



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
DEMOCRATIC AND POPULAR REPUBLIC OF ALGERIA
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة زيان عاشور-الجلفة
ZIANE ACHOUR UNIVERSITY OF DJELFA
كلية علوم الطبيعة و الحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم العلوم الفلاحية والبيطرية
DEPARTMENT OF AGRONOMICAL AND VETERINARY SCIENCES



THESIS
FOR THE OBTAINING OF THE THIRD CYCLE DOCTORATE
(D-LMD) DEGREE IN AGRONOMIC SCIENCES
OPTION: FOREST ECOLOGY

By
LOUZABI SIHAM

Theme

Study of the galls of two species of the genus
***Pistacia* (*P. atlantica* Desf. and *P. terebinthus* L.)**

Jury members:

M^{me} Guerzou Ahlem	Professor	Djelfa University	President
M^{me} Belhadj Safia	Professor	Djelfa University	Thesis Director
M^{me} Bouragba-Brague N.	R.Director	I.N.R.F. Djelfa	Thesis Co-Director
M. Souttou karim	Professor	Djelfa University	Examiner
M^{me} Bencherif Karima	M.C.A.	Djelfa University	Examiner
M^{me} Belaskri Asma	M.C.A.	Oran III University	Examiner

University year 2022 / 2023



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-الجلفة
UNIVERSITE ZIANE ACHOUR – DJELFA
كلية علوم الطبيعة و الحياة
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
قسم العلوم الفلاحية و البيطرية
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES ET VETERINAIRES



THESE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT DE TROISEME CYLE (D-LMD) EN SCIENCES
AGRONOMIQUES
OPTION : ECOLOGIE FORESTIERE
Par
LOUZABI SIHAM

Thème

**Etude des galles de deux espèces du genre *Pistacia*
(*P. atlantica* Desf. et *P. terebinthus* L.)**

Devant le jury composé de :

M ^{me} Guerzou Ahlem	Professeur	Université de Djelfa	Présidente
M ^{me} Belhadj Safia	Professeur	Université de Djelfa	Directrice
M ^{me} Bouragba-Brague N.	Directrice.R.	I.N.R.F. de Djelfa	Co-Directrice
M. Souttou karim	Professeur	Université de Djelfa	Examineur
M ^{me} Bencherif Karima	M.C.A.	Université de Djelfa	Examinatrice
M ^{me} Belaskri Asma	M.C.A.	Université Oran III	Examinatrice

Année Universitaire 2022 / 2023

Remerciements

Je tiens d'abord à exprimer mes sincères remerciements à M^{me} Belhadj Safia, Professeur à l'Université Ziane Achour de Djelfa et Directrice de cette thèse, de m'avoir guidé, conseillé tout au long de mes années de recherches.

Je tiens à remercier également M^{me} Bouragba-Brague Nadia, Directrice de recherches à l'Institut National de Recherche Forestière de Djelfa, pour avoir accepté de co-diriger cette thèse.

Mes sincères remerciement vont aussi aux honorables membres de jury, d'avoir accepté d'examiner ce travail, M^{me} Guerzou Ahlem, professeur à l'Université Ziane Achour de Djelfa, M. Souttou Karim, professeur à l'Université Ziane Achour de Djelfa, M^{me} Bencherif Karima, Docteur maître de conférences A à l'Université Ziane Achour de Djelfa et M^{me} Belaskri Asma, Docteur maître de conférences A à l'Université Oran III.

Mes vifs remerciements s'adressent à M. Juan Manuel Nieto Nafria, Directeur du laboratoire du département de biodiversité et gestion de l'environnement de l'université de Léon, Espagne, pour son accueil chaleureux, ma gratitude est plus particulièrement adressée à M. Nicolás Pérez Hidalgo, pour son aide précieuse dans l'identification des espèces de pucerons et tout le personnel du laboratoire.

Je tiens aussi à remercier le personnel technique du HCDS (Haut Commissariat au Développement de la Steppe) et de la conservation des forêts de la wilaya de Djelfa pour leur orientation et leur aide durant les campagnes d'échantillonnage.

Je tiens à remercier très chaleureusement mes parents pour leur amour et leur soutien ainsi que l'ensemble de ma famille.

*Ce travail n'aurait pu être mené à terme sans l'aide précieuse de mon cher mari M.
Merbah kamel Zinel Abidine, un grand merci pour toi.*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin au cours
de la réalisation de ce travail.*

Liste des Tableaux

Tableau 01. Principales classifications du genre <i>Pistacia</i> (L.) (Zohary, 1952 ; Yi et al., 2008 ; Al-Saghir & Porter, 2012).	6
Tableau 02. Espèces de pucerons qui s'attaquent au genre <i>Pistacia</i> (Blackman & Eastop, 2018).	28
Tableau 03. Surfaces des forêts naturelles de la région de Djelfa (C.F.D., 2017).	33
Tableau 04. Températures minimales et maximales corrigées des sites d'étude pour la période (1992-2016).	40
Tableau 05. Précipitations mensuelles et annuelles des sites d'étude pour la période (1992-2016).	41
Tableau 07. Types de climat des sites étudiés selon l'indice de De Martonne (1992-2016).	42
Tableau 08. Valeurs de l'indice ombrothermique de Rivas-Martinez (2005) pour les sites échantillonnés.	43
Tableau 09. Caractéristiques climatiques des sites d'étude.	45
Tableau 10. Mesures effectuées sur les différents types de galles chez <i>Pistacia atlantica</i> et <i>Pistacia terebinthus</i> .	49
Tableau 11. Caractères morphologiques mesurés chez les ailés d'aphides prélevés sur les galles de feuilles de <i>P. atlantica</i> .	53
Tableau 12. Nombre d'échantillons prélevés par espèce et par station	54
Tableau 13. Variables étudiées pour les feuilles saines et infectées de <i>P. atlantica</i> et <i>P. terebinthus</i> .	57
Tableau 14. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour les galles globuleuses et les galles en forme de croissant chez <i>P. atlantica</i> .	61
Tableau 15. Morphométrie des ailés de <i>G. mimeuri</i> dans l'ensemble des stations.	64
Tableau 16. Morphométrie des ailés de <i>F. riccobonii</i> dans l'ensemble des stations étudiées.	65
Tableau 17. Morphométrie moyenne des ailés de <i>F. riccobonii</i> et <i>G. mimeuri</i> .	66
Tableau 18. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour les feuilles saines et les feuilles infectées de galles chez <i>P. atlantica</i> .	69

Tableau 19. Comparaison des caractères quantitatifs mesurés entre les feuilles saines et les feuilles infectées de galles par le biais du test- <i>t</i> , chez <i>P. atlantica</i> .	70
Tableau 20. Fréquence (%) des caractères qualitatifs mesurés sur les feuilles de <i>P. atlantica</i>	73
Tableau 21. Résultats du test de Chi2 (χ^2) appliqués pour les fréquences (%) des caractères qualitatifs chez <i>P. atlantica</i>	74
Tableau 22. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour l'ensemble des galles inventoriées chez <i>P. terebinthus</i> .	77
Tableau 23. Espèces de pucerons identifiées au niveau des galles de <i>P. terebinthus</i>	78
Tableau 24. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour les feuilles saines et les feuilles infectées de galles chez <i>P. terebinthus</i> .	80
Tableau 25. Comparaison des caractères quantitatifs mesurés entre les feuilles saines et les feuilles infectées de galles par le biais du test- <i>t</i> chez <i>P. terebinthus</i> .	82
Tableau 26. Fréquence (%) des caractères qualitatifs mesurés sur les feuilles de <i>P. terebinthus</i> .	83

Liste des Figures

Figure 01. Types de feuilles chez les espèces du genre <i>Pistacia</i> L.	08
Figure 02. Distribution géographique des espèces du genre <i>Pistacia</i> L. dans le monde (Al-Saghir, 2006 modifié par Roussou, 2018).	08
Figure 03. Distribution géographique de <i>Pistacia atlantica</i> Desf. Dans le bassin méditerranéen (Al-Saghir, 2006).	09
Figure 04. Distribution de <i>Pistacia atlantica</i> en Algérie (d'après Monjauze, 1968).	10
Figure 05. Aspect des feuilles, de l'inflorescence et des fruits de <i>Pistacia atlantica</i> Desf. dans la station de Ain Oussara (AO) (originale).	13
Figure 06. Distribution de <i>Pistacia terebinthus</i> L. dans le bassin méditerranéen (Al-Saghir, 2006).	15
Figure 07. Aspect des pieds de <i>Pistacia terebinthus</i> L. dans la station de Senalba (Djelfa) : (A et B) : inflorescence en panicules axillaires ; (C) : feuilles ; (D) : fruits immatures ; (E) : lichens sur le tronc (Originale).	17
Figure 08. Schéma de l'anatomie générale d'un puceron. (A) Femelle vivipare ailée. (B) Femelle vivipare aptère (Hullé et al., 2020).	20
Figure 09. Schéma de l'anatomie d'un puceron (modifié par Miyazaki, 1987).	22
Figure 10. Différents types de cornicules chez les pucerons (Hullé et al., 2020).	22
Figure 11. Stades de développement d'un puceron (Gaudin & Boivin, 2002).	23
Figure 12. Cycle évolutif et types de vol des pucerons (Rabasse, 1974, In Leclant, 1978).	25
Figure 13. Différents types de galles chez le genre <i>Pistacia</i> (d'après Inbar 2004, modifié).	29
Figure 14. Carte de localisation géographique des sites d'étude.	33
Figure 15. Aspect général des Sites d'étude. (AO : Dayat Boucedraya, M : Dayat Chaala, G : Gouttaya, MD : Sidi Naamane, S : Senalba) (Originale, 2018).	35
Figure 16. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (période, 1992-2016) des sites d'étude. (G : Gouttaya ; AO : Ain Oussara ; M : Messaad ; S : Senalba ; MD : Sidi Naamane).	44
Figure 17. Situation des sites d'étude dans le climagramme d'Emberger. (G : Gouttaya ; AO : Ain Oussara ; M : Messaad ; S : Senalba ; MD : Sidi Naamane).	46
Figure 18. Mesures effectuées sur les galles échantillonnées (Biodiversidadvirtual, 2014 modifiée).	50
Figure 19. Schéma explicatif de l'incision abdominale appliquée sur les pucerons.	51
Figure 20. Caractères morphologiques qualitatifs et quantitatifs mesurés (l'I.P.G.R.I., 1998).	55

- Figure 21.** Types de galles formées par les pucerons sur *P. atlantica* au niveau des stations étudiées. (A et B) galles globuleuses. (C et D) galles en forme de croissant (Originale). 59
- Figure 22.** Fréquences relatives des formes de galles inventoriées dans les stations d'étude. 60
- Figure 23.** Observation au microscope optique des deux espèces de pucerons inventoriées dans les stations de Ain Oussara pour *P. atlantica* Desf. (1) Ailé de *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930), (2) Antenne de *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930), (3) Ailé de *Forda riccobonii* (Stefani 1899), (4) : Antenne de *Forda riccobonii* (Stefani 1899) 63
- Figure 24.** Photographies montrant les stomates des feuilles et des galles chez *Pistacia atlantica* (A) face inférieure (abaxiale) des feuilles saines, (B) galles, (A-1.B-1) : Station de Ain Oussara, (A-2.B -2) : Messaad, (A-3.B -3) : Médéa (X400). 72
- Figure 25.** Types de galles formées par les pucerons sur *P. terebinthus* L. au niveau des stations étudiées. (A) station de Senalba, (B) station de Gouttaya, (C-D) galle de forme globuleuse, (E-F) galle en forme de banane, (G) galle de forme arquée, (H) galle de forme aplatie (Originale). 75
- Figure 26.** Fréquences relatives des formes de galles inventoriées dans les stations d'étude. 76
- Figure 27.** Observation sous microscope optique des ailés identifiés chez *Pistacia terebinthus*. 79
- Figure 28.** Photographies montrant les stomates des feuilles et des galles chez *Pistacia terebinthus* L. (A) galles. (B) la face abaxiale des feuilles saines (G : x400). 82

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique et état de l'art	4
I. Description du genre <i>Pistacia</i>	5
I.1. Le genre <i>Pistacia</i> en Algérie	7
I.2. Description, répartition et écologie des espèces étudiées	7
I.2.1. <i>Pistacia atlantica</i>	7
I.2.1.1. Aire de répartition	9
I.2.1.1.1. Dans le monde	9
I.2.1.1.2. En Algérie	9
I.2.1.2. Caractéristique botanique de l'espèce	10
I.2.1.2.1. Feuilles	10
I.2.1.2.2. Fleurs	11
I.2.1.2.3. Fruits	11
I.2.1.2.4. Phyllosphère et rhizosphère	11
I.2.1.3. Caractéristiques écologiques de l'espèce	12
I.2.1.4. Intérêts de <i>Pistacia atlantica</i>	14
I.2.2. <i>Pistacia terebinthus</i>	15
I.2.2.1. Intérêts de <i>Pistacia terebinthus</i>	16
II. Aphides	17
II.1. Systématique	18
II.2. Caractéristiques morphologiques des aphides	19
II.2.1. Tête	19
II.2.2. Thorax	21
II.2.3. Abdomen	21
II.3. Stades de développement	21
II.4. Biologie générale et écologie	23
II.4.1. Reproduction sexuée et asexuée	23
II.4.2. Cycle biologique	24
II.4.3. Nutrition	26
III. Galles	26
III.1. Galles du pistachier	27

III.1.1. Galle en forme de banane	27
III.1.2. Galle en forme de sac	27
III.1.3. Galle en forme Globuleuse	27
III.1.4. Galle marginale	29
III.1.5. Galle en forme de pois	29
III.2. Dégâts	30

Chapitre II : Etude du milieu physique 31

I. Description des stations d'étude	32
I.1. Sites d'étude de Djelfa	32
I.1.1. Site d'étude de Ain Oussara(AO)(Dayat Boucedraya)	36
I.1.2. Site d'étude de Messaad (M) (Dayat chaala)	36
I.1.3. Sites d'étude de la forêt de Senalba (S et G)	37
I.1.4. Site d'étude de Médéa (MD)	38
I.2. Facteurs climatiques	39
I.2.1. Températures	39
I.2.2. Précipitations	40
I.3. Régime pluviométrique moyen saisonnier	41
I.4. Synthèse climatique	42
I.4.1. Indice de De Martonne (1926)	42
I.4.2. Indice ombrothermique annuel (Io) de Rivas-Martinez (2005)	43
I.4.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)	43
I.4.4. Quotient pluviométrique et Climagramme d'Emberger	45

CHAPITRE III : Matériel & méthodes 47

I. Matériel végétal	48
II. Méthodes	48
II-1 Etude des galles	48
II-1-1 Morphologie des galles	48
II-1-1-1 Type de galles	48
II-1-1-2 Fréquence relative des formes de galles inventoriées	48
II-1-1-3 Taille des galles	49
II-1-2 Identification des espèces de pucerons	49
II-1-2-1 Incision abdominale	51
II-1-2-2 Dégraissage	51

