species evaluated by RAPD and AFLP markers. Plant Sys. Evol. 246: 9-18.

Grunwag M, Werker W (1976). Comparative wood anatomy as an aid to identification of *Pistacia* species. Isr J Botan 25:152–167.

Holmes MG, Keiller DR (2002). Effects of pubescence and waxes on the reflectance of leaves in the ultraviolet and photosynthetic wavebands: A comparison of a range of species. Plant Cell Environ 25:85–93

Kafkas S, Perl-Treves R (2001). Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey. Theor. Appl. Genet. 102: 908-915.

Kafkas S, Kafkas E, Perl-Treves R (2002), Morphological diversity and a germplasm survey of three wild *Pistacia* species in Turkey. Genet Resour Crop Evol 49: 261–270

Karimi HR, Zamani Z, Ebadi A, Fatahi MR (2008). Morphological diversity of *Pistacia* species in Iran, Genet Resour Crop Evol 56 :561–571.

Katsiotis A, Hagidimitriou M, Drossou A, Pontikis C, Loukas M (2003). Genetic relationships among species and cultivars of *Pistacia* using RAPDs and AFLPs. Euphytica 132 : 279–286

Lersten NR, Curtis JD (1997). Leaf anatomy of *Dombeya* and *Nesogordonia* (Sterculiaceae), emphasizing epidermal and internal idioblasts. Plant Syst. Evol. 207: 59-86.

Lin TS, Crane JC, Ryugo K, Polito VS, Dejong TM (1984). Comparative study of leaf morphology, photosynthesis, and leaf conductance in selected *Pistacia* species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (3):325-330.

Llgin M, Caglar S (2009). Comparison of leaf stomatal features in some local and foreign apricot (*Prunus armeniaca* L.) genotypes. Afri J Biotechnol. 8 (6) : 1074-1077.

Miller EC (1938). Plant Physiology McGraw-Hill Book Company, New York.

Misirli A, Aksoy U (1994)..A study on the leaf and stomatal properties of Sarilop fig variety. J. Ege Univ. Agric. Fac. 31: 57-63.

Olmez HA, Ak BE, Gulcan R (2006). The relationship between stomata density and fruit quality of some apricot varieties growing in different altitudes in Malatya province. Acta Hort 701: 163-166.

Özeker E, Misirli A (2001). Research on leaf properties and stomata distribution of some *Pistacia* spp. Cah. Opt. Méd. 56: 37-241.

Palasciano M, Camposeo S, Godini A (2005). Stomatal size and frequency in wild and cultivated almonds, Opt. Méd. 63**:** 305–310.

Parfitt DE, Badenes ML (1997). Phylogrny of the genus *Pistacia* as determined from analysis of the chloroplast genome. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 94: 7987-7992.

Quézel P, Médail F (2003). Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Environmental series. Elsevier. 571 p.

Rana HS, Chadha TR (1990). Relatonship between stomatal density and vigour in clones of some *Prunus* species. XXII. International Hort. Congr. Firenze (Italy), 27 August-1 September. Abst. Contributed. p. 1232.

Rotondi A, Rossi F, Asunis C, Cesaraccio C (2003). Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a coastal Mediterranean macchia ecosystem, J. Medit. Ecol. 4: 25–35.

Rudall, P. 1992. *Anatomy of flowering plants. An introduction to structure and development*, ed. 2. Cambridge. P.110

Sahin T, Soylu A (1991). A study on leaf and stomatal properties of some selected chestnuts. Uludag University. 10: 20.

Salisbury FB, Ross CW (1992). Plant Physiology. 4th edition. Wadsworth Publ. Comp. Calif.,p. 682.

Yaltirik F (1967). *Pistacia* L. *In* Flora of Turkey and the east Aegean Islands. Eds P.H. Davis. Edinburgh University Press. 2. pp 542-548.

Zohary M (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. Palestine Journ. Bot. J. series. 5 (4):187-228.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Au terme de ce mémoire, nous avons obtenu une quantité importante d'informations sur la variabilité morphologique intra et interspécifique pour les quatre espèces étudiées. Le présent travail révèle l'existence de divergences morphologiques très importantes et significatives entre les taxons étudiées du genre *Pistacia* (*P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. terebinthus* et *P. vera*) en Algérie. Les variabilités morphologiques observées sont soutenues par des différenciations génétiques et des interactions avec divers paramètres climatiques, de sorte que les changements morphologiques adaptatifs observés pourraient impliqués des phénomènes évolutifs au sein des populations.

L'analyse statistique a permis de séparer les espèces étudiées en différents groupes selon les variables étudiées et les conditions climatiques des stations. Les stations sont situées dans des étages bioclimatiques différents (sub-humide froid, sub-humide tempéré, semi-aride froid, semi aride frais et enfin aride tempéré) à des altitudes variées (469m-Ouled suyeb, 495m-Elkahla, 630m-Elmergueb, 950m-Elhamdania, 1092m-Elzaina, 1153m-Ross layoun et enfin 1270m-senalba). Dans le cas des variables quantitatives, les stations semblent se regrouper selon leurs bioclimats, ceci est bien visible pour le lentisque, la population de Boumerdes se détache des deux autres populations du lentisque de Senalba et de hamdania (qui elles, restent groupées). Visible également pour *P. vera*, où les deux populations de M'sila se regroupent et se détachent de la population de Djelfa. Le même topo est observé pour les deux populations du pistachier de l'Atlas. En somme, les populations se regroupent selon leur affinité génétique mais aussi très influencées par le gradient altitudinal et pluviométrique (Fig. 29) comme suit :

- Groupe 1 (altitude supérieure à 900m) : Lentisque (populations de hamdania et de senalba) avec *P. vera* (population de Ross layoun) et le Pistachier de l'Atlas (population de zaina) ;

- Groupe 2 (altitude entre 469-630m) : *P. vera* (populations d'ElMergueb et Oued soyub) avec le pistachier de l'Atlas (population de Mergueb) et enfin le lentisque (population de boumerdes) ;

Par contre pour les variables qualitatives, les stations se regroupent selon leur affinité génétique, malgré la variabilité du climat et l'instabilité des caractères morphologiques étudiés (Fig. 31).

Nous pouvons ainsi résumer les principales caractéristiques enregistrées pour les 04 espèces lors de cette étude comme suit:

I- *Pistacia vera*, est caractérisé par :

1- Un nombre de folioles faible par rapport aux autres espèces ;
2- Des feuilles plus grandes (longueur et largeur de la feuille, longueur et la largeur de la foliole terminale, longueur du pétiole);
3- Des folioles terminales plus grandes que les folioles basales ;
4- Une foliole terminale de forme ovale, ovale-arrondie et large lancéolée ;
5- Des feuilles de couleur verte contrairement aux autres espèces (vert foncé) ;
6- Des feuilles tomenteuses avec beaucoup de poils au niveau de la marge et sur la surface foliaire abaxiale ;
7- Feuilles amphistomatiques ;
8- Des stomates répartis sur les deux faces de la feuille ;
9- Une forte densité stomatique sur la face adaxiale ;
10- Des stomates de forme élliptique.

II- *Pistacia lentiscus* est caractérisée par :

1- Un nombre de folioles plus élevé ;
2- L'absence de la foliole terminale ;
3- La présence d'ailes foliaires au niveau du rachis et du pétiole ;
4- Des feuilles tomenteuses mais avec moins de poils sur la surface abaxiale et adaxiale ;
5- Feuilles amphistomatiques, mais sur la face adaxiale, les stomates sont situés le long de la nervure principale ;
6- Des stomates plus grands que pour les autres espèces;
7- Des stomates de forme sphérique.

III- *Pistacia atlantica* est caractérisée par :

1- Un nombre de folioles élevé mais moins que *P. lentiscus*;

2- Des folioles terminales plus larges ;
3- Des folioles terminales de même taille que les folioles basales ;
4- Une foliole terminale de forme lancéolée et elliptique ;
5- Feuilles amphistomatiques, mais sur la face adaxiale, les stomates sont situés le long de la nervure principale ;
6- Des stomates de forme élliptique.