II-1-2-3 Nettoyage	52
II-1-2-4 Eclaircissage	52
II-1-2-5 Montage	52
II-1-2-6 Séchage	52
II-1-3 Etude morpho-métrique des pucerons	52
II-2 Etude comparative entre feuilles saines et feuilles infectées de galles	53
II-2-1 Etude morphologique des feuilles	53
II-2-2 Etude des stomates	54
II-3 Analyse statistique	57
II-3-1 Etudes des galles	57
II-3-2 Etude comparative entre feuilles saines et infectées de galles	57
Chapitre IV : Résultats & discussion	58
I- Résultats	58
I-1- <i>Pistacia atlantica</i>	59
I-1-1 Etude des galles	59
I-1-1-1 Morphologie des galles	59
I-1-1-2 Fréquences relatives des formes de galles inventoriées	60
I-1-1-3 Taille des galles	60
I-1-1-4 Identification des espèces de pucerons	61
I-1-1-4-1 <i>Geoica mimeuri</i> (Gaumont 1930).	61
I-1-1-4-2 <i>Forda riccobonii</i> (Stefani 1899).	62
I-1-2 Morphologie des feuilles saines et infectées de galles chez <i>P. atlantica</i>	67
I-1-2-1 Caractères quantitatifs	67
I-1-2-1-1 Feuilles saines	67
I-1-2-1-2 Feuilles infectées	67
I-1-2-1-3 Comparaison entre feuilles saines et feuilles infectées	70
I-1-2-1 Etude des stomates	70
I-1-2-2 Caractères qualitatifs	70
I-2 <i>Pistacia terebinthus</i>	74
I-2-1 Etude des galles	74
I-2-1-1 Morphologie des galles	74
I-2-1-2 Fréquences relatives des formes de galles inventoriées	74
I-2-1-3 Taille des galles	76

I-2-1-4 Identification des espèces de pucerons	77
I-2-2 Morphologie des feuilles saines et infectées de galles chez <i>P. terebinthus</i>	80
I-2-2-1 Caractères quantitatifs	80
I-2-2-1-1 Feuilles saines	80
I-2-2-1-2 Feuilles infectées de galles	81
I-2-2-1-3 Comparaison entre feuilles saines et feuilles infectées	81
I-2-3 Etude des stomates	81
I-2-3-1 Caractères qualitatifs	82
II-Discussion des résultats	84
Conclusion	90
Références Bibliographiques	92
Annexes	108

Introduction

Les pucerons (Hemiptera : Aphidoidea) sont un groupe important d'insectes qui se nourrissent du phloème des plantes qu'ils colonisent (Douglas, 2003 ; Alvarez, 2012). Ils peuvent limiter la productivité de la plante et transmettre des virus (Dixon, 1998 ; Shorthouse et al., 2005). Certains aphides, durant leur cycle de vie complexe, provoquent des galles qui sont des structures hautement spécialisées issues d'une croissance atypique de tissus végétaux (Dorchin et al., 2002). Ces structures fournissent aux insectes une nutrition abondante (Price et al., 1986 ; Zhang & Qiao, 2007), un microenvironnement favorable et une protection contre leurs ennemis naturels (Cornell, 1983 ; Price *et al.*, 1986, 1987).

La faune mondiale de pucerons se compose de 5000 espèces réparties dans 510 genres (Blackman & Eastop, 2018). Toutefois, la faune des pucerons d'Afrique du Nord est peu riche, ceci ne se rapporterait pas aux facteurs naturels mais plutôt à des inventaires non exhaustifs. Selon Ahmeid Al-Nagar & Nieto Nafria (1998), 158 espèces sont présentes au Maroc, 99 en Egypte, 73 en Libye, 44 en Tunisie et seulement 28 en Algérie. Grâce à l'étude de Boukhris-Bouhachem et al. (2007) sur les pucerons de la pomme de terre, la diversité identifiée s'élevait à 103 espèces en Tunisie. Les études de Laamari et al. (2010, 2013), réalisées en Algérie, ont permis d'évaluer l'aphidofaune à 156 espèces dont certaines se développent sur les plantes du genre *Pistacia*.

Le genre *Pistacia* en Algérie est représenté par cinq espèces : *Pistacia vera* L. 1753, *Pistacia lentiscus* L. 1753, *Pistacia terebinthus* L. 1753, *Pistacia saportae* Burnat 1896 et *Pistacia atlantica* Desf. 1799 (Belhadj, 2007). A l'exception de *P. vera*, les autres espèces sont spontanées. Leurs fruits sont utilisés comme source de graines dans la production de porte-greffes, d'huile et de sirop dans les industries cosmétique et pharmaceutique (Al-Saghir & Porter, 2005 ; Ozden-Tokatli et al., 2010). *P. atlantica* et *P. terebinthus* sont deux espèces qui se localisent sur différentes régions semi arides et arides dans le pays. Leur plasticité écologique exceptionnelle envers les contraintes du milieu, les rendent intéressantes dans les programmes de reforestation et de sylviculture dans ces zones où peu d'espèces d'arbres peuvent s'établir et se développer (Belhadj et al., 2008).

L'Algérie le plus grands pays d'Afrique et du bassin méditerranéen, renferme une diversité taxonomique importante liée à sa grande multiplicité climatique, où on rencontre l'ensemble des étages bioclimatiques méditerranéen allant de l'humide au saharien (Abedguerfi

et al., 2009). L'écosystème steppique occupe 10% de la superficie du pays et subit une évolution régressive qui participe sans cesse à sa dégradation (Rapport National-Algérie N°05, 2014). Le phénomène de la dégradation de la steppe Algérienne est le résultat combiné des contraintes naturelles (sécheresse) et anthropiques (un surpâturage non contrôlé) aboutissant à une diminution de la biodiversité dans ces parcours (Abedguerfi et al., 2009). Le Pistachier de l'Atlas figure dans la liste officielle des espèces menacées d'extinction (décret exécutif n° 12.13 de janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées) suite à une exploitation anarchique, une évolution aggravante du climat et un mauvais état sanitaire des arbres (Benhassaini & Belkhodja, 2004 ; Belhadj, 1999 ; 2007 ; Belhadj et al., 2008). Le térébinthe subit également une pression due aux changements globaux.

Une importante partie de la faune phytophage du genre *Pistacia* est constituée par des pucerons gallicoles (Aphididae : Fordini) (Wool, 2012) qui produisent de grandes variétés de galles, parfois très grandes et élaborées (Blackman & Eastop, 2018). La plupart de ces espèces aphidiennes se trouvent en Asie centrale, en Europe et en Afrique du Nord (Bodenheimer & Swirski, 1957 ; Koach & Wool, 1977). Selon Blackman & Eastop (2018), quinze espèces de pucerons appartenant à sept genres peuvent se développer sur le Pistachier de l'Atlas et treize espèces sur le térébinthe. Néanmoins, les études menées sur les pucerons gallicoles qui se développent sur *Pistacia* spp. sont très rares en Algérie (Louzabi et al., 2016). Laamari et al. (2010) ont signalé l'existence de six espèces de pucerons qui se développent sur le genre *Pistacia* : *Baizongia pistaciae* (L. 1767), *Forda marginata* Koch 1857, *F. riccobonii* (Stefani 1899), *F. rotunda* Theobald 1914, *Paraclotus donisthorpei* Theobald 1929 et *Rectinatus buxtoni* Theobald 1914. Les mêmes auteurs ont rapporté l'existence du genre *Geoica* mais sans citer de nom d'espèces. Selon Blackman & Eastop (2018), le genre *Geoica* comporte 11 espèces aphidiennes, dont *G. mimeuri*, jamais décrite en Algérie.

Dans le but de contribuer à la protection de ces deux espèces (*P. atlantica* et *P. terebinthus*) végétales d'importance écologique et vu le manque de travaux réalisés sur leurs pucerons gallicoles et afin de participer à l'enrichissement des listings de l'aphidofaune algérienne, nous avons entrepris ce travail de recherche, qui porte sur la caractérisation morphologique des galles foliaires et des pucerons responsables de leur formation ainsi que l'étude de l'influence de la formation de ces galles sur la morphologie des feuilles.

Afin d'aborder l'ensemble de ces aspects, la présente thèse est structurée en quatre chapitres :

- Chapitre 1 : Porte sur une synthèse bibliographique, renfermant la description botanique suivie des caractéristiques écologiques des deux espèces étudiées ainsi que de la biologie et l'écologie des aphides ;
- Chapitre 2 : Comprend la description des caractéristiques générales du milieu d'étude ;
- Chapitre 3 : Décrit le dispositif expérimental et les différentes techniques ainsi que la méthodologie utilisées.
- Chapitre 4 : Englobe l'ensemble des résultats obtenus et leurs discussions.

Et nous clôturons ce travail par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique et état de l'art

Chapitre I : Synthèse bibliographique et état de l'art

I. Description du genre *Pistacia*

Pistacia L., est un genre important de la famille des Anacardiaceae. Systématiquement, le genre a connu plusieurs remaniements à cause de plusieurs facteurs tels que l'hybridation interspécifique (Zohary, 1952 ; Yi et al., 2008 ; Al-Saghir & Porter, 2012) et le rapprochement des caractères morphologiques de certaines espèces (feuilles, fleurs) qui favorise la confusion entre elles (Roussou, 2018). L'histoire de l'évolution du genre *Pistacia* et les relations taxonomiques entre les espèces reste sujettes à controverses.

Zohary (1952) a donné la description la plus complète en se basant sur les caractères morphologiques (Fig. 01). Selon ce dernier, le genre se compose de onze (11) espèces, classées en quatre sections : *Lentiscella*, *Eu-Lentiscus*, *Butmela* et *Eu-terebinthus* (Tableau 01). Cette classification a été révisée par plusieurs auteurs (Parfitt & Badenes, 1997 ; Kafkas & Perl-Treves, 2002 ; Golan-Goldhirsh et al., 2004 ; Yi et al., 2008). La plus récente est celle de Al Saghir & Porter (2012) qui ont divisé le genre en neuf espèces et cinq sous espèces en utilisant l'ensemble des caractères morphologiques et moléculaires, et en deux sections selon la nature caduque (*Pistacia*) ou persistante (*Lentiscella*) des feuilles (Tableau 01).

D'après Parfitt & Badenes (1997) et AL-Saghir (2010), le genre est d'origine américaine. Il se caractérise par une large distribution discontinue : Mexique et Amérique du Sud, îles atlantiques, Europe du Sud et bassin méditerranéen, Afrique tropicale de l'Est, Asie Centrale, Chine et Asie du Sud-Est (Fig. 02). Les espèces du genre se présentent sous forme d'arbres ou d'arbustes, dioïques. Les feuilles sont alternes, caduques ou persistantes, pennées, membraneuses ou épaisses, avec un nombre pair de folioles qui varie de 2 à 6 (Zohary, 1952 ; AL-saghir, 2012). Les inflorescences sont en grappes rameuses. Les fleurs sont unisexuées, radiales, petites, les sépales sont généralement d'un nombre de 5, distincts à légèrement liés ; on trouve de 4 à 5 étamines par fleur. Les grains de pollen sont de type tricolpés ou triporés.

Le fruit de ce genre est une drupe asymétrique aplatie plus au moins succulent, ou sec à un noyau (AL-saghir, 2012).

Tableau 01. Principales classifications du genre *Pistacia* (L.) (Zohary, 1952 ; Yi et al., 2008 ; Al-Saghir & Porter, 2012).

	Zohary (1952)	Yi et al. (2008)	Al-Saghir & Porter (2012)
Sections	4	2	2
Espèces	11	10	9
Ssp/var	11	0	5
	I-Section <i>Eu-Terebinthus</i> Zoh.	I-Section <i>Terebinthus</i> Parfitt & Badenés	I-Section <i>Pistacia</i> Zoh.
	<i>P. chinensis</i> Bunge	<i>P. chinensis</i> Bunge	<i>P. chinensis</i> Bunge ssp. <i>chinensis</i>
	<i>P. chinensis</i> Bunge. var. <i>falcata</i>	-	<i>P. chinensis</i> Bunge ssp. <i>falcata</i> (Bess. ex Martinelli) Rech. f.
	<i>P. chinensis</i> Bunge. var. <i>integerrima</i>	<i>P. integerrima</i> J.L.Stewart ex Brandis	<i>P. chinensis</i> Bunge ssp. <i>integerrima</i> (J.L. Stewart ex Brandis) Rech. f.
	<i>P. khinjuk</i> Stocks	<i>P. khinjuk</i> Stocks	<i>P. khinjuk</i> Stocks
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. <i>glaberrima</i> Boiss	-	-
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. <i>glabra</i> Engl	-	-
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. <i>microphylla</i> Boiss.	-	-
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. <i>populifolia</i> Boiss	-	-
	<i>P. palaestina</i> Boiss.	-	-
	<i>P. terebinthus</i> L.	<i>P. terebinthus</i> L.	<i>P. terebinthus</i> L.
	<i>P. vera</i> L	<i>P. vera</i> L	<i>P. vera</i> L.
	II-Section <i>Butmela</i> Zoh.	-	-
	<i>P. atlantica</i> Desf.	-	-
	<i>P. atlantica</i> Desf.	<i>P. atlantica</i> Desf.	<i>P. atlantica</i> Desf.
	<i>P. atlantica</i> var. <i>latifolia</i> DC.	-	-
	<i>P. atlantica</i> Desf. var. <i>kurdica</i> Zoh.	-	<i>P. eurycarpa</i> Yalt.
	III-Section <i>Lentiscella</i> Zoh.	II-Section <i>Lentiscus</i> Parfitt & Badenés	II-Section <i>Lentiscella</i> Zoh.
	<i>P. mexicana</i> Humb., Bonp. & Kunth	<i>P. mexicana</i> Humb., Bonp. & Kunth	<i>P. mexicana</i> Humb., Bonp. & Kunth
	<i>P. texana</i> Swingle	<i>P. texana</i> Swingle	-
	VI-Section <i>Eu Lentiscus</i> Zoh.	-	-
	<i>P. lentiscus</i> L.	<i>P. lentiscus</i> L.	<i>P. lentiscus</i> L. ssp. <i>lentiscus</i>
	<i>P. lentiscus</i> L. var. <i>emarginata</i> Engl.	-	<i>P. lentiscus</i> ssp. <i>emarginata</i> (Engl.) Al-Saghir
	<i>P. saportae</i> Burnat-	-	<i>P. saportae</i>
	<i>P. saportae</i> Burnat var. <i>oxycarpa</i> Zoh.	-	-
	<i>P. weinmannifolia</i> Poisson	<i>P. weinmannifolia</i> Poiss. ex Franch	<i>P. weinmannifolia</i> Poiss. ex Franch
	<i>P. weinmannifolia</i> Poisson var. <i>malayana</i> (Henderson) Zoh.	-	-

(*P.* : *Pistacia* ; ssp. : sous-espèce ; var. : variété).

I.1. Le genre *Pistacia* en Algérie

En Algérie, le genre *Pistacia* est représenté par quatre espèces. Trois espèces sont autochtones réparties sur presque tous les types du climat d'où leurs grandes capacités d'adaptation aux contraintes climatiques (Belhadj, 2007) :

- *P. lentiscus* (le lentisque) nommé « Dherou » en arabe, largement disséminé dans le Tell ;
- *P. terebinthus* (le térébinthe) nommé « Kiffan elbetoum » en arabe et « Hejji » en kabyle, distribué sur le bassin de la Soummam, le versant nord du Djurdjura ainsi que le bassin d'Elksour ;
- *P. atlantica* (le pistachier de l'Atlas) nommé « Betoum », ces peuplements occupent l'Atlas Mitidjien, les hauts plateaux ainsi que les régions les plus arrosées de l'Atlas saharien (Quezel, 1965 ; Monjauze, 1968) pour atteindre une limite extrême au Hoggar (Chenoune, 2005).