IV- *Pistacia terebinthus* est caractérisée par :

1- Des feuilles glabres ;
2- Des pétioles de forme aplatie ;
3- Des folioles terminales de forme arrondie et elliptique ;
4- Un apex mucroné, obtus ou rétus ;
5- Feuilles amphistomatiques, mais sur la face adaxiale, les stomates sont situés le long de la nervure principale et secondaire;
6- Une forte densité stomatique sur la face abaxiale par rapport aux autres espèces ;
7- Des stomates de forme élliptique.

Les caractéristiques des feuilles mais aussi des stomates nous ont permis de distinguer les différents groupes de stations selon leurs bioclimats et le gradient altitudinal mais aussi selon leur affinité génétique. Les dimensions des feuilles et des folioles terminales, le nombre de paires de folioles, la forme de la foliole terminale, la forme du pétiole, la présence de trichomes, les dimensions, la densité, la forme ainsi que la répartition des stomates sont les caractéristiques les plus discriminantes, elles ont permis la séparation nette des quatre différentes espèces étudiées. Les feuilles de *P. atlantica* présentent des trichomes au niveau de la nervure principale et la marge, chez *P .lentiscus* ils sont présents avec une faible intensité contrairement aux feuilles de *P. vera* qui sont présents au niveau de la marge, le long de la nervure principale, la surface foliaire abaxiale ainsi que sur la surface adaxiale. Chez *P. terebinthus* toutes les feuilles étaient glabres ou présentaient très peu de poils glandulaires. Concernant les caractéristiques métriques des stomates, le lentisque possède des stomates plus grands et de forme subcirculaire. *P. vera* possède des stomates répartis sur toute la surface des deux faces de la feuille, contrairement aux 3 autres espèces qui possèdent des stomates uniquement le long de la nervure principale sur la face adaxiale. De même, les différentes adaptations observées lors de cette étude (position des stomates sur l'épiderme, occurrence de

cire, variation dans la taille des feuilles et des stomates) peuvent s'expliquer par la plasticité et la présence du genre *Pistacia* dans diverses conditions climatiques.

D'une manière générale, toutes les espèces étudiées, montrent des caractéristiques de xéromorphie, qui leurs confèrent une grande plasticité écologique. L'intérêt que présentent ces espèces par leur rusticité, dans la lutte contre la désertification, la protection des milieux steppiques et la conservation des sols, est incontestable. Dans les régions steppiques, où l'aridité menace la biodiversité, ces espèces peuvent donner des résultats satisfaisants et jouer un rôle d'abord écologique pour répondre ensuite à des impératifs économiques. Il sera alors possible de préserver une multitude d'écosystèmes et même de transformer des espaces en voie de désertification en de vastes étendues productives. Il serait donc nécessaire d'entreprendre des actions telles que la localisation et l'actualisation de la carte de distribution du genre *Pistacia* en Algérie, la mise au point et l'amélioration des techniques de régénération et d'élevage en pépinière, l'identification des techniques de plantation adaptées aux conditions du milieu avec la prise en charge des facteurs limitants, la création d'une banque de graines et de matériel végétal de reproduction, l'étude génétique des écotypes et sélection des variétés adaptées et enfin la création de vergers de conservation et de multiplication.

Il serait, donc, intéressant d'étendre cette étude avec un échantillonnage plus vaste concernant aussi bien les provenances algériennes que des provenances étrangères et de poursuivre le travail en utilisant d'autres approches telles que la palynologie, les marqueurs moléculaires, la germination pour remédier aux problèmes de fécondité et de régénération naturelle.

ANNEXE

Tableau 1. Analyse de la variance des caractères quantitatifs mesurés pour les 04 espèces du genre *Pistacia*.

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Sig.
Longueur de la feuille	intergroupes	5041,448	3	1680,483	486,349	,000***
	intragroups	2733,144	791	3,455		
	Total	7774,592	794			
Largeur de la feuille	intergroupes	6936,415	3	2312,138	685,951	,000***
	intragroups	2666,229	791	3,371		
	Total	9602,644	794			
Nombre de Folioles	intergroupes	3910,922	3	1303,641	788,951	,000***
	intragroups	1307,027	791	1,652		
	Total	5217,950	794			
Longueur Fol.Ter.	intergroupes	2030,657	2	1015,329	687,841	,000***
	intragroups	783,814	531	1,476		
	Total	2814,471	533			
Largeur Fol.Ter.	intergroupes	1799,249	2	899,624	1066,901	,000***
	intragroups	447,746	531	,843		
	Total	2246,995	533			
long/larg	intergroupes	314,102	2	157,051	938,813	,000***
	intragroups	88,829	531	,167		
	Total	402,932	533			
Longueur du petiole	intergroupes	1031,592	3	343,864	538,015	,000***
	intragroups	505,555	791	,639		
	Total	1537,147	794			

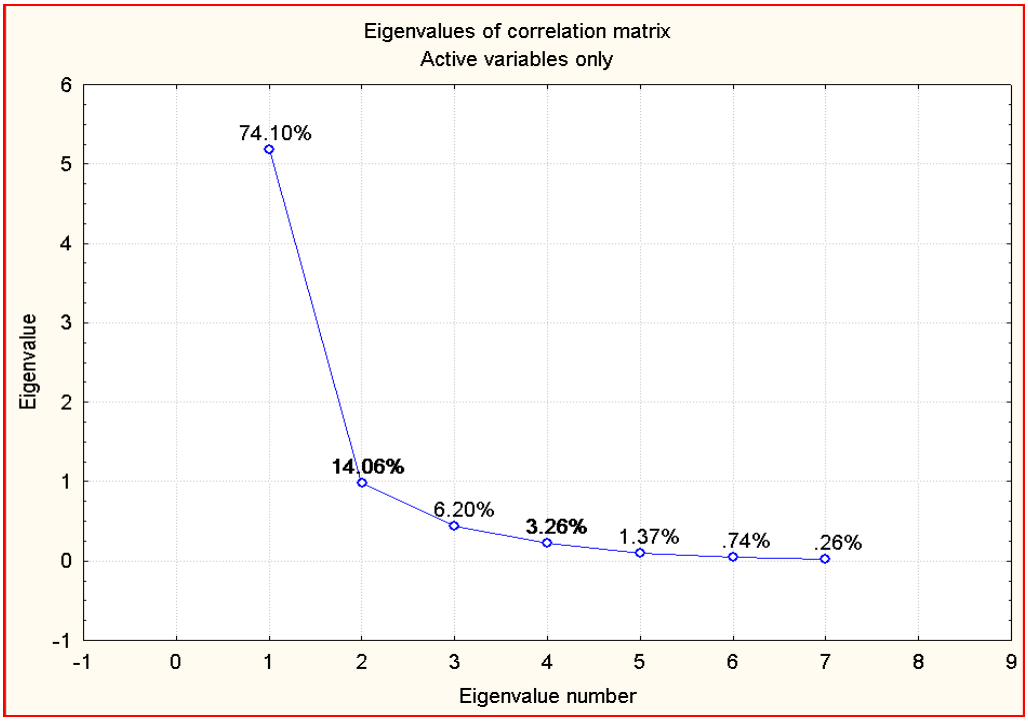


Fig. 1. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables quantitatives).

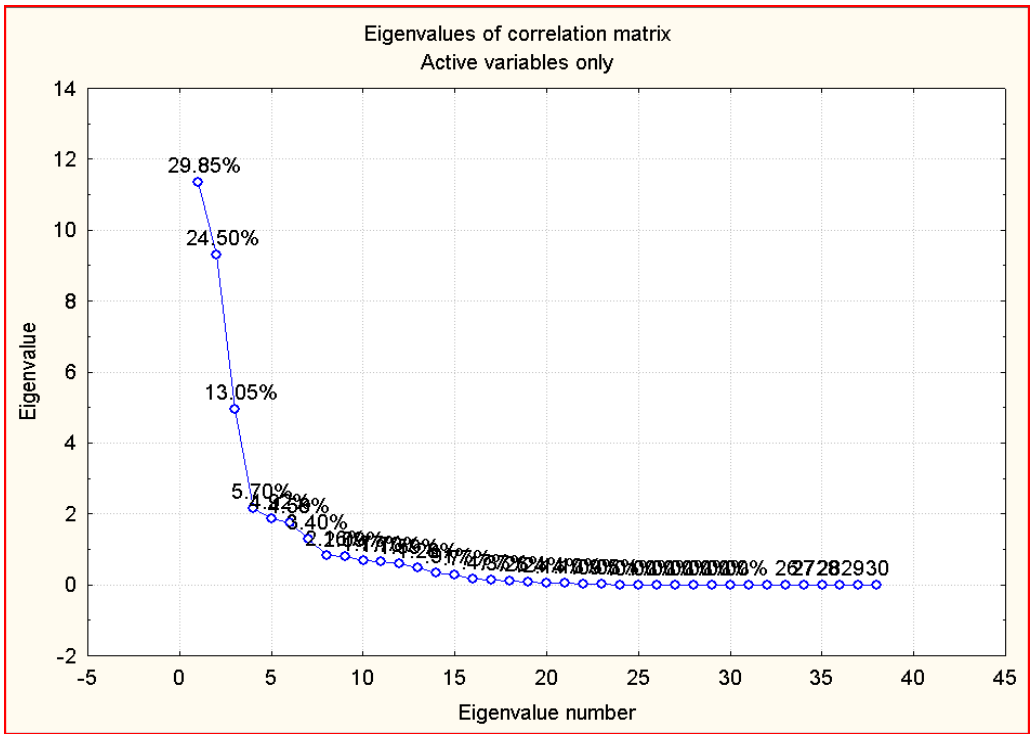


Fig. 2. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables qualitatives).

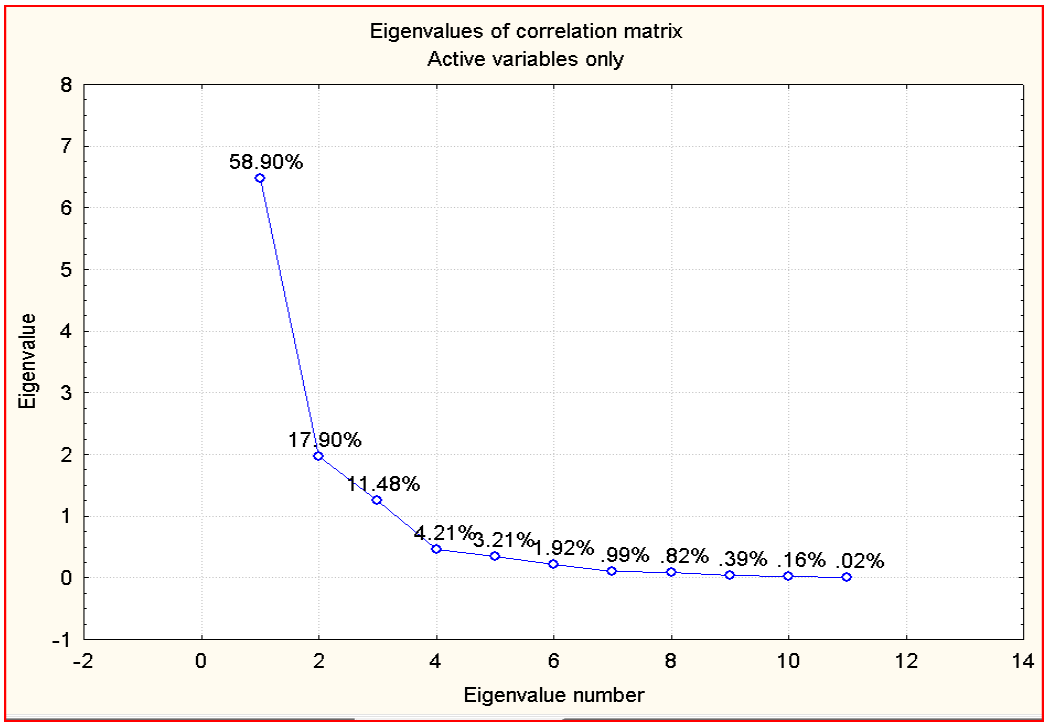


Fig.3. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables quantitatives et climatiques).

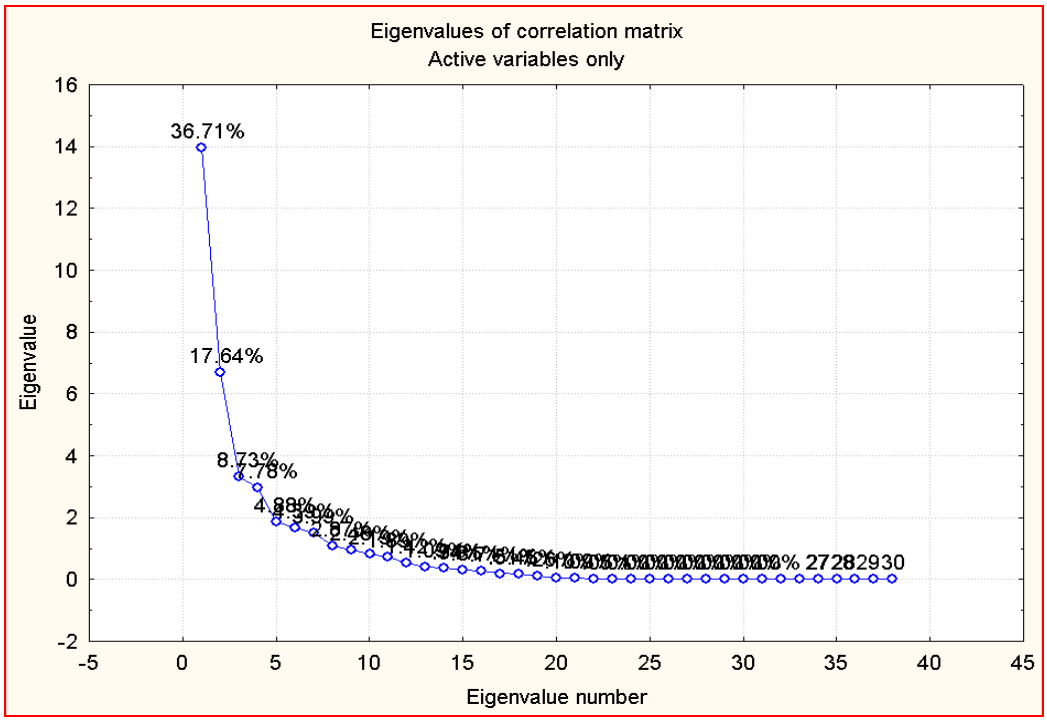


Fig. 4. Décroissance des valeurs propres dans une analyse en composante principale (variables qualitatives et climatiques).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Abdelkrim H., 1986. Les drayâtes du sud de l'atlas saharien (Algérie). Coll. Phytosoc., 13 « végétation et géomorphologie », Ed. Cramer stuttgar, Pp. 361-371.

Abdelkrim H., 1992. Un joyau floristique : l'oued ldikel, oued de *Pistacia atlantica* et *Myrtus nivellei* dans le Hoggar. Doc. Phytosoc., N.C., XIV : 211-218, Camerio.

Abdelkrim H. et Mediouni K., 1997. L'apport de l'école sigmatiste à la connaissance des groupements végétaux de l'Algérie. Historique et Perspective. Colloques phytosociologiques XXVII Bailleul 716-725.

Aboussalim A., El mahboul B. et Walali L.D., 1992. Germination in vitro de graines et croissance de plantules de pistachier (*Pistacia vera* L.). Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride, 4 :17-23.

Ahmad R, Ferguson L, Southwick S., 2005. Molecular marker analyses of pistachio rootstocks by simple sequence repeats and sequence- related amplified polymorphisms. J. Horticult. Sci. Biotechnol. 80: 382-386.

Ait-Radi A., 1979. Multiplication par voix végétative et par semis de *Pistacia atlantica* et d'*Alianthus altissima*. Mémoir d'ingenieur, I.N.A, Alger, P. 40.

Aleta N., Ninot A., Rouskas D., Zakinthinos G., Avanzato D. et Mendes Gaspar A., 1997. La multiplication du pistachier. Pp : 121 – 132 cité dans Cahiers options méditerranéennes. Amélioration d'espèces à fruit à coque : noyer, amandier, pistachier. Série B : Etude et recherche N° 16, Zaragoza, 147 p.

Al- habbal M. J., Al- habbal Z. et huwezi F. U., 1984. A double- blind controlled clinical trial of mastic and placebo in the treatment of duodenal Ulcer. Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 11: 541-544.