La quatrième espèce, *P. vera*, (le pistachier vrai), est une espèce introduite ou subspontanée. On la trouve à l'ouest algérien (Saida, Sidi Bel-Abbes, Tlemcen, Tiaret), au centre (Chlef et Blida) et à l'est (Sétif, Guelma, et Batna) mais à des superficies réduites (Morsli et al., 2001). 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 & Santa, 1963 ; Belhadj, 2001 ; 2007).

I.2. Description, répartition et écologie des espèces étudiées

I.2.1. *Pistacia atlantica*

Le pistachier de l'Atlas, connu sous le nom vernaculaire « Betoum » et iggh en berbère local (Zohary, 1952 ; Blanguernon, 1955 ; Quézel & Médail, 2003) est une essence très ancienne. Elle a été décrite la première fois par Desfontaines (1799, 1800) au cours de son exploitation botanique en Tunisie et en Algérie. Selon Zohary (1952), l'espèce appartient à la section *Butmella* et elle est subdivisée en 4 sous espèces : *P. latifolia*, *P. kurdica*, *P. kabulica* et enfin *P. atlantica*. Cette dernière, et plus précisément, la sous-espèce *atlantica*, est la seule présente en Algérie. Belhadj (2007) a émis l'hypothèse de l'existence supposée d'autres variétés/sous espèces non clairement définies, en raison de la grande variabilité enregistrée pour les différents écotypes échantillonnés.

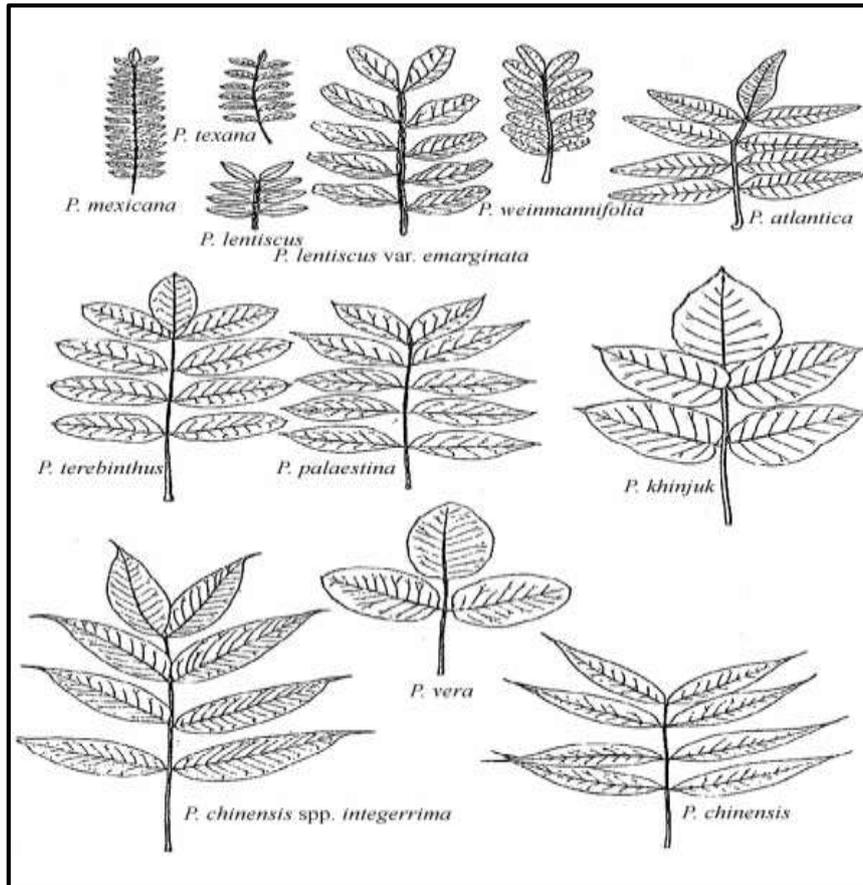


Figure 01. : Types de feuilles chez les espèces du genre *Pistacia* L. (Zohary, 1952)

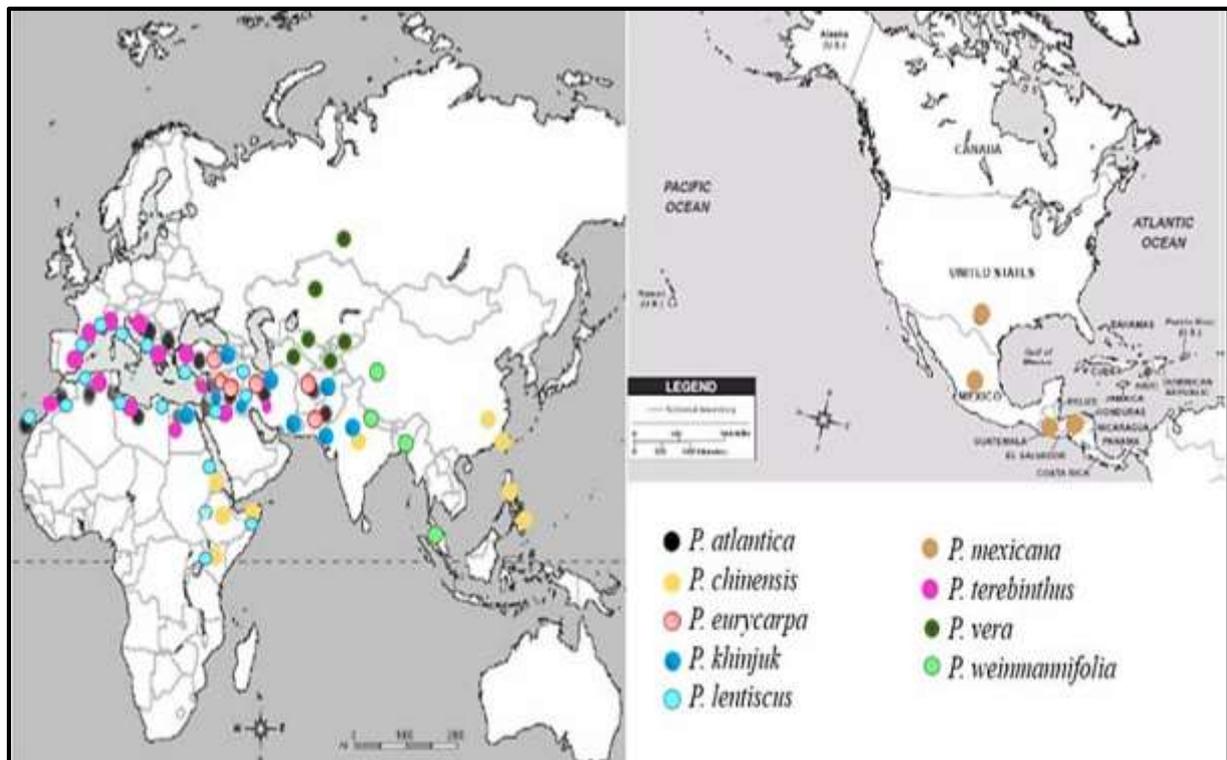


Figure 02. Distribution géographique des espèces du genre *Pistacia* L. dans le monde (Al-Saghir, 2006 modifié par Rousou, 2018).

I.2.1.1. Aire de répartition

I.2.1.1. Dans le monde

P. atlantica, est largement distribué au sud méditerranéen et en Moyen-Orient (le désert et la steppe de Syrie, l'Iran, la Palestine, la Transjordanie, l'Iraq, l'Arabie Saoudite, la Turquie) (Boudy, 1955 ; Karimi & Kafkas, 2011 ; Al Saghir & Porter, 2012). Il est même présent en Crimée et en Afghanistan (Seigne, 1985). D'après Quézel & Santa (1963) ; Ozenda (1983) et Somon (1987), le pistachier de l'Atlas, et plus précisément la sous-espèce *atlantica*, serait endémique de l'Afrique du nord (Figure 03).

I.2.1.2. En Algérie

Le pistachier de l'Atlas se caractérise par une distribution très éparpillée (Khaldi & Khouja, 1996). Selon Monjauze (1968), il se retrouve à l'état de groupements isolés à l'ouest Algérien (Oran et Ain Sefra) jusqu'à l'est tunisien et il est largement distribué de la plaine de la Mitidja jusqu'au Sahara Septentrionale (Fig. 04). Dans les régions semi-arides et les montagnes, on le retrouve en association avec *Quercus ilex*, *Juniperus phenicia*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus coccifera*, *Fraxinus dimorpha* et *Pistacia terebinthus* (Boudy, 1952). Dans un climat sec, il est en mélange avec le thuya de Barbarie (*Tetraclinis articulata*) et avec le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dans les régions froides. Sa limite extrême se trouve en plein cœur du Hoggar, où il existe à l'état de relique (Monjauze, 1980 ; Ozenda, 1983).

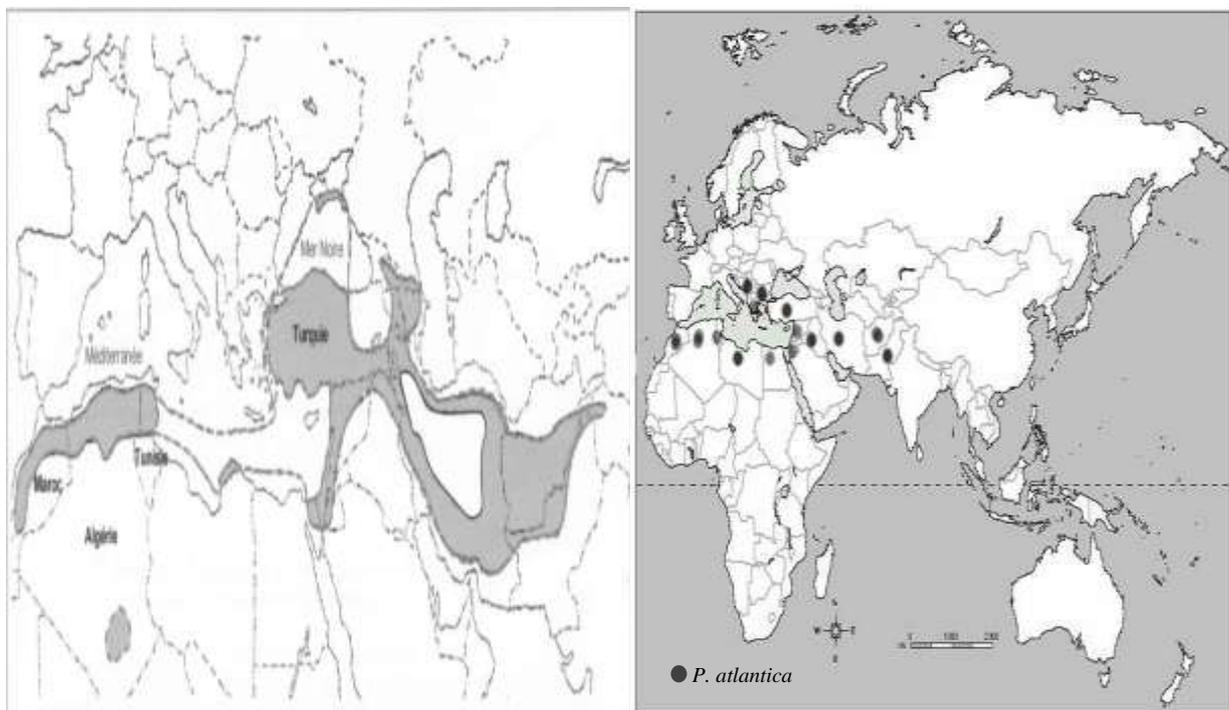


Figure 03. Distribution géographique de *Pistacia atlantica* Desf. dans le bassin méditerranéen (AL-Saghir, 2006).

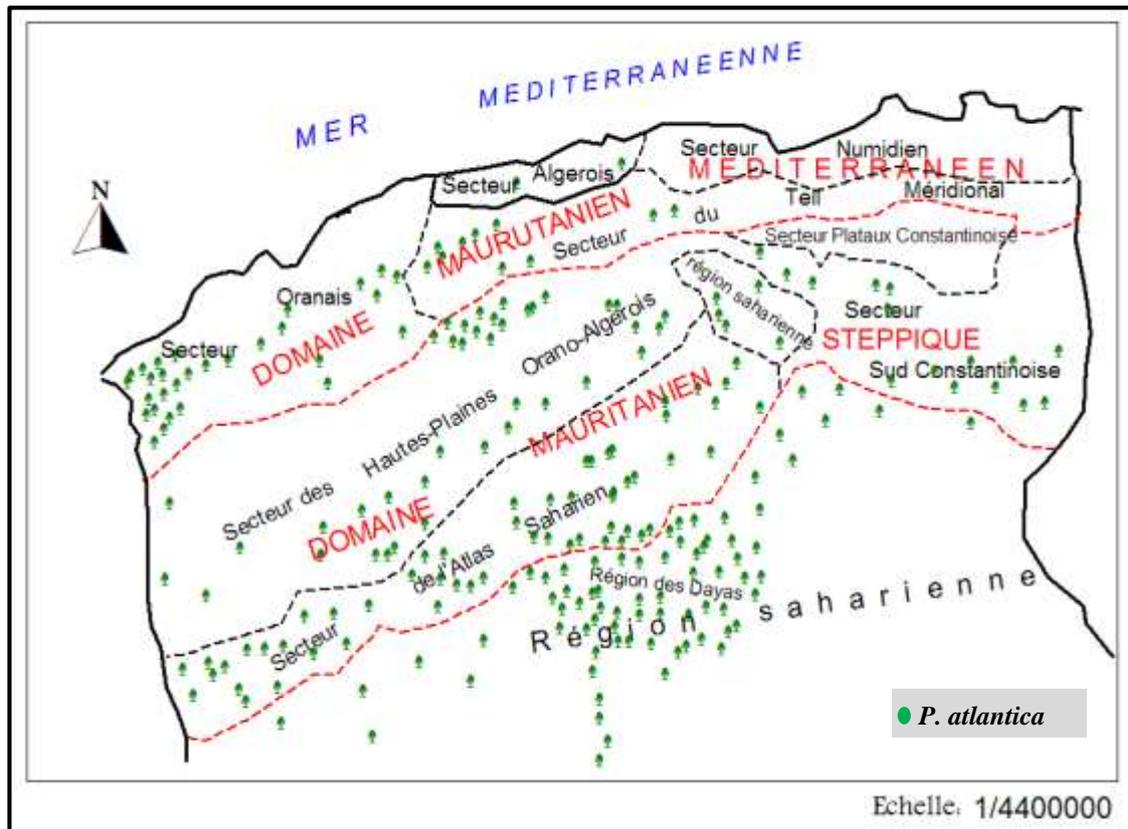


Figure 04. Distribution de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie (Monjauze, 1968)

I.2.1.2. Caractéristiques botanique de l'espèce

I.2.1.2.1. Feuilles :

Les feuilles de *P. atlantica* sont caduques, composées de 5 à 11 folioles d'une forme lancéolée ou obtuse d'un contour ovale ou oblongues. En Algérie, le nombre de folioles peut atteindre jusqu'à 18 folioles (Belhadj, 2007 ; Zerey-Belaskri & Benhasaini, 2016). Leur couleur varie du vert foncé sur la surface supérieure au vert clair sur la surface inférieure (Khaldi & Khouja, 1996), les feuilles sont alternées pennées (Larouci, 1987 in Dahmani, 2011) (Fig. 05).

L'axe du pétiole est étroitement cilié. Cette espèce présente une ligne de poils presque microscopiques sur la marge des folioles. Mais certains pistachiers d'Algérie ne présentent pas cette pubescence (Monjauze, 1980).