Ali-Shtayeh M.S., Abu Ghdeib S.I., 1999. Antifungal activity of plant extracts against dermatophytes, Mycoses; 42(11-12):665-72. PubMed PMID: 10680445.

Al-Said M.S., Ageel A.M., Parmar N.S. et Tariq M., 1986. Evaluation of mastic, a crude drug obtained from *Pistacia lentiscus* for gastric and duodenal anti-ulcer activity, Ethnopharmacol; 15(3):271-8. PubMed PMID: 3724207.

AL–Saghir M.G., 2006. Phylogenetic Analysis of the Genus *Pistacia* (Anacardiaceae), Virginia Polytechnic Institute and State University.

AL–Saghir M.G., 2010. Phylogenetic analysis of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae) based on morphological data. Asian journal of plant sciences. ISSN 1682-3974.

Alvarez R., Encina A. et Perez Hidalgo N., 2008. *Pistacia terebinthus* L. leaflets: an anatomical study. Pl Syst Evol 272: 107–118.

Alyafi J., 1978. New characters differentiating *Pistacia atlantica* subspecies. Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève. Candollea, 33 (2) 201-206.

Alyafi J., 1979. Approches systématiques et écologiques du genre *Pistacia* dans la région méditerranéenne. Thés. 3e cycle. Fac. Sci. Techn. St-Jerome, Marseille, France. P. 123.

Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. J. Linnean Soc., Bot. 141: 399-436.

Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. In: Botanical Journal of the Linnean Society. ; 161:2, P. 105-121.

Ansar M., 1996. En plein cœur du Sahara, les arbres secrets des touaregs. Syfia. 84.

Auguste M., 1858. Flore forestière : Description et histoire des végétaux ligneux qui croissent spontanément en France. Ed. Nancy [FRA] : Grimblot, Raybois et Cie. P.384.

Aussenac G., 1973. Effet des conditions microclimatique différentes sur la morphologie et la structure anatomique des aiguilles de quelques résineux. Ann. Sci. Forest., 30(4), 375-392.

Ayfer M., 1976. La culture du pistachier en Turquie. Fruits. Vol. 22, N°8 Pp.351- 367.

Ayfer M. and Serr E.F., 1961. Effects of gibberellin and other factors and seed germination and early growth in Pistacia species. Proc. Amer. Soc. Hott. Sci., 77: 308-315.

Bagnouls F. et Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Extrait du Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse. 88: 193-239.

Baranova M., 1972. Systematic anatomy of the leaf epidermis in the Magnoliaceae and some related families. Taxon 21: 447-469.

Baranova M., 1987. Historical development of the present classification of morphological types of stomata. Bot Rev 53: 53-79.

Baranova M., 1992. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants. Bot. Rev. 58: 49-99.

Barazani O.Z., Dudai N., et Golan-Goldhirsh A., 2003. Comparison of Mediterranean *Pistacia lentiscus* genotypes by random amplified polymorphic DNA, chemical, and morphological analyses Journal of Chemical Ecology, 29:1939-1952.

Barboni D., Harrison, S.P., Bartlein, P.J., Jalut, G., New, M., Prentice, I.C., Sanchez-Goni, M.- F., Spessa, A., Davis, B., et Stevenson, A.C. 2004. Relationship between plant

traits and climate in the Mediterranean region: A pollen data analysis. J. Vegetation Sci. **15**: 635-646.

Barghchi, M. et Alderson, P.G., 1989. Pistachio (*Pistacia vera* L.). Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 5, Tree II. Bajaj, Y.P.S. (ed.). Pp. 68-98.

Barone E. et Caruso T., 1996. Genetic diversity within *Pistacia vera* in Italy. Dans : Workshop "Taxonomy, Distribution, Conservation and Uses of *Pistacia* Genetic Resources", Palermo, Italie, 1995, Padulosi S., Caruso T. et Barone E. (éds). IPGRI, Roma, pp. 20-28.

Barone E., Caruso T. et di Marco L., (1985). II pistacchio in Sicilia: superfici coltivate e aspetti agronomici. L'Informatore Agrario,4 1 (40) : 35-42.

Behboodi B.S. 2004. *Pistacia atlantica* Desf. 1800 in Iran. FAO-CIHEAM–NUCIS-Newsletter, 381 12: 27- 29.

Belhadj S., 1999. Pistachio situation in Algeria. FAO. CIHEAM.NUCIS NEWS LETTER, 8.30-30.

Belhadj S., 2007. Etude Eco-botanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae) en Algérie, préalable a la conservation des ressources génétiques de l'espèce et à sa valorisation. Thèse de Doctorat d'état. Faculté des sciences biologiques et agronomiques de Mouloud Mammeri, Tizi ouzou, Algérie. P. 182.

Belelhadj S., Derridj, A., Aigouy, T., Gers, C., Gauquelin, T., and Mevy, J.P. 2007a. Comparative morphology of leaf epidermis in eight populations of Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae). Microscopy Research and Technique. 70: 837–846.

Belhadj S., Derridj A., Civeyrel L., Gers C., Aigouy T., Otto T. and Gauquelin T., 2007b. Pollen morphology and fertility of wild Atlas pistachio *(Pistacia atlantica* Desf.*,* Anacardiaceae). GRANA. 46: 48-156.

Belhadj S., Derridj A., Auda Y., Gers C. et Gauquelin T., 2008. Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de Pistacia atlantica en Algérie. Botany, 86 (5) : 520-532.

Belhadj S., Derridj A., Moriana A., Gijon M.D.C., Mevy, J.P. and Gauquelin T., 2011. Comparative analysis of stomatal characters in eight wild atlas pistachio populations (*Pistacia atlantica* Desf.; Anacardiaceae). International Research Journal of Plant Science 2(3) pp. 060-069

Bellakhdar J., 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle. Medecine arabe ancienne et savoirs populaires. IBIS Press. P. 764.

Benhassaini H., 2003. Contribution à l'étude de l'autoécologie de *Pistacia atlantica* Desf sp. *atlantica* et valorisation. Thèse doct. Univ. Sidi Bel- Abbès. P. 93.

Blackman R.L et Eastop V.F., 1994. Aphids on the World's trees. An identification and information guide. CAB International, Wallingford.

Blanguernon S., 1955. Le Hoggar. Arthaud-SNED Algérie. Pp. 223-224.

B.N.E.D.E.R., 1995. Bureau national d'études pour le développement rural.

Boudy P., 1950. Economie forestière Nord- Africaine. Tome 2. Monographies et traitements des essences forestières. Fascicule 1. Editions Larose. Paris (Ve). Pp: 417- 419.

Boudy P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison rustique. Paris. Pp. 195-196.

Boudy P., 1955. Economie forestière Nord-Africaine. Déscription forestière de l'Algérie et de La Tunisie. Tome 4. Ed. Larousse, Paris, P. 438.

Bouya D., 2005-2006. Biologie Végétale Cormophytes (Végétaux Supérieurs): Morphologie, Anatomie, Reproduction, Adaptations. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des sciences Dhar El Mahraz, Département de Biologie, Fès.

Brousse G., 1974. Etude bibliographique sur la culture du pistachier. Polycopier I.N.A. El Harrach. P. 40.

Browiez K., 1987. *Pistacia lentiscus* cv. Chia (Anacardiacées) Chios Island. Plant Syst. EVOL. 1955 189-195.

Boulos L., 2000. Flora of Egypt. Geraniaceae- Boraginaceae. Al hadara Publishing. 2: 75-77.

Bussotti F., et Grossoni, P. 1997. European and Mediterranean oaks (*Quercus* L.; Fagaceae): SEM characterization of the micromorphology of the abaxial leaf surface. Bot. J. Linn. Soc. 124:183-199.

Camefort H., 1984. Morphologie des végétaux vasculaires. Cytologie, anatomie, adaptation, P. 432.

Carpenter K.J., 2005. Stomatal architecture and évolution in basai angiosperms. Amer J. Bot 92 (10): 1595-1615.

Carpenter R.J., Hill, R.S., et Jordan, G.J. 2005. Leaf cuticular morphology links Platanaceae and Proteacea. Int. J. Plant. Sci. 166 (5): 843-855.

Caruso T. et di Marco L., 1996. Sicilian pistachio germplasm: pomological traits. Dans : Proceedings of the IX GREMPA Meeting-Pistachio, Sciacca (Agrigento), Italie, 1993, Caruso T., Barone E. et Sottile F. (éds). Renier Publisher, Palermo, Pp. 90-95.