Belhadj et al. (2007) ont montré que les feuilles des populations algériennes de *P. atlantica* se caractérisent par des folioles de type amphistomatiques (sur les deux faces) avec des stomates légèrement enfoncés dans l'épiderme et présentent de la cire sur leur surface foliaire. Selon les mêmes auteurs, les feuilles possèdent des poils sur les deux surfaces foliaires, en particulier au-dessus et le long de la nervure médiane, rarement sur les côtes et la surface foliaire.

I.2.1.2.2. Fleurs :

Le pistachier de l'Atlas est dioïque, les fleurs mâles et les fleurs femelles sont portées par des pieds différents. Les fleurs sont apétales et rougeâtres en grappes terminales chez les fleurs mâles (panicule composé de 450 à 500 fleurs) et axillaires chez les fleurs femelles (panicule composé de 190 à 260 fleurs) (Monjauze, 1980) (Fig. 05-3).

La fleur mâle est constituée d'un calice de 3 à 5 sépales pubescents et d'un androcée composé de 5 à 8 étamines opposés à filament très courts (Pessont & Loveaux, 1984 in Benhassaini, 1998). Le calice de la fleur femelle est très petit composé de 3 à 5 sépales, l'ovaire est supère, uniloculaire surmonté de trois styles pourpres, le centre est occupé par un gynécé formé de carpelles soudés (Boudy, 1952).

La floraison de cette espèce apparait en mi-mars, juste avant la feuillaison, Les mâles ont tendance à fleurir un peu plus avant les femelles (Rostamikia et al., 2009). La pollinisation est anémophile, effectuée par les vents d'avril (Zohary, 1952).

Les grains de pollen de *P. atlantica* décrits dans une étude en Algérie, par Belhadj et al. (2007), sont sphéroïdal à sphéroïdal prolate et pantoaperturé. L'ornementation de l'exine est réticulée.

I.2.1.2.3. Fruits :

Le fruit de *Pistacia atlantica* est une drupe ovoïde, de 6 à 8 mm. Sa couleur passe du jaune au bleu foncé à maturité en automne (Somon, 1987). En Algérie la population locale l'appelle Elkhodiri, appellation due à la prédominance de la couleur vert foncé à maturité (Belhadj, 1999) (Fig. 05).

Les graines de Pistachier de l'Atlas sont généralement caractérisées par une dormance notamment une inhibition tégumentaire. Le plus grand taux de germination (100 %) est enregistré chez les graines qui ont subi une stratification à 4°C pendant 30 jours combinée à une scarification mécanique (Oukara et al., 2017). D'après Merbah et al. (2021) les plantules sont capables de supporter jusqu'à 10 g/l de NaCl.

I.2.1.2.4. Phyllosphère et rhizosphère :

La phyllosphère représente la partie aérienne de la plante qui est colonisée par les des communautés complexes de micro-organismes (Lindow & Brandl, 2003) qui ont un rôle non-négligeable d'un point de vue agronomique et environnemental (Gurdeep et al., 2013).

En Algérie quelques études commencent à s'intéresser à la phyllosphère du pistachier de l'Atlas où une biodiversité importante des microorganismes a été décrite ce qui peut traduire la

grande capacité adaptative de l'espèce dans les milieux arides. Ait Ouamer et al. (2020), ont enregistré une moyenne de 10 espèces de bactérie et 6 espèces de champignons par feuille de *P. atlantica*.

La rhizosphère, quant à elle, représente la région du sol exploitée par le système racinaire (Hartmann et al., 2008 ; Badri et al., 2009). Elle est formée par un cortège de microorganismes qui peuvent être des bactéries, des virus, des champignons, des oomycètes et des nématodes (Berendsen et al., 2012).

L'activité microbienne dans la rhizosphère est indispensable à la croissance et la survie de la plante, car elle aide la plante à se nourrir en favorisant l'assimilation des éléments nutritifs et offrent même une protection contre les attaques de pathogènes (Douglas, 2008 ; Lambers et al., 2009 ; Berendsen et al., 2012).

Le pistachier de l'Atlas se caractérise par une richesse fongique importante dans les milieux aride a semi-aride en Algérie. Dans une étude menée par Bouabdeli et al. (2018), un total de 19 espèces mycorhiziennes ont été identifiées, de plus Mechiach et al. (2021) ont identifié une communauté fongique appartenent à quatre phylums : Ascomycota, Glomeromycota, Basidiomycota et Mucoromycota. Les mêmes auteurs ont établi un fort impact du climat et des propriétés physico-chimiques des sols sur la composition et la richesse de la communauté des rhizobiomes de *P. atlantica*.

I.2.1.3. Caractéristiques écologiques de l'espèce

Le pistachier de l'Atlas se caractérise par une plasticité exceptionnelle vis-à-vis de l'écologie de son milieu. Il se rencontre à l'état spontané dans une vaste aire géographique, s'étendant du milieu semi-aride, aride jusqu'à même au saharien (Boudy, 1952). Il ne présente pas d'exigence envers la pluviométrie (il peut supporter 70mm/an) (Dahmani, 2011). Il tolère aussi bien des températures basses qu'élévées, allant de - 2 à + 49°C (Larouci, 1987 *in* Dahmani, 2011). En Iran l'arbre peut même vivre à une température de -20°C (Kaska, 1994). Néanmoins, il craint les gelées printanières qui détruisent les fleurs, quand il n'est pas protégé par une ambiance forestière (Khelil & Khellal, 1980 ; Khichane, 1988). Le vent s'avère primordial pour la pollinisation du pistachier. Les vents violents de l'hiver peuvent être bien supportés, à cause de son système racinaire pivotant et ses branches assez souples et peu cassantes (Ait Radi, 1979 ; Makhlouf, 1992). Par contre, en période de floraison les vents chauds et secs ne sont pas convenables, parce qu'ils dessèchent les fleurs femelles au niveau de leurs stigmates ce qui empêche l'adhésion du pollen par la suite (Kaska, 1994).

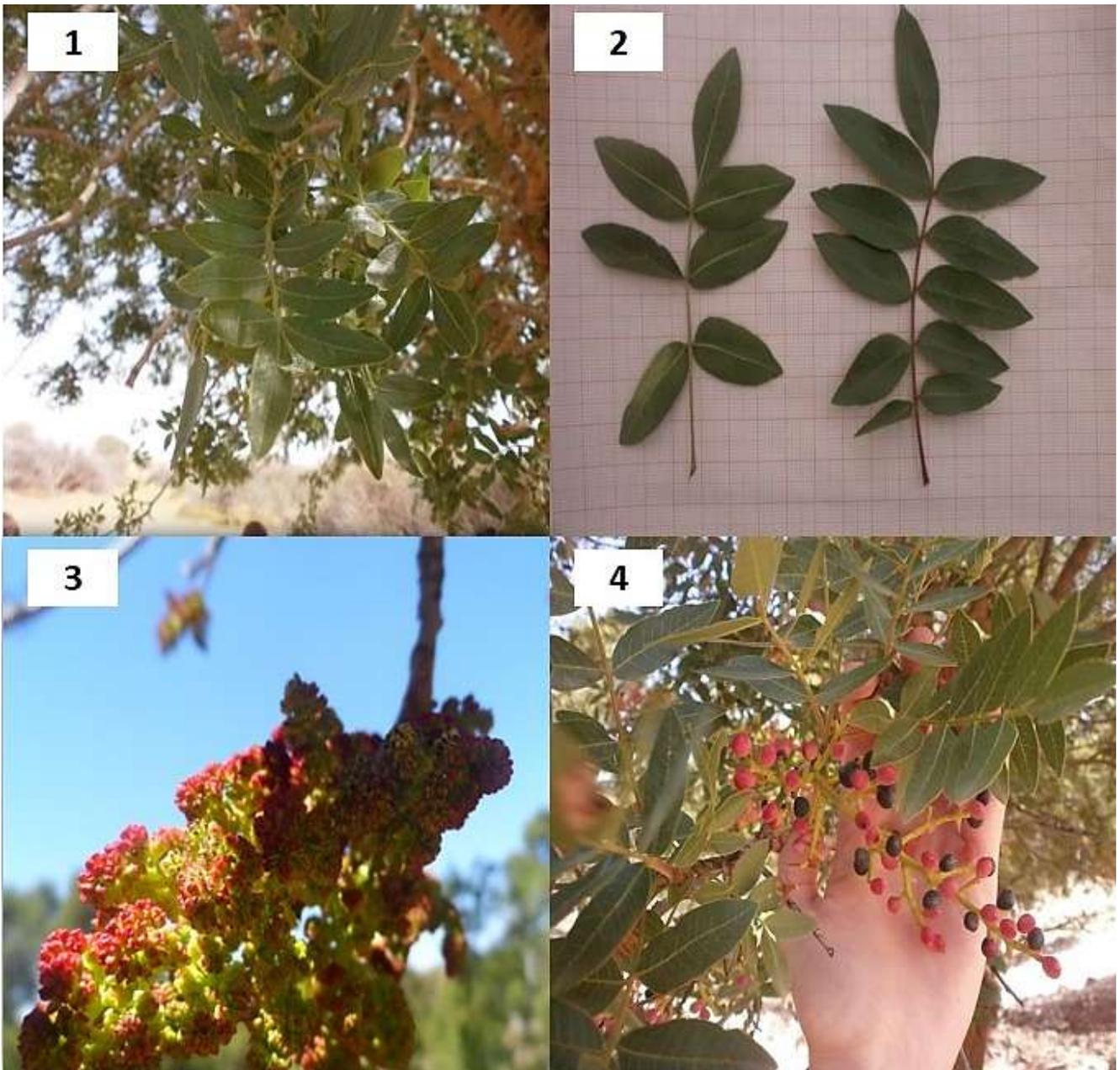


Figure 05. Aspect des feuilles, de l'inflorescence et des fruits de *Pistacia atlantica* Desf. dans la station de Ain Oussara (AO) (Originale).

Selon Everinoff (1964), c'est un arbre de pente et d'altitude élevée. Le meilleur développement de cet arbre est atteint aux altitudes comprises entre 600 et 1200 m (Boudy, 1952 ; Monjauze, 1968). On le retrouve jusqu'à 2000 m dans les montagnes sèches de l'Atlas saharien (Boudy, 1952). Très peu exigeant du point de vue édaphique, il s'accommode à différents types de sols (pauvres, caillouteux, calciques et même acide) (Nègre, 1962 ; Brown et al., 1994, *In* Mellah, 2007). D'après Limane et al. (2014), dans son étude sur la caractérisation pédologique des sols sous le pistachier de l'Atlas, en suivant un transect nord-sud en Algérie, le pistachier de l'Atlas pousse sur des sols à texture limono-argileuse à sablo-limoneuse avec un pH basique modérément calcaire.

I.2.1.4. Intérêts de *Pistacia atlantica*

Si l'on considère les intérêts écologiques de l'espèce, le pistachier de l'Atlas (Bétoum) est en général, une espèce qui s'adapte à différents types de climats et de sols. A cause de sa haute résistance face à la sécheresse et sa capacité de fixation des sols, il a été retenu comme essence de reboisement pour le renforcement et la réhabilitation du barrage vert dans la steppe algérienne (Ouldache, 2021). Par ailleurs, cet arbre possède de multiples caractères utilitaires comme fourrage par son feuillage (Niazi et al., 1999) ou comme porte-greffe approprié pour le pistachier cultivé (Monastra et al., 1997 ; Kafkas, 1998 ; Rameau et al., 2008). C'est aussi une source d'ombre où les animaux trouvent sous son bois un bon refuge de la chaleur et irradiation solaire (Monjauze, 1982).

Concernant l'intérêt socio-économique, l'espèce est largement utilisée dans la médecine traditionnelle grâce à ses multiples propriétés pharmacologiques. Ses fruits sont utilisés pour le tannage du cuir, ainsi que la fabrication du savon (Tzakou et al., 2007). L'huile extraite est employée dans des préparations culinaires (Hatamnia et al., 2014) ainsi qu'en friction externe contre la toux (Bellakhdar, 1997). Les galls qui se développent sur les feuilles du pistachier de l'Atlas (appelées Afes en Algérie), sont une source de tanin et sont mélangées avec le henné pour des soins de la chevelure (Belhadj, 2007).

La résine produite par l'écorce est utilisée comme un antiseptique sur les plaies. La gomme est appelée Lobane en arabe et elle est mâchée comme du Chewing gum pour ces propriétés désinfectantes (Bellakhdar, 1997).

I.2.2. *Pistacia terebinthus*

Le Pistachier térébinthe, est un arbre ou arbuste de 3 à 10 m de hauteur, poussant dans la garrigue et le maquis, commun dans tout le bassin méditerranéen (Traveset, 1994). On le retrouve dans tout l'ouest méditerranéen, du Portugal à la Turquie et du Maroc à la Lybie. Il pénètre assez profondément dans le sud des alpes (Lieutaghi, 2004) (Fig. 06), mais ne se développe pas dans les endroits trop arides et peu lumineux. En arabe on l'appelle « Kiffan elbtoum » et « Hejji » en Kabyle (Belhadj, 2007). Il se caractérise par une écorce très résineuse et odorante (Lieutaghi, 2004), généralement couverte de lichens (Fig. 07), d'une couleur gris rougeâtre, ensuite rouge brun et écailleuse en vieillissant (Rameau et al., 2008).

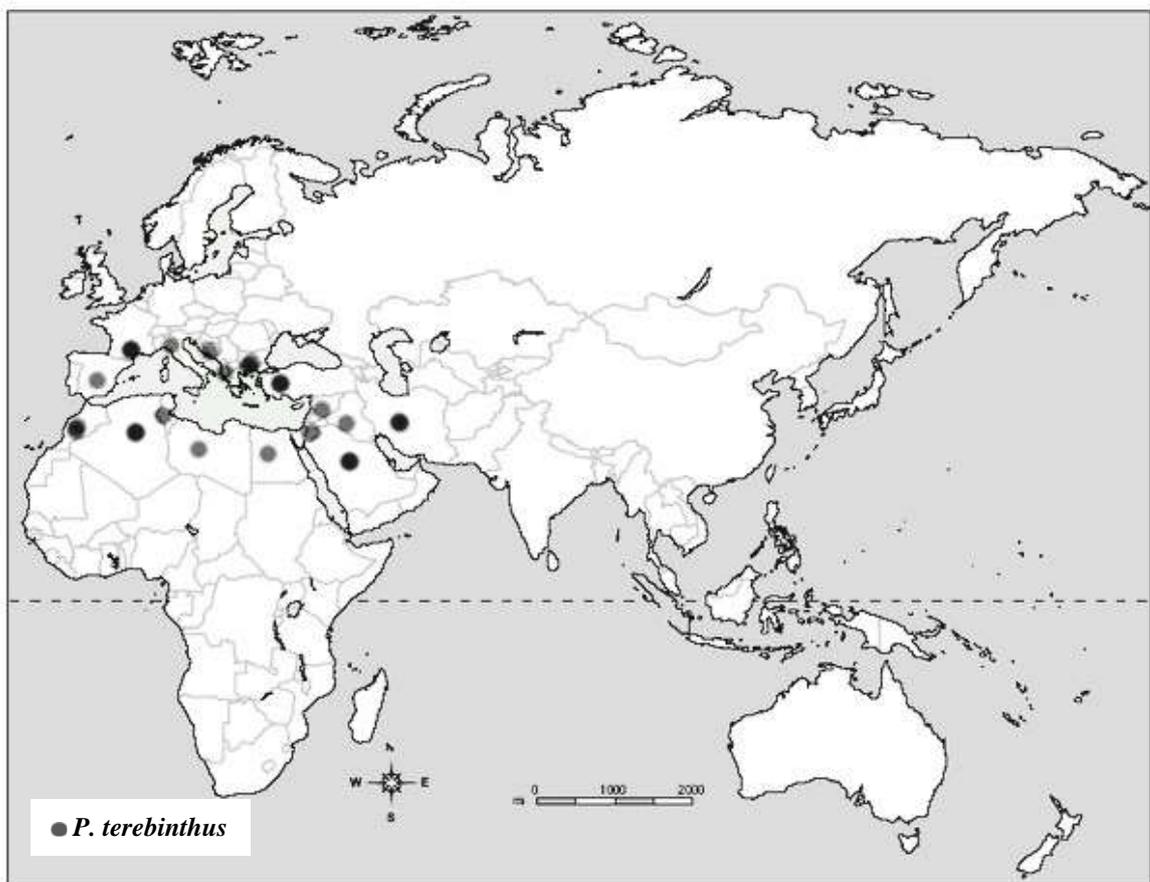


Figure 06. Distribution de *Pistacia terebinthus* L. dans le bassin méditerranéen (Al-Saghir, 2006).

Les feuilles sont caduques dépourvues de poils, rougissant en automne, composées de 5 à 11 folioles ovales oblongues ou elliptiques lancéolées, obtus mucronulées ou subaiguës, luisantes en dessus, mates et plus pâles en dessous (Quézel & Santa, 1963) et d'un pétiole glabre (Zohary, 1995) (Fig. 07). Les folioles manifestent une structure rugueuse et striée sur les deux faces (Tirse, 2016), elles sont recouvertes entièrement de cire de type flocons, qu'elle est composée principalement par des composés aliphatiques (en valeurs importante, dans les milieux semi-aride), des phénols et des terpènes (Doghbage et al., 2021).

La floraison se produit en avril à mai. Les fleurs sont d'une couleur brunâtre, réunies en grappes composées, axillaires, naissant sur les jeunes rameaux de l'année (Fig. 07). La pollinisation est de type anémophile ou zoophile (Rameau et al., 2008). Le fruit est une drupe de forme ovoïde d'abord rouge puis brun à maturité (septembre à octobre) (Fig. 07).

Il préfère particulièrement les zones rocheuses et dégradées avec une végétation ouverte, on le trouve ainsi dans les forêts de pins au-dessus du niveau de la mer jusqu'à 1400-1500 m (Gülsoy et al. 2011).

En Algérie, les peuplements du térébinthe se trouvent aux alentours de 1200 à 1270m d'altitude. Il constitue des peuplements, soit seul, soit mélangé aux chênes, ou aux lentisques (Quézel & Santa, 1963). D'après Gülsoy et al. (2011), le térébinthe présente une préférence pour les endroits les plus bas à aspect plus ensoleillé et chaud avec un sol bien drainé.

Sept espèces de champignons endomycorhiziens arbusculaire ont été identifiées sur *P. terebinthus* en Algérie (Bouabedeli, 2019).

I.2.2.1. Intérêts de *Pistacia terebinthus* :

Comme le bois du térébinthe est dur et compact, il est utilisé pour des travaux d'ébénisterie, de marqueterie, de tournerie ou de sculpture (Rauf et al., 2022).

Les différentes parties (résine, feuille, fruit, partie aérienne) de *P. terebinthus* sont utilisées depuis longtemps comme remède naturel pour différentes maladies (Topçu et al., 2007). Le noyau du fruit est utilisé dans les traitements des troubles du foie, des reins, du cœur et du système respiratoire. La gomme de la résine est utilisée pour son activité cicatrisante ainsi que dans les traitements des troubles cérébraux et gastro-intestinaux (Giner-Larza et al., 2002).

Cette espèce constitue également un bon porte-greffe pour *P. vera*, utilisée principalement en Italie et en Turquie (Kaska, 1990 ; Mazzola et al., 1996). D'après Giner-Larza et al. (2001), les galles de *P. terebinthus* ont montré une activité anti-inflammatoire.

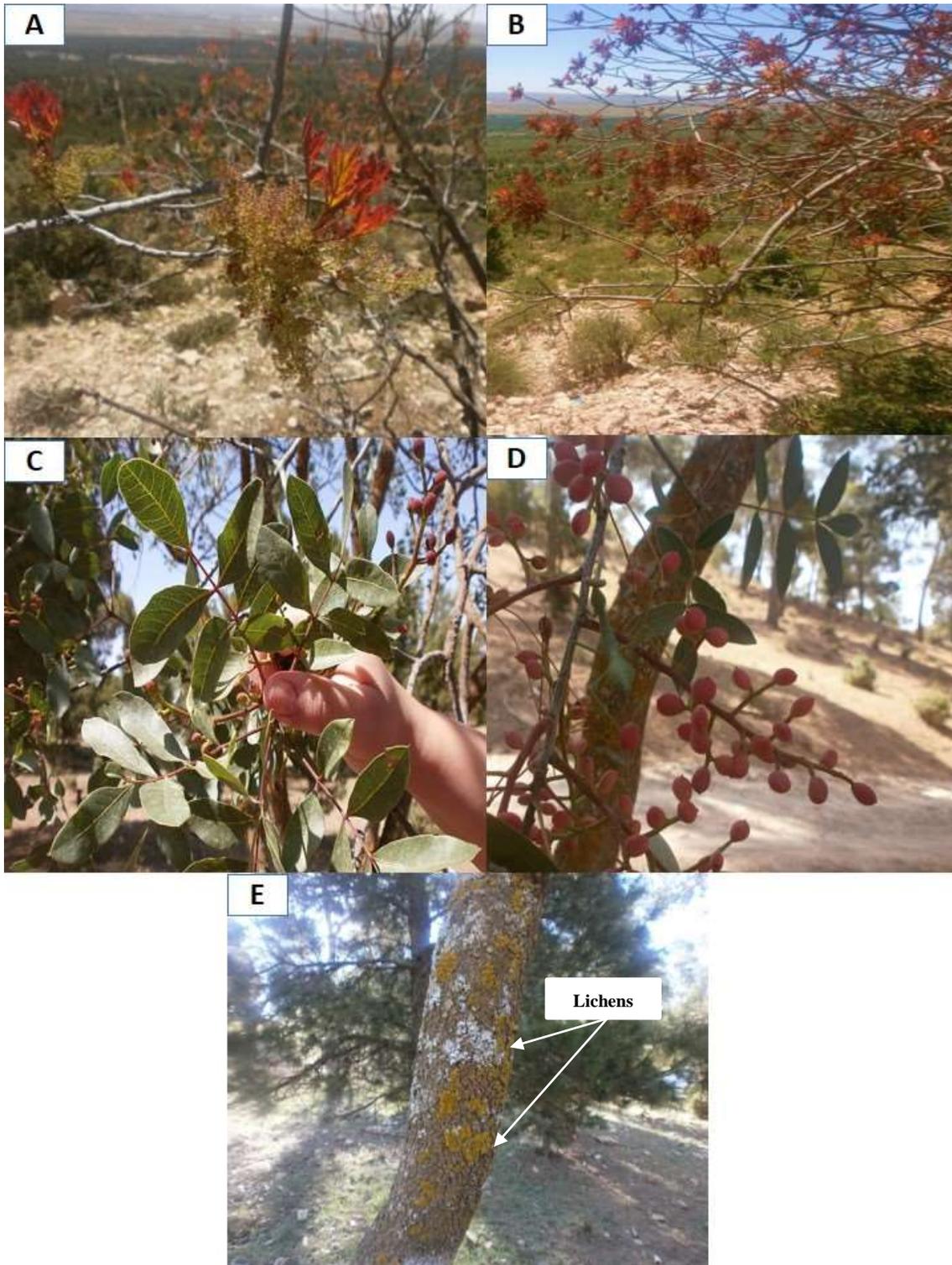


Figure 07. Aspect des pieds de *Pistacia terebinthus* L. dans la station de Senalba (Djelfa) : (A et B) : inflorescence en panicules axillaires ; (C) : feuilles ; (D) : fruits immatures ; (E) : lichens sur le tronc (Originale).

II. Aphides

Les pucerons sont des insectes phytophages mesurant quelques millimètres jusqu'à un centimètre pour les plus gros (Blackman & Eastop, 1994). Ils appartiennent tous à la superfamille des Aphidoidea (Hemiptera) qui comprend cinq mille (5000) espèces, réparties sur cinq-cent-dix (510) genres différents (Blackman & Eastop, 2018). Ces insectes sont présents dans le monde entier et sous des conditions environnementales très variées. Au cours de leur évolution, ils ont pu développer de remarquables capacités d'adaptation au milieu (Moran, 1992).

Les plantes hôtes peuvent être exploitées par une seule ou plusieurs espèces de pucerons. Ces derniers forment des colonies localisées sur les parties aériennes ou souterraines de la plante hôte (Blackman & Eastop, 2006). Certaines familles botaniques comprennent une surreprésentation d'associations plante-puceron, comme les Asteraceae (plus de 600 espèces de pucerons en association), les Apiaceae (environ 600), les Rosaceae (300 environ) et les Coniferae (~350) (Blackman & Eastop, 2006), tandis que d'autres grandes familles de plantes y sont associées à un nombre restreint d'espèces (Cactaceae, Euphorbiaceae, Orchidaceae, Lauraceae, Moraceae, Myrtaceae) (Dixon, 1998).

II.1. Systématique

Remaudière & Remaudière (1997) subdivisent cette famille en vingt-cinq (25) sous-familles et dix-huit (18) tribus :

- ❖ S/famille des Aiceoninae.
- ❖ S/famille des Anoeciinae.
- ❖ S/famille des Aphidinae:
 - Tribu des Aphidini.
 - Tribu des Macrosiphini.
- ❖ S/famille des Chaitophorinae:
 - Tribu des Atheroidini.
 - Tribu des Chaitophorini.
- ❖ S/famille des Drepanosiphinae.
- ❖ S/famille des Greenideinae:
 - Tribu des Cervaphidini.
 - Tribu des Greenideini.
 - Tribu des Schoutedeniini.
- ❖ S/famille des Hormaphidinae:
 - Tribu des Cerataphidini.
 - Tribu des Hormaphidini.
 - Tribu des Nipponaphidini.
- ❖ S/famille des Israelaphidinae.
- ❖ S/famille des Lachninae:
 - Tribu des Cinarini.
 - Tribu des Lachnini.
 - Tribu des Tramini.
- ❖ S/famille des Lizeriinae.
- ❖ S/famille des Macropodaphidinae.
- ❖ S/famille des Mindarinae.
- ❖ S/famille des Myzocallidinae:
 - Tribu des Calaphidini.

- Tribu des Myzocallidini.
- ❖ S/famille des Neophyllaphidinae.
- ❖ S/famille des Neuquenaphidinae.
- ❖ S/famille des Parachitophorinae.
- ❖ S/famille des Pemphiginae:
 - Tribu des Eriosomatini.
 - Tribu des Fordini.
 - Tribu des Pemphigini.
- ❖ S/famille des Phloeomyzinae.
- ❖ S/famille des Phyllaphidinae.
- ❖ S/famille des Pterastheniinae.
- ❖ S/famille des Pterocommatinae.
- ❖ S/famille des Saltusaphidinae.
- ❖ S/famille des Taiwanaphidinae.
- ❖ S/famille des Tamaliinae.
- ❖ S/famille des Thelaxinae.

II.2. Caractéristiques morphologiques des aphides

Chez les pucerons adultes, la taille varie entre 0,5 et 8 mm et le plus souvent entre 2 et 4 mm. Nous considérons comme petites espèces, celles dont la taille des individus adultes n'excède pas 1,5 mm, comme grosses celles composées d'individus d'une longueur supérieure à 3 mm. De 1,5 à 3 mm, nous aurons les espèces de taille moyenne (Nieto Nafria & Mier Durante, 2005).

Les pucerons ont un corps oval un peu aplati, ce dernier est partagé en trois parties bien distinctes (la tête, le thorax, et l'abdomen) (Figs. 08 et 09) (Tanya, 2002).

II.2.1. Tête

Généralement, chez les formes ailées la tête est bien séparée du thorax, contrairement aux aptères. Elle porte deux antennes de longueur très variable composées de 3 à 6 articles. Le dernier article est généralement le plus long et comprend une partie basale légèrement renflée (base) et une partie terminale qui peut être plus courte que la base ou considérablement plus longue, appelée processus terminal (ou flagelle). Les antennes peuvent être insérées directement sur le front ou sur des protubérances du vertex appelées tubercules frontaux latéraux. Le sinus frontal est la partie du vertex située entre les points d'insertion des antennes et peut avoir plusieurs formes (Nieto Nafria & Mier Durante, 2005).

Certains articles antennaires possèdent des organes sensoriels, les sensoria (ou rhinaries). Les sensoria primaires existent chez toutes les formes à tous les stades et sont localisés sur les deux derniers articles. En revanche, les sensoria secondaires sont situés généralement sur le 3ème article et parfois même sur les suivants. Ils sont nombreux chez les formes ailées et chez les mâles aptères et sont rares chez les virginipares aptères (Tanya, 2002 ; Fraval, 2006).

La tête est ainsi composée d'un rostre et de yeux composés. Le rostre est formé de deux stylets mandibulaires protégeant, sur toute leur longueur, deux stylets maxillaires. L'ensemble constitue l'appareil buccal qui est de type piqueur suceur (Hullé et al., 2020).

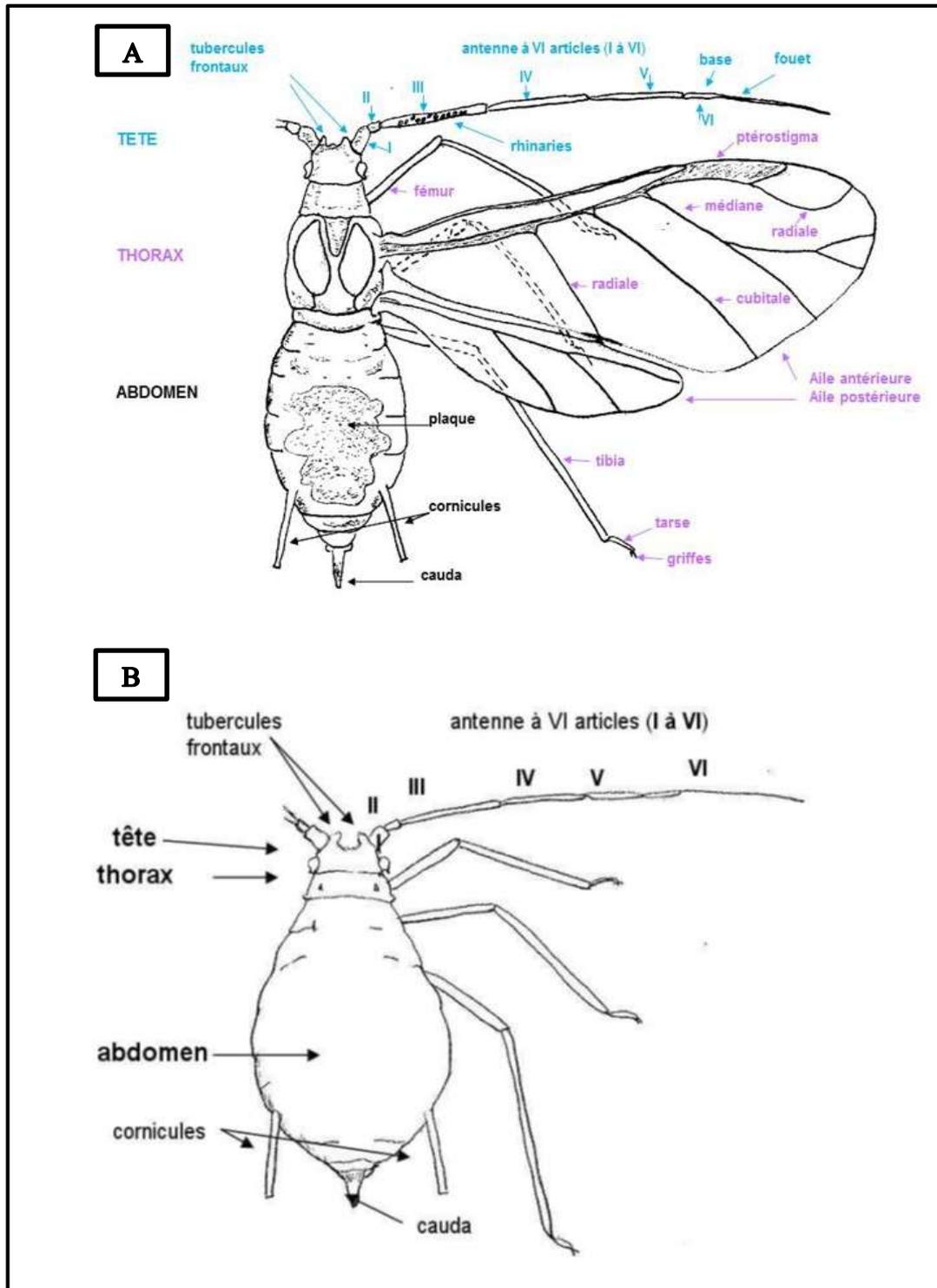


Figure 08. Schéma de l'anatomie générale d'un puceron. (A) Femelle vivipare ailée. (B) Femelle vivipare aptère (Hullé et al., 2020).