Castro-Díez P. and Montserrat-Martí G., 1998. Phenological pattern of fifteen Mediterranean phanaerophytes from *Quercus ilex* communities of NE-Spain. Plant Ecology 139: 103–112.

Castro-Diéz, P., Villar-Salvador, P., Pérez-Rontomé, C., Maestro-Martinez, M. et Montserrat-Marti, G., 1998. Leaf morphology, leaf chemical composition and stem xylem characteristics in two *Pistacia* (Anacardiaceae) species along a climatic gradient. Flora 193: 195-202.

Chaba B., Chraa O. et Khichane M., 1991. Germination, morphogenèse racinaire et rythme de croissance du pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica* Desf.). In Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Acte de séminaire. John Libbey Eurotext, Paris-Nancy, P.465-472.

Chatibi A., Kchouk M.L., Mliki A. et Ghorbel A., 1998. Microgreffage du pistachier (*Pistacia vera* L.) cv. Mateur. Pp : 121 – 138, cité dans Cahiers options méditerranéennes. Xeme colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier, 14 - 17 octobre 1996, Zaragoza, Vol. 33, P. 237.

Chaumont M. et Paquin C., 1971. Carte Pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000. Soc. Hist. Nat. Afr. N., 1 vol., P. 24.

Chebouti Y., 2002. Note technique sur la culture du pistachier fruitier. Rev. La foret Algérienne. N° 4, Pp : 32 – 36.

Chernova C.M., 2000. *Pistacia* in central Asia, Central and West Asia and North Africa. Régional Office of IPGRI. News Letter N°21. Pp. 1-2.

Chibane B., Boutaleb A. et Lacroix M., 2010. Etude hydrochimique et Approche Isotopique en Région semi-aride: cas du Synclinal de Djelfa (Algérie). European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.45 No.2 (2010), Pp. 270-290.

Crane J.C, Iwakiri B.T., 1981. Morphology and reproduction of pistachio, Horticultural Reviews, 13:376-393.

Crane J.C, Takeda F., 1979. The unique response of pistachio tree to inadequate winter chilling. Hort. Science, 14:135-137.

Cronquist A., 1981. An integrated system of Classification of flowering plants. 1262 P, NEW York, Columbia University Press.

Cuvier F., 1826. Phoque.Pp.540-559 in Cuvier, F. (Ed.), Dictionnaire des sciences naturelles, Vol. 39 (perroq- Phoq). Levrault, strasbourg ; Le Normant, Paris.

Daget Ph. et Godron M., 1974. Vocabulaire d'écologie. Hachette, Paris, P. 273.

Daget Ph. et Godron M., 1995. Pastoralisme : Troupeaux, espaces et sociétés. Ed. HATIER-AUPELF-UREF, Paris, P. 510.

Davis P.H., 1967. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. 2: 542-548. Edinburgh.

De Candolle P. A., 1825. Mémoires sur la famille des légumineuses. 4 vol., 525 p., 70 plts. Paris. Microédition Centre AB, Tumba, Suéde.

Derridj A., 1990. Etude des populations de *Cedrus atlantica* en Algérie. Thèse, Doc. Ecologie. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. P. 288.

Deysson G., 1982. Elément d'anatomie des plantes vasculaires. 2 Vol, Ed S.E.D.S, P. 220.

Diamantoglou S. Kull U., 1988. Seasonal variations of nitrogen components in Mediterranean evergreen schlerophyllous leaves. Flora 180: 377-390.

Di Gregorio D., 1996. Pistachio growing in Sicily. Dans : Proceedings of the IX GREMPA Meeting-Pistachio, Sciacca (Agrigento), Italie, 1993, Caruso T., Barone E. et Sottile F. (éds). Renier Publisher, Palermo, Pp. 105-1 11.

D.P.A.T. Département de la planification et de l'aménagement de territoire (2004). Monographie de la wilaya de Djelfa, Alger, Pp.150.

Eloualidi J., Ater M. et Taleb A., 2004. Conception, essai et évaluation des meilleures pratiques de conservation in-situ d'espèces végétales sauvages d'importances économique. Rapport National du Projet Régional EP/INT/204/GEF (Commandité par la FAO).

El-Oqlah, A.A., 1996. Biosystematic research on the genus *Pistacia* in Jordan. *In*: Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Proceedings of the IPGRI Workshop 29-30 June 1995. Edited by S. Padulosi, T. Caruso & E. Barone. Palermo, Italy. Pp. 12-19.

Emberger, L., 1939. Aperçu général sur la végétation du Maroc, commentaire de la carte phytogéographique du Maroc au l/l.500.000. Veroff Geobot. Rubel Inst. Zurich, 14, 40-157.

Emberger L., 1945. Une classification biogéographique des climats. Recueil des travaux des Lab. Bot. Géol. Zool. Montpellier 30(7) 3-43.

Emberger L., 1960. Les végétaux vasculaires. T.II. Fascicule I. Edit. Masson et Cie. Pp. 647-650.

Engler A., 1883. Burseraceae et Anacardiaceae. In A. De Candolle et C. De Candolle Eds. Monographiae phanerogamarum, 4. 573 Pp.

Ernest S., 1987: Arbre et arbrisseaux en Algérie. Ed. Office des publications universitaires, Alger. P. 105.

Esau K., 1977. Anatomy of Seed Plants. Wiley, New York. Pp. 88-99.

Evreinoff A.V., 1964. Notes sur le Pistachier. Pomologie Française, 1:115-123.

Fahn A., 1964. Some anatomical adaptations of desert plants. Phytomorphologie, 14: 93-102.

Fahn A., 1967. Plant anatomy. Pergamon Press, Exeter.

Fasihi Harandi O. et Ghaffari M., 2001. Chromosome studies on pistachios (*Pistacia vera* L.) from Iran, Pp : 35- 39 cité dans Cahiers options méditerranéennes. XIeme colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier, 1- 4 septembre 1999, Zaragoza, Vol. 56, 415 p.

Fetati A., 2000. Possibilités d'utilisation du genre *Pistacia* dans la mise en valeur des zones marginales de l'Oranie. Mém. Magister Ecologie appliquée.Univ.Sidi bel abbes (Algérie).

Gaussen H., Leroy J.F. et Ozenda P., 1982. Précis de Botanique. 2- les végétaux supérieurs, P. 579.

Golan-Goldhirsh A., Barazani O., Wang Z.S., Khadka, D.K., Saunders, J.A., Kostiukovsky V., and J. Rowland., 2004. Genetic relationships among Mediterranean *Pistacia* species evaluated by RAPD and AFLP markers. Plant Systematics and Evolution 246: 9-18.

Gomres Z. et Belouadeh O., 2005. Diversité floristique de Dejebel Messaad (Bou-Saada). Mém. Ing. University de M'sila. P. 39.

Grundwag M., 1976. Embrylogy and fruit development in four species of *Pistacia* L. (Anacardiacées).-Bot.j. Linn. SOC. 73: 355-370.

Grundwag M. et Fahn A., 1969: The relation of Embryology to the low seed set in *Pistacia vera* L. (Anacardiacées). - Phytomorphology 19: 225-235.

Grundwag M. et Werker E., 1976. Comparative wood anatomy as an aid to identification of *Pistacia* L. species. J. Bot., Isr, 25: 152-167.

Guignard J. L., 1998. Botanique. Collection abrégée de botanique. 11ème édition révisée. Masson.

Haddad M., 1969. Quelques pollens de la Flora Libanaise, Pollen et Spores Vol. XI. N°. 1.

Hadj Brahim I., Kerdouch M. et Elrais R., 1998. Le pistachier et ces différentes techniques (document en arabe). ACSAD. Administration des études botaniques. Vol.59. P. 356.

Halimi A., 1980. L'atlas blidéen. Climats et étages végétaux. Ed. O.P.U., Alger, P. 523.

Harouni F., 2000. Contribution à l'étude de la variabilité des caractères foliaires et stomatique de chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lamek) d'Algérie : Approche taxonomique. Thése de Magister, Agr. Univ. Tizi-Ouzou, P. 84.

Huétz De Lemps A., 1970. La végétation de la terre. Ed. Masson et Cie, P. 133.