II.2.2. Thorax

Le thorax constitue le tagme moteur. Il est formé de trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax, de couleurs variables chez les aptères (Aroun, 1985) et d'une couleur noirâtre et de forme bombée chez les ailés. Chaque segment thoracique porte une paire de pattes, composées de six segments, le coxa, tronchanter, femur, tibia, tarsus 1 et tarsus 2 (Javed & Agurla, 2016).

Le métathorax qui constitue le dernier segment du thorax porte les deux paires d'ailes (antérieures et postérieures) présentant des nervations de type simple ou ramifiées (Grassé, 1951). D'après Hein et al. (2005), chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique (Fig. 09).

II.2.3. Abdomen

L'abdomen est bien soudé au thorax chez les formes aptères mais bien différencié chez les ailés. Il comprend dix segments plus ou moins marqués et se termine par une queue d'une forme plus ou moins conique ou arrondie (Fig. 09). A la jonction des segments V et VI se trouve de petits tubes saillants que l'on appelle cornicules, de forme, structure et taille variables selon les espèces (Nieto Nafria & Mier Durante, 2005) (Fig. 10).

Sur la face ventrale, deux plaques se distinguent, une plaque anale de forme variable selon les espèces et l'autre génitale. L'orifice génital chez les virginipares et les femelles sexuées apparaît comme une simple ouverture transversale dépourvue de tout organe particulier. Chez les mâles, les organes copulateurs comprennent le pénis et une paire de valves génitales (Hullé et al., 2020) (Fig. 09).

II.3. Stades de développement

La plupart des espèces de pucerons passent par 4 stades larvaires avant de devenir des adultes aptères ou ailés. On reconnaît une larve par ses caractères juvéniles : tête large par rapport au corps, cauda plus courte et arrondie (plutôt qu'allongée), antennes et cornicules peu développées, présence de fourreaux alaires (dans le cas des ailés) (Gaudin & Boivin, 2002) (Fig. 11).

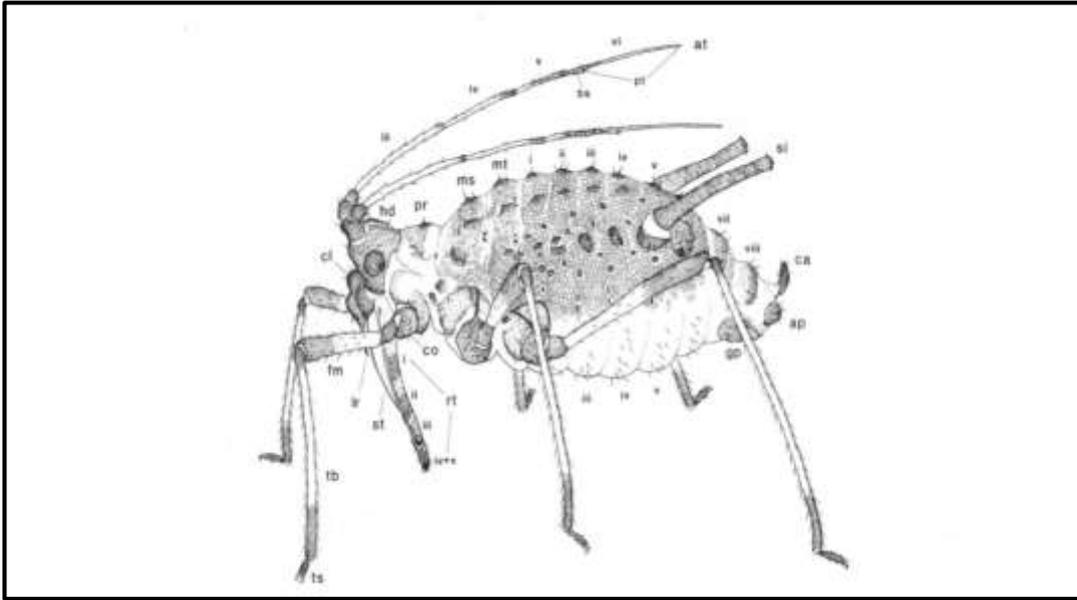


Figure 09. Schéma de l'anatomie d'un puceron. **La tête** (hd) contient le cerveau et porte les principaux organes sensoriels : une paire d'antennes (at), une paire de yeux composés (y), et le rostre (rt) qui porte les stylets (st). **Le thorax**, divisé en 3 segments (ms, mésothorax ; mt, métathorax ; pr, prothorax), portant 3 paires de pattes (coxa (co), fémur (fm), tibia (tb), tarse (ts)) et une paire d'ailes quand ces dernières sont présentes. **L'abdomen**, formé de 10 segments, à la jonction des segments V et VI sur la face dorsale se trouvent les cornicules (si); à l'extrémité de l'abdomen sur le segment X se forme la queue ou cauda (ca) et juste en dessous d'elle se trouve la plaque anale (ap) et enfin la plaque génitale (gp). (Modifié par Miyazaki, 1987).

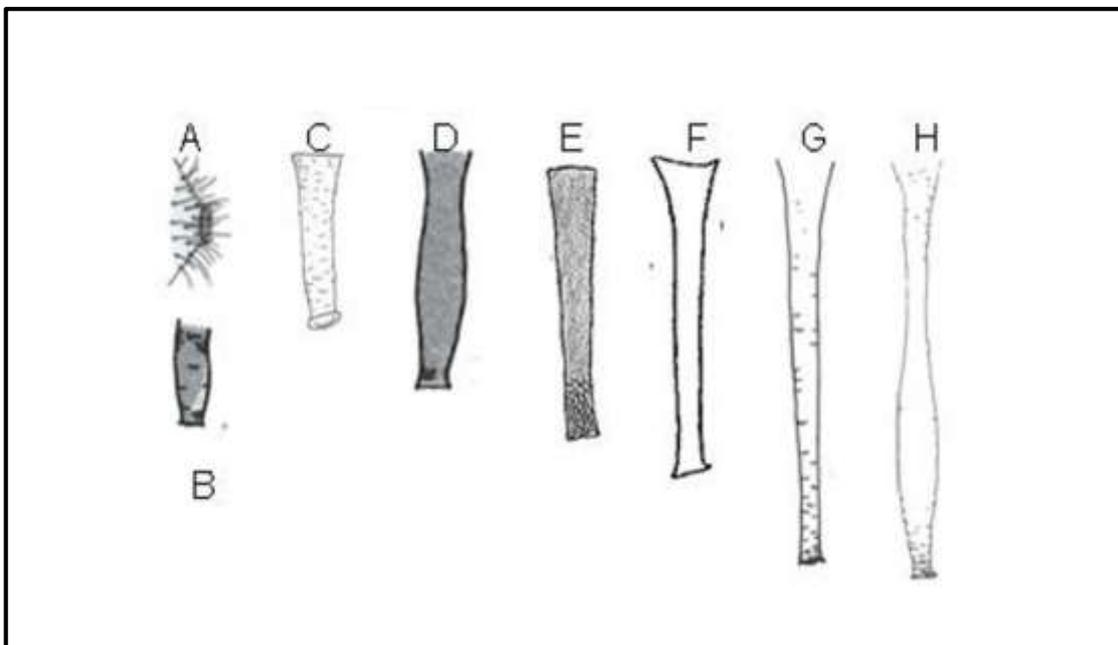


Figure 10. Différents types de cornicules chez les pucerons : cornicules courtes en cône (A), cornicules courtes renflées (B), cornicules courtes droites (C), cornicules moyennes renflées (D), cornicules moyennes droites (E), des cornicules longues (F) cornicules très longues droites (G), cornicules très longues renflées (H) (Hullé et al., 2020).

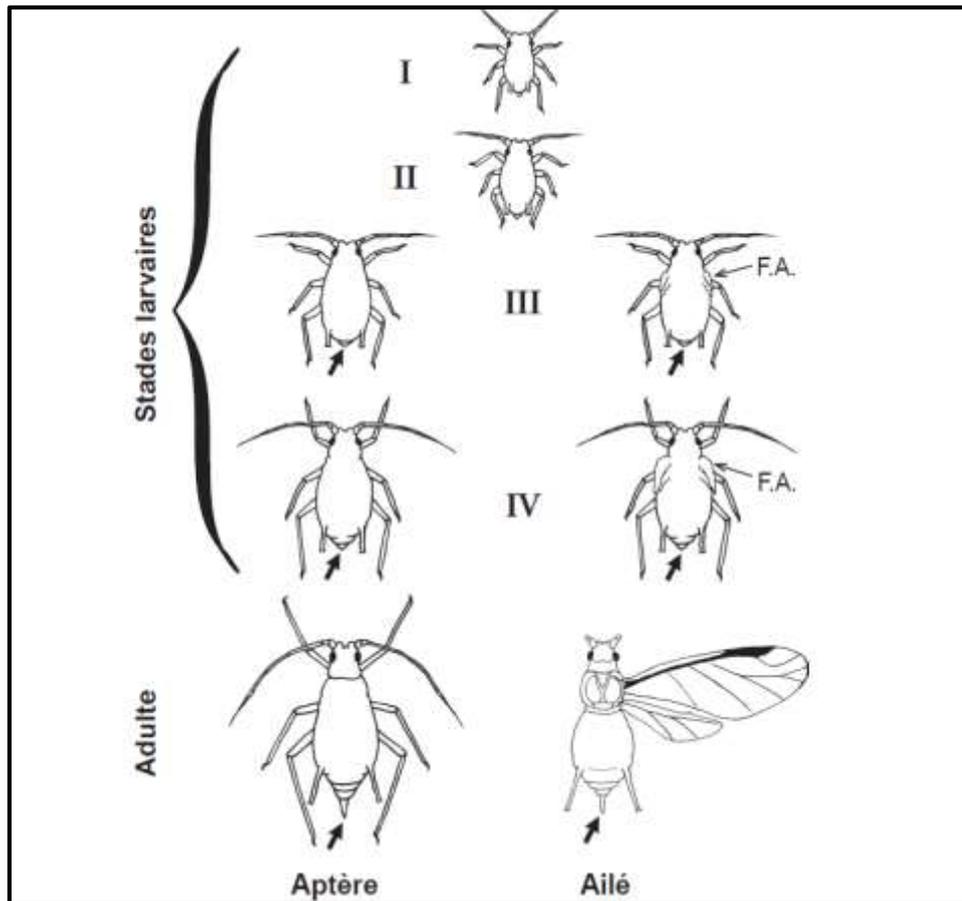


Figure 11. Stades de développement d'un puceron (Gaudin & Boivin, 2002).

II.4. Biologie générale et écologie

II.4.1. Reproduction sexuée et asexuée

Les pucerons présentent une grande capacité d'adaptation de leur mode de reproduction. Ils peuvent passer d'une reproduction par parthénogenèse au printemps et en été, à une reproduction sexuée en automne, donnant naissance à un œuf capable de résister au froid de l'hiver (Hales et al., 2002).

Les pucerons possèdent tous la capacité de se reproduire par parthénogenèse de type apomictique (la division de maturation est équatoriale sans réduction chromosomique, puis le développement de l'embryon se fait uniquement par succession de mitoses). Les femelles vivipares portent en elles des embryons se développant donc en absence de fécondation, qui portent déjà en eux des embryons qui eux mêmes engendreront une nouvelle génération de femelles vivipares (Blackman, 1978).

La reproduction asexuée est particulièrement efficace : une seule femelle vivipare peut produire une centaine de larves au cours de sa vie. La croissance des colonies en phase de

reproduction asexuée est donc exponentielle et leurs permettent d'occuper rapidement de nouvelles niches écologiques en cas de modifications environnementales.

II.4.2. Cycle biologique

Le cycle évolutif des pucerons est dit hétérogonique c'est-à-dire caractérisé par l'alternance d'une génération sexuée et d'une ou plusieurs générations parthénogénétiques (asexuées) (Christelle, 2007), avec une reproduction asexuée largement dominante sur la reproduction sexuée (Grassé, 1951).

Un cycle complet, ou holocycle, comporte une génération sexuée et plusieurs générations asexuées par an. Dans ce cas, l'œuf fécondé est pondu à l'automne, il est en diapause et constitue pour l'espèce une forme de survie durant les conditions climatiques défavorables de l'hiver. L'éclosion de l'œuf se produit généralement en même temps que le débourrement des bourgeons. La femelle parthénogénétique qui en est issue est appelée fondatrice. Elle est presque toujours aptère (Leclant, 1978).

Au cours du printemps, la fondatrice engendre une ou plusieurs générations de femelles parthénogénétiques, appelées fondatrigènes, qui se développent sur la même plante qu'elle, engendrant à leurs tour plusieurs générations qui sont essentiellement composées d'aptères au début. La proportion d'ailés croissants au fil du temps dépend des conditions climatiques qui influencent les qualités nutritives de la plante hôte. Les fondatrigènes ailées quittent la plante d'hiver pour en coloniser de nouvelles.

Certaines espèces de pucerons, dites monœciques, accomplissent tout leur cycle de développement sur un seul type de plante. Les plantes colonisées au printemps sont donc les mêmes ou d'espèces très proches de celles d'hiver (Fig. 12). D'autres espèces, dites diœciques ou hétéroœciques (environ 10 % des espèces) alternent entre deux types de plantes très différentes (hôte primaire ligneux, hôte secondaire herbacé). La plante sur laquelle a lieu la reproduction sexuée est qualifiée d'hôte primaire et les plantes sur lesquelles les pucerons migrent au cours de la belle saison d'hôtes secondaires. Au printemps, la migration est assurée par des fondatrigènes ailées (exules) qui donnent naissance sur les hôtes secondaires à de nouvelles générations parthénogénétiques aptères et ailées appelées virginogènes.

A l'automne apparaissent des femelles parthénogénétiques appelées sexupares qui donneront naissance à des mâles (sexupares andropares) et des femelles ovipares (sexupares gynopares) ou aux deux (sexupares amphotères). Après accouplement la femelle pond des œufs. Chez les espèces diœciques, la migration de retour vers les hôtes primaires est assurée soit par les sexupares ailées (holocycle diœcique de type 1) ou par des gynopares et des mâles ailés

(holocycle diœcique de type 2). La rencontre des mâles et des femelles ovipares se fait sur l'hôte primaire. Une fois fécondées, ces dernières pondent leurs œufs sur les parties lignifiées de leurs plantes-hôtes (Grassé, 1951 ; Leclant, 1978) (Fig. 12).

La perte de la phase sexuée est apparue dans presque toutes les sous-familles de pucerons. Dans ce cas, les espèces se reproduisent toute l'année uniquement par parthénogénèse. On parle alors d'anholocyclie. L'anholocyclie existe aussi bien chez les espèces monoœciques que diœciques. Elle est favorisée par la douceur de l'hiver. Les pucerons tropicaux sont par exemple presque tous anholocycles mais aussi la plupart des pucerons ravageurs des milieux tempérés (Dedryver & Gellé, 1982 ; Leclant, 1987 ; Hulle et al., 1998).

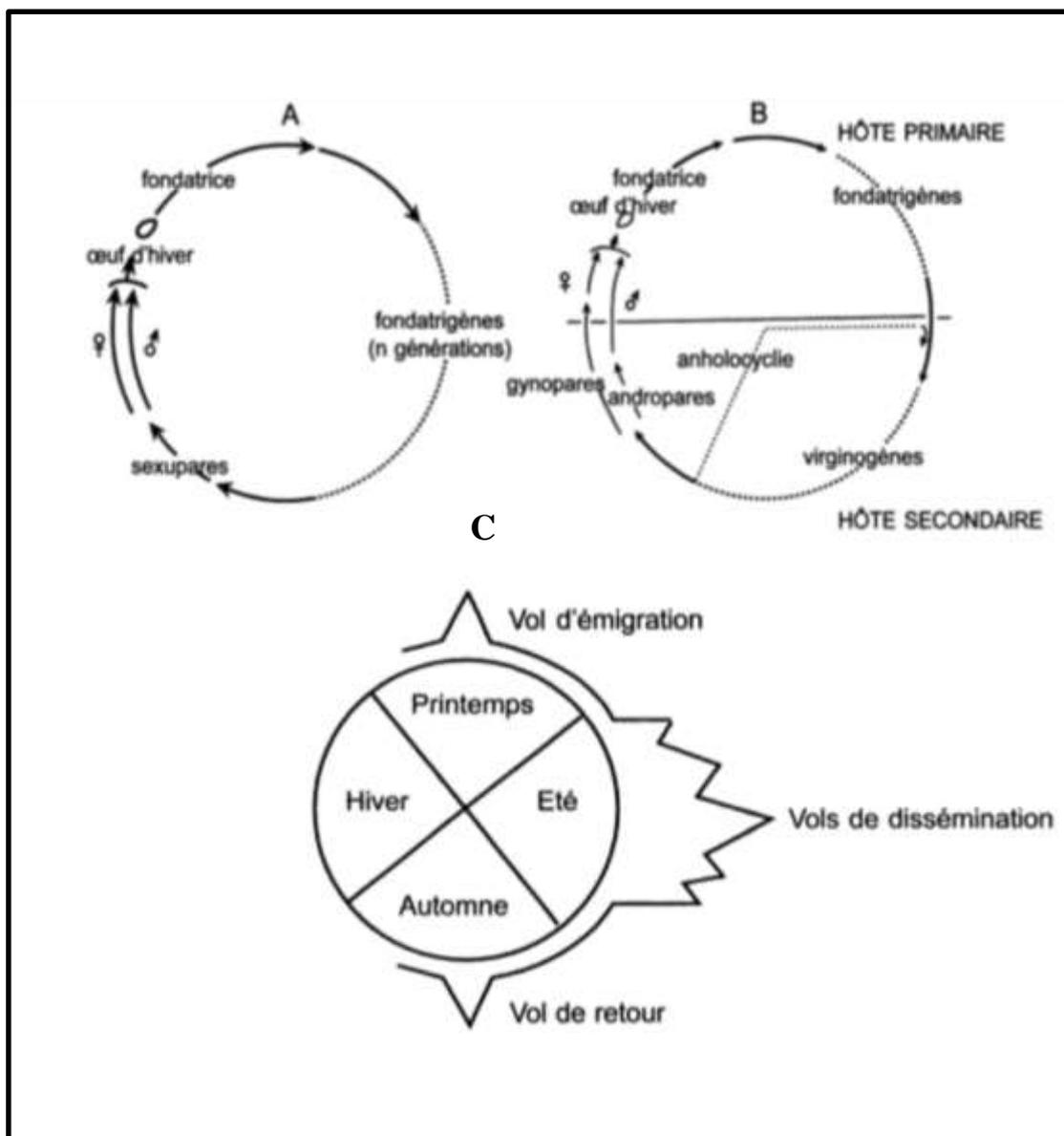


Figure 12. Cycle évolutif et types de vol des pucerons. (A) monoœcique, (B) hétéroœcique (Leclant, 1978), (C) types de vol (Rabasse, 1974, *In* Leclant, 1978).

II.4.3. Nutrition

Les pucerons sont tous des phloemophages, ils se nourrissent de la sève élaborée des plantes (Mattson, 1980 ; Sandström et al., 2000). Le régime alimentaire varie selon les espèces de pucerons. La majorité des espèces sont monophages (elles n'exploitent qu'un seul genre ou une seule famille végétale), le reste se partage entre les espèces oligophages (ils se nourrissent d'un petit nombre de plantes appartenant à une famille unique ou deux familles très proches) et polyphages (ils possèdent la capacité de se développer aux dépens de diverses espèces végétales appartenant à plusieurs familles non apparentées sur le plan taxonomique) (Blackman & Eastop, 2000).

Les pucerons insèrent leur stylet entre les cellules et celui-ci pénètre dans les canaux du phloème pour atteindre la nourriture (Douglas, 2003). Lors de la phase de pique, ils injectent plusieurs types de salive jouant un rôle fondamental dans l'acceptation par la plante (Miles, 1999). Une salive gélifiante est sécrétée en premier lieu et au long de l'opération de pénétration, qui forme une sorte de gaine et isole les stylets des tissus de la plante. En deuxième lieu une salive liquide est élaborée afin d'inhiber les processus de défense de la plante et participe même à l'ingestion de phloème (Cherqui & Tjallingii, 2000 ; Tjallingii, 2006).

Dans certains cas, la salive des pucerons peut altérer le développement des plantes, ce qui induira à des excroissances anormales appelées **galles**. Ces dernières offrent aux insectes un endroit protégé pour se nourrir et se reproduire (Giordanengo et al., 2007).

IV. Galles

Différents organismes ont la capacité d'induire des galles chez les plantes, bien que les galles induites par les insectes soient les plus spécialisées et les plus diverses. Certaines hypothèses ont été proposées pour expliquer le mécanisme d'induction des galles végétales par les insectes. L'hypothèse la plus générale suggère que la formation de galles est déclenchée par l'action de substances chimiques sécrétées par l'inducteur de galles, y compris les régulateurs de croissance des plantes tels que les auxines, les cytokinines, l'acide indole-3-acétique et d'autres types de composés (Gätjens-Boniche, 2019).

Près de 5000 espèces de pucerons existent dans le monde et seulement 10% d'entre elles sont capables de former des galles dont la morphologie est assez caractéristique et diversifiée. La plupart des pucerons à galles appartiennent aux deux sous familles Erisomatinae et Hormaphidinae de la famille des Aphididae (Wool, 2005).

III.1. Galles du pistachier

Les espèces du genre *Pistacia* (Anacardiaceae) sont les hôtes obligatoires pour un groupe spécifique d'aphides à galles (Homoptera : Fordinae) (Wool, 2004). Selon Blackman & Eastop (2018) (Tableau 02), 45 espèces de pucerons à galles peuvent se développer sur le genre *Pistacia*.

Chez *P. atlantica* un ensemble de 16 espèces appartenant à 11 genres peuvent engendrer des galles (Blackman & Eastop, 2018), d'après Martinez (2008) les espèces les plus communes sont celles de *Slavum wertheimae* [H.R.L.], *Smynthuodes betae* West, *Forda riccobonii* [Stefani] et *Geoica* sp. Alors que seulement 05 genres s'attaquent à *P. terebinthus* (Blackman & Eastop, 2018).

Les galles qui se forment diffèrent par la taille, la forme et la phénologie, (Koach & Wool, 1977). Selon Leclant (2000) et Inbar et al. (2004), les pucerons gallicoles sont capables de déterminer cinq types de galles sur le pistachier (Fig. 13) :

III.1.1. Galle en forme de banane

Une très grande galle, déterminée par *Baizongia pistaciae*, qui peut atteindre 35cm de longueur et qui se forme généralement sur le bourgeon terminale des nouvelles pousses de *P. terebinthus* et *P. palaestina*.

III.1.2. Galle en forme de sac

Elle se développe sur la face supérieure de la foliole en occupant toute sa surface. Ce type de galles est formé par les deux genres *Aploneura* et *Asiphonella*.

III.1.3. Galle en forme Globuleuse

Ce sont des galles en bourse arrondie (~ 4cm³) situées à la face inférieure de la nervure médiane des folioles. Elles sont formées par le genre *Geoica* et *Rectinasus*.

Tableau 02. Espèces de pucerons qui s'attaquent au genre *Pistacia* (Blackman & Eastop, 2018).

Espèces de pucerons	Plantes hôtes													
	PAE	PA	PC	PI	PK	PL	PME	PM	PP	PS	PT	PTX	PV	PW
1. <i>Aloephagus myersi</i>														
2. <i>Aphis gossypii</i>														
3. <i>Aploneura lentisci</i>														
4. <i>Baizongia pistaciae</i>														
5. <i>Forda formicaria</i>														
6. <i>Forda hirsuta</i>														
7. <i>Forda marginata</i> ,														
8. <i>Forda riccobonii</i>														
9. <i>Geoica harpazi</i>														
10. <i>Geoica mimeuri</i>														
11. <i>Geoica rungsi</i>														
12. <i>Inbaria swirskii</i>														
13. <i>Slavum lentiscoides</i>														
14. <i>Slavum wertheimae</i>														
15. <i>Smynturodes betae</i>														
16. <i>Tramafora koachi</i>														
17. <i>Tramafora wooli</i>														
18. <i>Asiphoniella dactylonii</i>														
19. <i>Chaetogeioica foliudentata</i>														
20. <i>Chaetogeioica ovagalla</i>														
21. <i>Chaetogeioica sensucopia</i>														
22. <i>Chaetogeioica yunlongensis</i>														
23. <i>Forda sichangensis</i>														
24. <i>Geoica lucifuga</i>														
25. <i>Geoica utricularia</i>														
26. <i>Stomaphis pistacicola</i>														
27. <i>Asiphoniella cynodonti</i>														
28. <i>Geoica kaussarii</i>														
29. <i>Geoica lucifuga</i>														
30. <i>Geoica setulosa</i>														
31. <i>Paracletus cimiciformis</i>														
32. <i>Rectinaphis buxtoni</i>														
33. <i>Aploneura lentisci</i>														
34. <i>Geopemphigus blackmani</i>														
35. <i>Geoica muticae</i>														
36. <i>Slavum esfandiarii</i>														
37. <i>Macrosiphum euphorbiae</i>														
38. <i>Myzus persicae</i>														
39. <i>Slavum mordvilkoii</i>														
40. <i>Smynturodes betae</i>														
41. <i>Geoica wertheimae</i>														
42. <i>Paracletus donisthorpei</i>														
43. <i>Brachyunguis nevskii</i>														
44. <i>Macrosiphum euphorbiae</i>														
45. <i>Chaetogeioica foliudentata</i>														

P. aethiopica : PAE ; *P. atlantica* : PA ; *P. chinensis* : PC ; *P. integerrima* : PI ; *P. khinjuk* : PK ; *P. lentiscus* : PL ; *P. mexicana* : PM ; *P. palaestina* : PP ; *P. sinensis* : PS ; *P. terebinthus* PT ; *P. texana* = *P. mexicana* : PTX ; *P. vera* : PV ; *P. weinmanniifolia* : PW.

III.1.4. Galle marginale

Ce sont des galles marginales (~ 20mm de longueur) situées sur la marge de la face adaxiale de la foliole. Les ouvertures de ces galles sont près de la nervure médiane. Ce type de galles est formé par le genre *Fordini* spp., *Forda*, *Paracletus* et *Smynthuodes*.

III.1.5. Galle en forme de pois

C'est une pseudogalle en forme de lentille (~ 5 mm long), située sur la nervure médiane de la foliole. Elle se forme en printemps par la fondatrice des deux genres *Forda* et *Smynthuodes*.

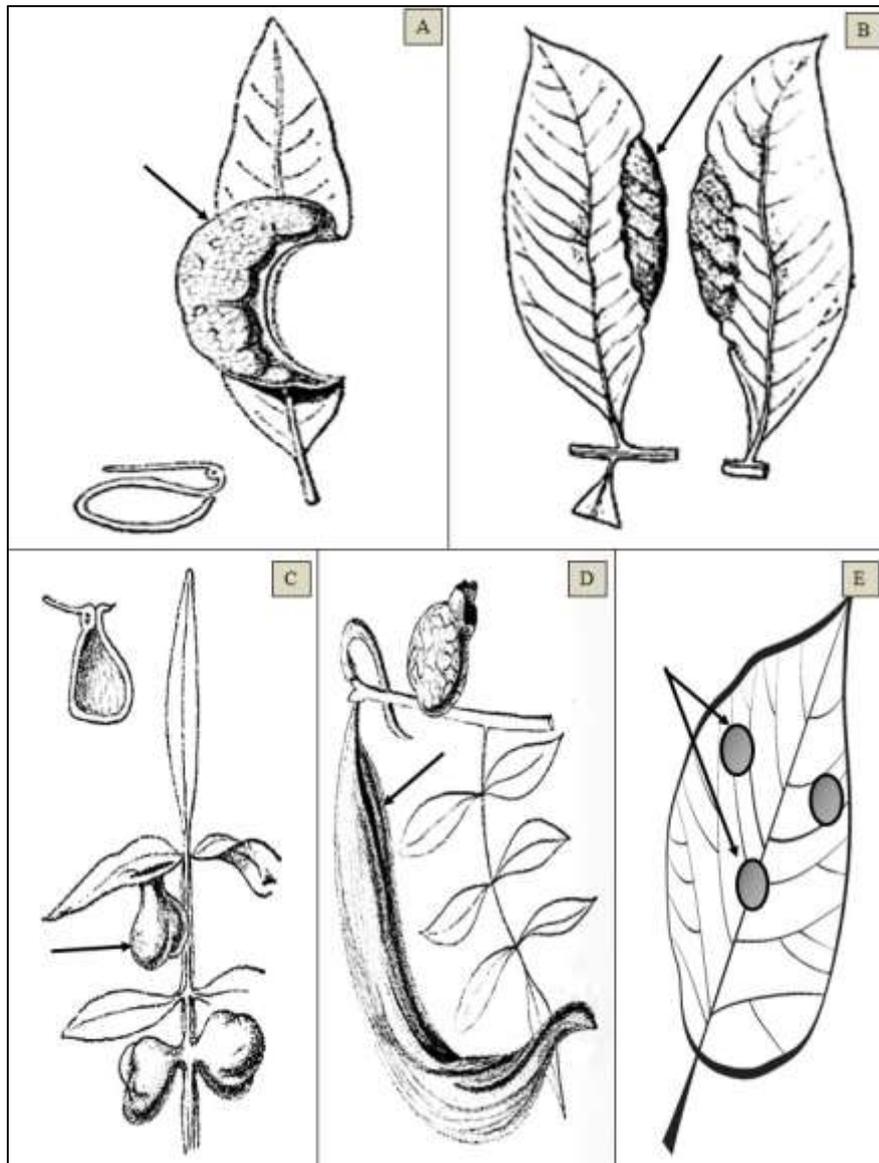


Figure 13. Différents types de galles chez le genre *Pistacia*. (A et B Galle marginale A : en forme de croissant : B : Galle aplatie) C : Galle globuleuse D : Galle en forme de banane. E : galle en forme de pois (d'après Inbar 2004, modifié).