I.E.W.M., 2004. Inspection de l'environnement de la wilaya de M'sila.

I.P.G.R.I., 1998. Descriptors for Pistacia spp. (excluding Pistacia vera L.). I.P.G.R.I. Rome, Italy. P. 48.

Iserin P., 2001. Encyclopédie des plantes médicinales, identification, préparation, soin 2ième édition Ed Larousse/VUEF, Pp.13-16, P. 250, Pp. 291-296.

Jafri S.M.H., et El-Gadi A., 1978. Flora of Lybia. Anacardiaceae. 52: 1-12.

Jaquy P., 1972. La création d'un verger de pistachier. Rapport AGS SF/TUN. 17, INRA Tunis/PNUD.

Jordano, P., 1988. Polinización y variabilidad de la producción de semillas en Pistacia lentiscus L. (Anacardiaceae). Anales Jará. Bot. Madrid 45(1): 213-231.

Jordano P., 1989. Pre-dispersal biology of Pistacia lentiscus (Anacardiaceae): Cumulative effects on seed removal by birds. Oikos 55: 375-386.

Kaabeche M. 2003. Etude sur la réhabilitation de la flore locale au niveau de la reserve d'Elmergueb (wilaya de M'sila). Projet ALG/00/G35/A/1G/99. P.45.

Kadik B., 1984. Contribution à l'étude phyto-écologique de la formation à *Pinus halepensis* Mill. Dans les Senalba chergui et gharbi (Atlas saharien) – Thèse de docteur de troisième cycle en biologie végétale- Univ des sciences et de la technologie Houari Boumedien, Alger. Pp : 47-147.

Kafkas S. et Perl-Treves R., 2001a. Inter-specific relationships in. the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae) based on RAPD finger- printing. HortScience 36 (in press).

Kafkas S. et Perl-Treves R., 2001b. Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey. Theor. Appl. Genet. 102: 908–915.

Kafkas S., Ebru K. et Perl-Treves R., 2002. Morphological diversity and germplasm survey of three wild *Pistacia* species in Turkey. Genet Resour Crop Evol 49:261–270.

Karimi H. R., Zamani Z., Ebadi A. et Fatahi M. R., 2008. Morphological diversity of Pistacia species in Iran. Genet Resour Crop Evol (2009) 56:561–571.

Kaska, N., 1990. Pistachio research and development in the Near East, North Africa and Southern Europe. Dans : Nut Production and Industry in Europe, Near East and North Africa, FAO REUR et MAFRA, Yalova, Turquie, 19-22 juin 1990, Menini U.G., Ölez, H., Büyükyilmaz, M. et Ozelkök, S. (éds). REUR Technical Series, 13 : 133-160.

Kaska N., 1994. Choice and breeding of *Pistacia* root stocks. CIHEAM. FAO. Cours approfondi- Production et économie des fruits secs. Reus (Tarragona). P. 8.

Kellal A., 1979. Essai de détermination de zones à vocation pistachier en Algérie. Thèse ing. à Inst. Nati. Agro. El-Harrach. Pp. 55.

Khaldi A. and Khoudja M.K., 1996. Atlas pistachio *(Pistacia atlantica* Desf.) in North Africa: taxonomy, geographical distribution, utilization and conservation. *In*: Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Proceedings of the IPGRI Workshop 29-30 June 1995. Edited by S. Padulosi, T. Caruso and E. Barone. Palermo, Italy. Pp. 57-62.

Khalifé T., 1959. Recherche sur la culture de pistachier en Syrie. Thèse Ph. D. Fac. Univ. Sci. Agron., Gembloux, Belgique, P. 237.

Khelil A. et Kellal H., 1980. Possibilité de culture et de délimitation des zones à vocation pistachier en Algérie. I.R. sur les fruits et agrumes. Fruit 35(3) : 177-185.

Khichane M., 1988. Etude de la morphogénèse et des rythmes de croissance du système racinaire du *Jojoba* : *simmondsia chinensis* Link. Et du pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica* Desf.). Essai de production de plants en pépinière. Mémoire Ing.Agr., I.N.A. Elharrach, P. 68.

Kokwaro J. O. et Gillet D. B., 1980. Notes on the Anacardiacées of Eastern Africa, Kew Bul, 34: 745-760.

Kostiukovsky V. and Rowland L.J., 2004. Genetic relationships among Mediterranean *Pistacia* species evaluated by RAPD and AFLP markers. Pl. Syst. Evol. 246: 9–18.

Lapie G. et Maige A., 1914. Flore forestière de l'Algérie. Paris. E. Orlhac. P. 357.

Larcher W., 1973. Temperature resistance and survival. In: Precht H., Christophersen, J., Hensel, H., Larcher, W. (Eds.), Temperature and Life. Springer, New York, Pp. 203–231.

Laghzali M. et Oukabli A., 1992. Etude des exigences thermiques d'une série de variétés de pistachier cultivées au Maroc (*Pistacia vera* L.). Pp : 295 – 298 cité dans Amélioration génétique de deux espèces de fruits secs méditerranéens : L'amandier et le pistachier. 8eme colloque, 26 - 27 juin 1990, France, P. 372.

Le Floc'h E., 1983. Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Impr. Officielle de la République Tunisienne, P. 402.

Le Houérou, H.N., Claudin J. et Pouget M., 1977. Etude bioclimatique des steppes algériennes. In Bull. Soc. Hist. Nat de l'Afrique du Nord, t : 68, fasc. 3 et 4, Alger.

Le Houérou H.N., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes, Série B; Etudes & recherches, n°10, vol. Spécial, P. 396.

Lin, T.S., Crane, J.C., Ryugo, K., Polito, V.S., et Dejong, T.M. 1984. Comparative study of leaf morphology, photosynthesis, and leaf conductance in selected *Pistacia* species. J. Amer. Soc. Hort. Sc. 109 (3): 325-330.

Lucido M., 1972. Climatologie et hydroclimatologie du HODNA, (Algérie). F.A.O. Rome.

Maggs D.H., 1973. Genetic resources in pistachio. Plant Genet. Resour.Newsl. 29 : 7-15.

Martinez-Pallé E. et Aronne G., 2000. Reproductive cycle of *Pistacia lentiscus* (Anacardiacées) in southern Italy. Plant Biosyst. 134: 365-371.

Maxted N., Ford- Lloyd B.V., et Hawkes J.G., 1997, Plant genetic conservation. The in situ approach. Chapman et Hall. P. 446.

Mazzola P., Raimondo F.M. et Venturella M., 1996. Natural occurrence and distribution of *Pistacia* species in Italy. Dans : Workshop "Taxonomy, Distribution, Conservation and Uses of *Pistacia* Genetic Resources", Palermo, Italie, 1995, Padulosi S., Caruso T. et Barone E. (éds). IPGRI, Roma, Pp. 29-31.

Meikle R. D., 1977. Flora of Cyprus. 1: 364-371. Bentham-Maxon Trust.

Mendes Gaspar, M., Fernandes, M., Pena Monteiro, A., et Guedes da Silva, A. (1992). Introduqao da cultura da pistaceira em Portugal. Dans : Amélioration génétique de deux espèces de fruits secs méditerranéens : l'amandier et le pistachier, Huitième Colloque, Nimes, France, 1990, Grasselly, C. (éd.), Rapport EUR 14081 FR, Pp. 299-304.

Metcalfe CR. and Chalk L., 1950. Anatomy of the Dicotyledons. Leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy with notes on economic uses. Volume I, II edit. Oxford at the Clarendon Press.

Mirzaie-Nodoushan H. and Arefi H.M., 2001. Variability in seed blankness in *Pistacia atlantica* Desf. in a natural habitat. PGR Newsletter. FAO-Biodiversity. Bull. Res. Phytogén. 127: 46-48.

Mlika M., 1988. Anatomie des fleurs du pistachier vrai. In Commission des Communautés européennes. CIHEAM. Grempa. Programme de recherche Agrimed. Amélioration génétique de deux espèces de fruits secs méditerranéens : l'amandier et le pistachier. Septième colloque. Recueille de communications. Reus (Tarragone) Espagne 17-19 juin 1987. Ed. Grasselly. INRA. France. P.375.

Molinier R., 1954. Les climax côtiers de la Méditerranée occidentale. Vegetatio. Vol. 4-5 P. 284-308.

Monjauze A., 1968. Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie. Bull. Soc. Nat. Afrique du Nord. P. 128.

Monjauze A., 1980. Connaissance du « betoum » *Pistacia atlantica* Desf. Biologie et forêt. Rev. For. Fran. 4: 357-363.

Monjauze A., 1982. Le pays des dayas et *Pistacia atlantica* Desf. dans le Sahara Algérien. Rev. For. Fran. 4: 277-291.

Montserrat-Marti G. et Pérez-Rontomé C., 2002. Fruit growth dynamics and their effects on the phenological pattern of native *Pistacia* populations in NE Spain. Flora 197, 161–174.

Moony H. A., 1983. Carbon gaining capacity and allocation pattern of Mediterranean climate plants. In Mediterranean type ecosystems- The role of nutrients. Eds. Kruger F.J, Mitchell D. T. et Javris J.U.M.Springer, Berlin, Pp. 103-119.

More D. et White J., 2005. Encyclopédie des arbres plus de 1800 espèces et variétés du monde, Flammarion, Pp. 18 ; 797.

Morsli A., Belarbi B. et Oldach E.H., 2001. Réhabilitation du pistachier *(Pistacia vera L.)* en Algérie. Pp. 168-173. In Séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion. Direction des services agricoles (Sidi Bel Abbes) 22-24 janvier 2001. P. 441.

Mouterde P., 1970. Nouvelle flore du Liban et de la Syrie. 2: 470-472. Dar el-Machreq. Editeurs Beyrouth, Liban.

Nahlaoui N., 1982. The fruit cultivation of pistachio nut and commercial crop. XIX Int. Hort. congress. Hamburg.

Nageli. C. W., 1884. Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. Druck und Verlag von R. Oldenbourg, Munich and Leipzig: 822 S.

Naveh Z., 1974. Effects of fire in the Mediterranean region. En: Kozlowsky T.T. et Ahlgren C.E. (eds) Fire and ecosystems: 401-434. Academic Press, New York.

Négre R., 1962. Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Tome II. Ed. C.N.R.S. P. 566.

Nilsson J. et Walfridsson E., 1995. Phenological variation among plus trees clones Pf *Pinus sylvistris* (L). In Northern Sweden. Silvae Genet. 44: 20-28.

Nultch W., 1998. Botanique générale. De Boeck Université. Paris, Bruxelles. Pp. 208 - 515.

Olsen M., 1999. Prévention des mycotoxines et décontamination. Etude de cas : Prévention des aflatoxines dans les pistaches. Troisième-conférence internationale FAO sur les mycotoxines, 3-6 mars 1999, Tunis : 2-8.

O.N.M., 2005. Office national de la météorologie.

Oppenheimer H. R., 1960. Adaptation to drought: Xyrophytisme. Arid zone research, U.N.I.S.C.O., Paris, 15: 105-138.

Orshan G., 1989. Plant pheno-morphological studies in Mediterranean type ecosystems. Geobotany, vol. 12. Kluwer, Dordrecht.

Oukabli A., 2005. Le pistachier – Un arbre fruitier et forestier. Transfert de technologie en agriculture N° 125, Pp : 1- 4.

Ôzeker E., Isfendiyaroglu M. and Misirli A., 2006. Comparison of différent *Pistacia* spp. in terms of pollination biology in the Yunt Mountains of Manisa Province in Turkey. Pak. J. Biol. Sci. 9(3): 371-376.

Ozenda P., 1977. Flore du Sahara. Ed. C.N.R.S. P. 622.

Ozenda P., 1983. Flore du Sahara. Deuxième édition. C.N.R.S. P. 566.

Ozenda P., 1991. Les organismes végétaux. 2. Végétaux supérieurs Coll. Abrégés, Masson, Paris, 1991, P.258.

Parfitt D. E. et Badeness M. L., 1997. Phylogeny of genus *Pistacia* as determined from analysis of the chloroplast genome. Proc Nalt Acad Sci USA 94: 7897-7992.

Pell S.K., 2004. Molecular systematics of the cashew family (Anacardiaceae). Thèse de Doctorat. St Andrews Presbyterian College, P. 207.

Pérez Hidalgo N. et Nieto Nafria J.M., 2003. Subfamilia Eriosomatinae Kirkaldy, 1905 (1843). In: Ramos MA (ed) et al. Fauna Ibérica, vol. 19. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, Pp. 141–275

Piotto B., 1995. Influence of scarification and prechilling on the germination of seed of *Pistacia lentiscus*. Seed Science and Technology, 2: 659-663.

Pouget M., 1980. Les relations sol- végétation dans les steppes sud Algéroises. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. N° 116. Paris. Pp. 6-40.

Prabhakar M., 2004. Structure, délimitation, nomenclature and classification of stomata. Acta Bot. Sin. 46:242-252.

Quezel P. et Santa S., 1962. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome I. Edit. du Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Paris P.565.

Quézel P. et Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed. C.N.R.S., Paris. P. 1087.

Quézel P. et Médail F., 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Environmental sériés. Elsevier. P. 571.

Rameau J.C., Mansion D., Dumé G. et Gauberville C., 2008. Flore forestière française (guide écologique illustré), tome 3 : Région méditerranéenne. Institut pour le Développement Forestier. 2426 p.

Rechinger K.H., 1969. Anacardiacea. Flora iranica, Lfg., 63 : 1-9.

Richter G. 1993. Métabolisme des végétaux. Physiologie et biochimie. Presses polytechniques et universitaires. Romandes Pp.53-188.

Robert D. et Roland J.C. 1998. Biologie Végétale Volume 1; Organisation Cellulaire; nouvelle édition 367p. ISBN 2-7040-1006-4 Doin, Paris.

Roland J.C., 1995. Atlas de biologie végétale : Organisation des plantes à fleurs. Tome2. Masson, Paris. P. 128.

Rouskas, D., 1996. Conservation strategies of *Pistacia* genetic resources in Greece. Dans : Workshop "Taxonomy, Distribution, Conservation and Uses of Pistacia Genetic Resources", Palermo, Italie, 1995, Padulosi, S., Caruso, T. et Barone, E. (éds). IPGRI, Roma, pp. 37-41.

Saadoun N., 1991. Biosystématique et évolution adaptative des chénopodiacées et polygonacées d'Algérie. Doctorat d'Université, Université Paul Sabatier, Toulouse, P. 191

Salvador R. et Lloret F., 1995. Germinación en el laboratorio de varias especies arbustivas mediterráneas: efecto de la temperatura. Orsis 10: 25-34.

Sauvage CH., 1960. Recherches Géobotaniques sur les Subéraies Marocaines. Thèse de Doct. Es-Sciences naturelles. Fac des Sciences de Montpellier. P. 414.

Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Et de Phys. Du globe d'Algérie. Ed. Carbonel. Algérie. P. 219.

Sitouh M., 1988. Principales plantes sahariennes. Ann. Inst. Nat. Agro., Elharrach. Vol. 12, N° 1, T. 2 : 728-782.

Somon J., 1987. Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. Ed. OPU. Alger. P. 143.

Spichiger R.E., Savolainen V.V. et Figeat M., 2000. Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. Collection Biologie. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne. P. 372.

Spina P. et Pennisi F., 1957. La culture du pistachier en Sicile. Riv. Ortoflorofrutticult. Ital. 19:533-557.

Stace C.A., 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Bot. 4: 1-78.

Stevenson M. et Shakel K.A., 1998. Alternate bearing in pistachio as à masting phenomenon: whole tree construction costs of reproduction versus vegetative growth and storage. Journal of the american sosiety for horticultural science. Vol. 123 (6): 1069- 1075.

Stevenson J., Hawkins B. et Woods J., 1999. Spring and fall cold hardiness in wild and selected seed sources of Coastal Douglas-fir. Silvae Genet. 48, 29–34.

Stewart PH., 1968. Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique quelques réflexions. Bull. Soc, Hist. Nat, Afr. N" Alger. 59 : 23-36.

Strausburger E., 1866. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltoffnungen, Jahrb. Wiss. Bot., 5: 297-342.

Takeda F., Ryugo K. et Crane J.C., 1980. Translocation and distribution of c^{14} photosynthates in bearing and non bearing pistachio branches. J. American. Soc. Hort. Sci., 105: 642–4.

Takhtajan A., 1980. Outline of the classification of flowering plants. Bot. rev., 46 (3): 225-359.

Thorne R. F. et Reveal J. L., 2007. An updated classification of the class Magnolipsida (Angiosperme). Bot. Rev., 73 (2) : 67-182.

Tiercelin J.R., 1998. Traité d'irrigation. Technique et documentation. Pp : 73 - 75.

Trabut L., 1967. Flore du nord de l'Afrique, répertoire des noms indigènes des plantes spontanées, cultivées et utilisée dans le nord de l'Afrique, Alger, P. 203.

Troumbis A.Y., 1991. Zoochory and seed bank persistence in Mediterranean type shrublands. Proceedings of the Sixth International conference on Mediterranean climate systems, Maléelm (Creta), Grecia, September 1991: 287-293.

Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., and Webb D.A., 1981. Flora Europaea. Rosaseae to Umbelliferae. 2: 236-237. Cambridge University Press.

Vargas F.J., 1985. El pistatxer: Alguns aspectes importants del cultiu. El pistachero. Algunos aspectos importantesd el cultivo. Diputació de Tarragona, Publicacione del CAMB, N° 33.

Vargas F.J., 1990. Nut in Spain: Almond, hazelnut, walnut and pistachio. Dans : Nut Production and Industry in Europe, Near East and North Africa, FAO REUR et MAFRA, Yalova, Turquie, 19-22 juin 1998, Menini, U.G., Ölez, H., Büyükyilmaz, M. et Özelkök, S. (éds). REUR Technical Series, 13 255-280.

Vargas F.J. et Romero M.A., 1993. El pistachero: Una alternativa interesante. Fruticultura Profesional, 54 : 101 -108.

Vargas F.J., 1994. El pistachero. Situacion y problematica del cultivo. Aspectos importantes de I+D. Cours approfondi. Production et économie des fruits secs. Reus. Tarragona.

Vazquez-Yanes C. et Orozco-Segovia A., 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. Annual Review of ecology and systematic. 24: 69-87.

Vesque M.J. 1889. De l'emploi des caractères anatomiques dans la classification des végétaux. Bull. Soc. Bot. France, 36: 41-77.

Verdu M. et Garcia-Fayos P., 1998. Ecological causes, function, and evolution of abortion and parthenocarpy in *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae). Can. J. Bot. 76, 134–141.

Verdú M., 2000. Ecological and evolutionary differences between mediterranean seeders and resprouters. Journal of Vegetation Science 11: 265-268.

Whitehouse W.E., 1957. The pistachio nut – a new crop for the western United States. Econ. Bot. 11: 281–321.

Wilkinson H.P., 1979. The plant surface (mainly leaf) In: Metcalfe CR, Chalk L, (Eds), Anatomy of the dicotyledons, 2nd éd., Vol. 1, 97-165. Clarendon Press, Oxford, UK.

Wolff M., 2003. Apports de l'analyse géométrique des données pour la modélisation de l'activité. In Sperandio J.C. et Woltff M. (Eds.), Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie, Pp. 195-227. Paris: Presses Universitaires de France.

Wolff. M. et Visser W., 2005. Méthodes et outils pour l'analyse des verbalisations : Une contribution à l'analyse du modèle de I''interlocuteur dans la description d'itinéraires. Activités. 2. Pp. 99-118.

Woodroof J.G., 1979. The nuts, production processing products. Vol. III, 2nd Edition, The AVI Publishing comp., Inc., Westport Connecticut.

Wylie R. B., 1949. Différence in foliar organisation among leaves from four locations in the grown of an isolated tree (Anacardiacées). Proc. Iowa. Acad. Sci. 56: 189-198.

Yahya M., 1992. La thérapeutique par les plantes communes en Algérie, Ain Taya, P.59.

Yaltirik F., 1967. *Pistacia* L. In: Flora of Turkey and the east Aegean Islands. Edited by P.H. Davis. Edinburgh University Press. 2: 542-548.

Zohary M., 1952. A monographical study of the genus *Pistacia*. Palestine Journ. Bot. J. sériés, vol. 5 (4): 187-228.

Zohary M., 1973. Geobotanical foundations of the Middle East*:* Vol.1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.

Zohary M., 1987. *Pistacia* L. In: Flora Palestina. Platanaceae to Umbelliferae, 2nd ed. Israël Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem. 2: 296-300.

Zohary M., 1996. The genus *Pistacia* L. In: Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Proceedings of the IPGRI Workshop 29-30 June 1995. Edited by S. Padulosi, T. Caruso and E. Barone. Palermo, Italy. Pp. 1-11.

Zakinthinos, G. et Rouskas, D.,1995. Pistachio growing in Greece. Dans : First International Symposium on Pistachio Nut, ISHS, Adana, Turquie, 1994, Kaska, N., Küden, A.B., Ferguson, L. et Michailides,T . (éds). Acta Horticulturae, 41 9: 423-425.

Résumé : La sauvegarde des écosystèmes forestiers sérieusement menacés passe nécessairement par la connaissance des exigences écologiques des genres et espèces largement présents. Parmi ces genres celui du genre *Pistacia*, ce dernier est adapté aux différentes conditions climatiques et se trouve presque sur tous les étages bioclimatiques (méditerranéen, sub-humide, humide, aride, semi-aride, saharien supérieur et inférieur). Cette étude se propose d'identifier les espèces du genre *Pistacia* dans leur milieu naturel et permet également d'apporter les premiers éléments de réponse sur leur comportement adaptatif vis-à-vis de l'environnement.

Ce travail vise à établir une étude descriptive macro et micro-morphologique de 04 espèces du genre *Pistacia* (*P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. terebinthus* et *P. vera*), provenant de sept stations localisées sous différents bioclimats, en Algérie, avec une analyse de la variabilité des caractères foliaires et stomatiques inter et intra spécifique. Au total, 20 caractères morphologiques quantitatifs et qualitatifs ont été mesurés pour les feuilles et les stomates. En plus de ses caractères, d'autres observations ont été effectuées pour les surfaces foliaires et les stomates sous microscope électronique à balayage.

L'analyse statistique a permis de séparer les espèces étudiées en différents groupes selon les variables étudiées et les conditions climatiques. Les dimensions des feuilles et des folioles terminales, le nombre de paires de folioles, la forme de la foliole terminale, la forme du pétiole, la présence de trichomes, les dimensions, la densité, la forme ainsi que la répartition des stomates sont les caractéristiques les plus discriminantes. De même, les différentes adaptations observées lors de cette étude (position des stomates sur l'épiderme, occurrence de cire, variation dans la taille des feuilles et des stomates) peuvent s'expliquer par la plasticité et la présence du genre *Pistacia* dans diverses conditions climatiques.

Mots-clé : Algérie, feuille, macromorphologie, micromorphologie, *Pistacia*, stomates, trichomes, variabilité.

Abstract: The protection of the forest ecosystems seriously threatened passes necessarily by the knowledge of the ecological requirements of the genus and species widely distributed in within. Among those, *Pistacia* genus is adapted to a range of climatic conditions and is widely distributed in different bioclimates (Mediterranean, Sub humid, humid, arid, semi arid, Saharian). This study aims to identify the species in their natural area and allows the understanding of the adaptive tree behavior to the environmental conditions.

This work aims to establish a macro-and micro-morphological description of leaves from 04 species of the genus *Pistacia* (*P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. vera* and *P. terebinthus*), collected from seven sites located under different climatic conditions in Algeria, using leaves and stomatal characters. In total, 20 quantitative and qualitative morphological variables were measured for the leaves and the stomata. In addition to these variables, other observations were carried out for the leaf epidermis and stomata under the scanning electron microscope.

The statistical analysis allowed the separation of the studied species in different groups according to the studied variables and the climatic conditions. Leaves and terminal leaflets size, number of pairs of leaflets, leaf petiole shape, leaf indumentum, stomata size, shape, and position in the epidermis as well as stomatal density are the most discriminating characters. Also, the different adaptations observed in this study (stomata position in the epidermis, wax occurrence, variation in leaf and stomata size) can be explained by the plasticity and the presence of the genus *Pistacia* under different climatic conditions

Keywords: Algeria, leaves, macromorphology, micromorphology, *Pistacia*, stomata, trichomes, variability.