III.2. Dégâts

Au niveau économique, les pucerons sont considérés parmi les espèces les plus redoutables occasionnant de grandes pertes aux cultures et aux essences ligneuses (Blackman & Eastop, 2006). Aux Etats-Unis, les pertes annuelles attribuables au puceron russe du blé, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) ont été estimées à 200 millions de dollars (Tatchell, 1989). Par contre en milieu forestier très peu d'espèces de pucerons atteignant le statut d'un ravageur (Blackman & Eastop, 1994). Les dommages en milieu forestier résultent essentiellement des facteurs liés à l'environnement biotique et abiotique de l'insecte, ainsi que la résistance de l'arbre (Boyd et al., 2002).

La nature et l'étendue des dégâts causés par l'infestation de pucerons varient largement en fonction des espèces de pucerons et du type de plantes et ont pour origine le mode de nutrition des pucerons :

- L'abondance des populations de pucerons peut mener à une réduction de la croissance et de la capacité de production de nouvelles pousses qui peut arriver à la mort en cas de forte colonisation à cause de l'épuisement des ressources nutritionnelles de la plante (Hullé et al., 2020). Dixon (1971) a remarqué que les érables non infestés par *Drepanosiphum platanoïdes* pouvaient avoir une production de bois trois fois supérieure à celles des érables infestés ;
- Les sécrétions salivaires de certains pucerons provoquent l'enroulement des feuilles ou la formation des galles (Forrest, 1987) ;
- Les pucerons émettent leurs produits non assimilés ou en excès sous forme de miellat. En forte abondance le miellat peut provoquer l'installation des champignons qui forment une sorte de suie noire (fumagine) qui empêche la pénétration de la lumière et la photosynthèse sur les feuilles et rend même les fruits impropres à la commercialisation (Smith & Tedders 1980 ; Wood et al., 1988) ;
- Certains pucerons peuvent transmettre des virus, soit par simple enfoncement des stylets ou par les sécrétions salivaires (Sylvester, 1988 ; 1989). L'infection virale se manifeste souvent par un métabolisme et un phénotype modifié chez les plantes (Sauvion, 2004).

CHAPITRE II

Etude du milieu physique

Chapitre II : Etude du milieu physique

I. Description des stations d'étude

Le travail de recherche a concerné cinq sites d'étude dont quatre au niveau de la wilaya de Djelfa et un seul à la wilaya de Médéa (Figs 14 et 15).

Les sites de Djelfa sont : Ain Oussara (AO), Messaad (M), Senalba (S) et Goultaya (G), concernant le site de Médéa, celui-ci se trouve dans la commune de Sidi Naamane (MD).

Le choix des sites d'étude repose principalement sur un certain nombre de critères dont les plus importants sont l'accessibilité aux stations, la présence d'arbres infectés ou porteurs de galles, la présence d'un nombre suffisant d'individus pour que l'échantillonnage soit statistiquement représentatif.

I.1. Sites d'étude de Djelfa

La wilaya de Djelfa est située dans la partie centrale de l'Algérie du nord au-delà des piémonts sud de l'Atlas Tellien. Le chef-lieu de la wilaya est à 300 Kilomètres au sud de la capitale, Alger. Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude et entre 33° et 35° de latitude nord. Elle possède un relief riche et varié constitué de quatre zones non homogènes, du nord vers le sud (C.F.D., 2017) :

- Zone plaine du nord, appelée aussi "Plaine de Ain Oussara" comprise entre 650m et 850m d'altitude ;
- Zone des dépressions des chotts, appelée aussi "la dépression des Sebkhass" se situe à des altitudes allant de 750m à 850m ;
- Zone de la dépression des monts de Ouled Naïl, elle est formée de petites plaines dont l'altitude varie entre 900m et 1600m, sa partie haute est représentée par la chaîne montagneuse des Oued Naïl qui forme les principaux monts de la wilaya qui sont le "Djebel Senalba", le Djebel "Azreg" et le Djebel "Zerga" dont l'altitude est comprise entre 1200m et 1600m ;
- Zone du plateau pré-désertique, appelée aussi "Plateau Saharien" dans la partie sud de la wilaya. Elle plonge dans la dépression formée par l'Oued Djeddi considéré comme la limite naturelle du Sahara.

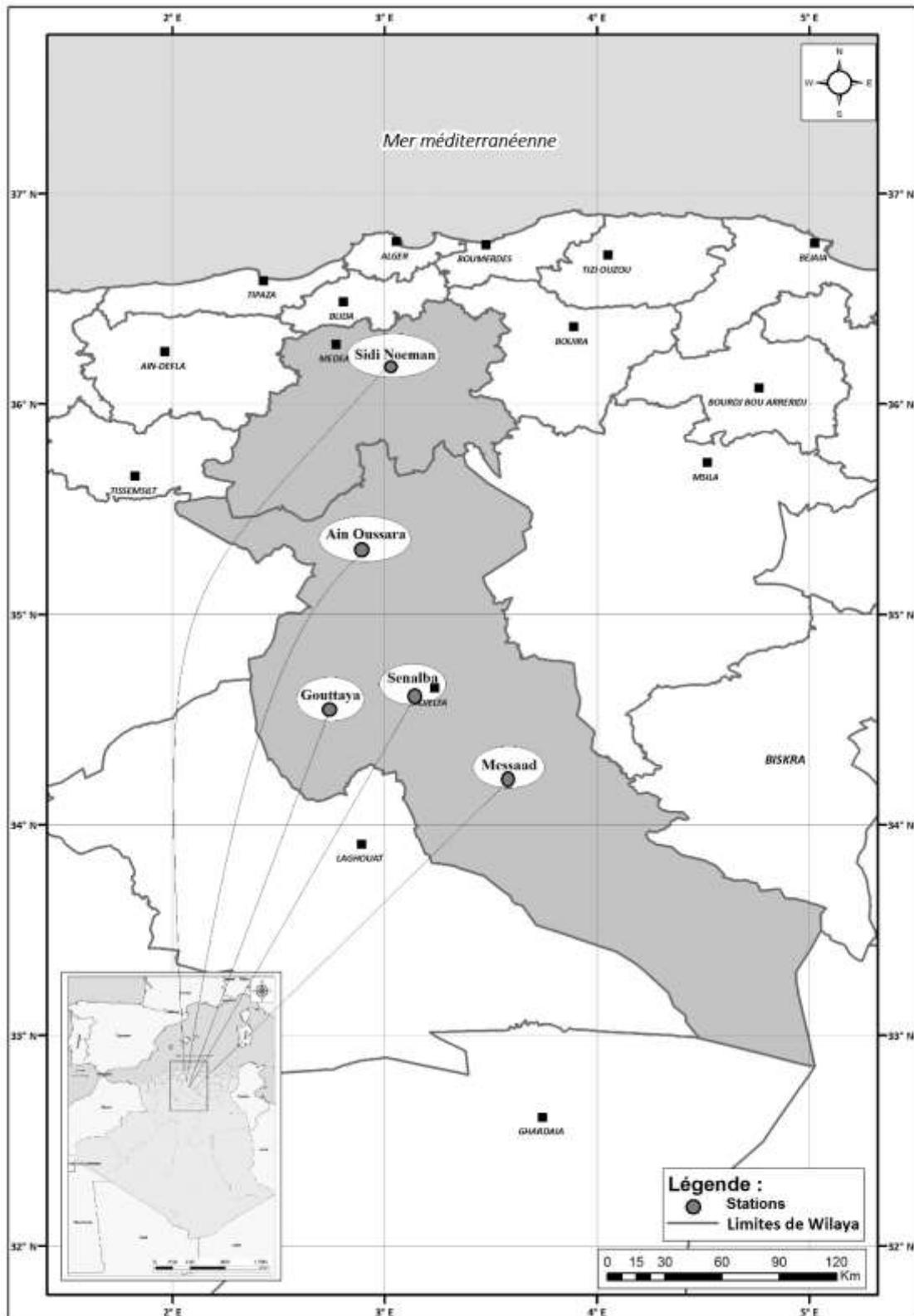


Figure 14. Carte de localisation géographique des sites d'étude (Originale).

La région se caractérise par un climat de type semi-aride à aride, avec des précipitations sporadiques et des températures très contrastées (Le Houerou et al., 1977), elles sont basses en hiver et élevées en été. L'enneigement est de 4 à 13 jours par an. Les gelées sont fréquentes et tardives, dont la durée peut varier de 40 à 60 jours par an, alors que les vents sont fréquents et violents (Nedjimi & Guit, 2012).

Les sols de la région se caractérisent par une faible teneur en matière organique et une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation (Djebaili et al., 1983 in Nedjraoui, 2004).

La wilaya de Djelfa possède un considérable patrimoine forestier par rapport à d'autres wilayas steppiques. Il constitue un rempart contre l'avancée du désert et contribue dans l'équilibre écologique de la région, l'essence prédominante est le pin d'Alep avec un total estimé à 215.182ha. La richesse forestière de cette région est constituée par 152.753 ha de forêts naturelles (Tableau 03), 62429 ha de reboisements et 350.000 ha de nappes alfatières (C.F.D., 2017).

Tableau 03. Surfaces des forêts naturelles de la région de Djelfa (C.F.D., 2017).

Forêt	Superficie en ha
Sénalba Gharbi	42 339
Sénalba Chergui	19 833
Sahary Guebli	31 800
Massif Sahary Dahri	29 151
Djellal	7 374
Chouach	3 846
Boudhier Takouka	3 407
Massif de Boukhill	15 000
Total	152 753

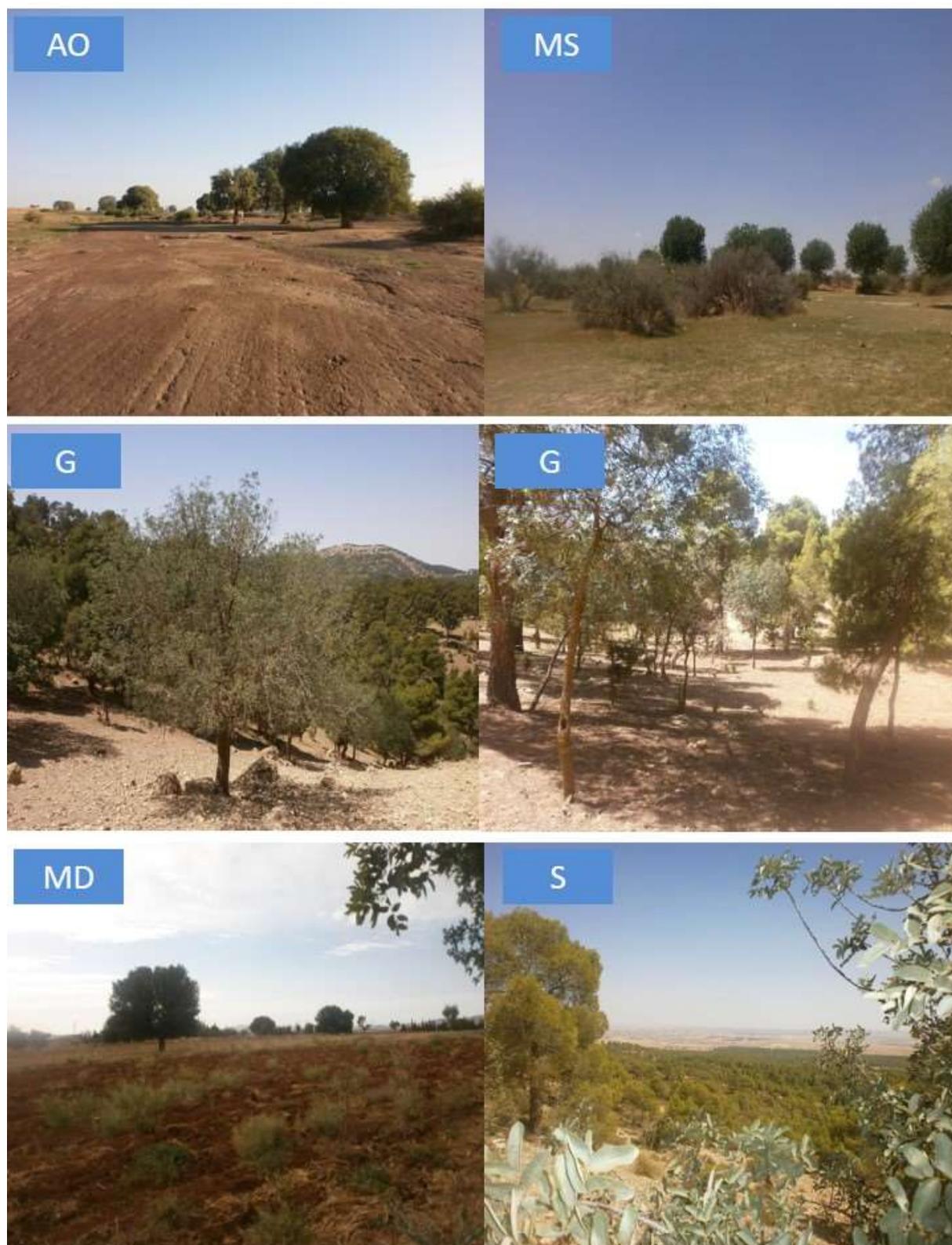


Figure 15. Aspect général des Sites d'étude. (AO : Dayat Boucedraya, M : Dayat Chaala, G : Gouttaya, MD : Sidi Naamane, S : Senalba) (Originale, 2018).

I.1.1. Site d'étude de Ain Oussara (AO) (Dayat Boucedraya)

La commune de Ain Oussara est située au nord de la wilaya de Djelfa, entre les chaînes de l'Atlas tellien les plus méridionales et ceux de l'Atlas saharien les plus septentrionales. L'échantillonnage a été réalisé au lieu dit Dayat Boucedraya.

Les Dayas, correspondent à des dépressions fermées, grossièrement circulaires et plus ou moins vastes, au sein desquelles se déversent et se concentrent les eaux de ruissellement et se maintiennent pour longtemps grâce aux limons argileux peu perméables qui tapissent le fond des dépressions. Les eaux des dayas sont des eaux douces ce qui est favorable à une végétation herbacée et arborescente, offrant à ces milieux une verdure rafraichissante vers laquelle s'orientent aussi bien l'homme que l'animal pour s'abriter du soleil sous la grande ombre du pistachier de l'Atlas, donnant ainsi une importance socio-économique aux régions steppiques (Agabi, 1995).

Dayat Boucedraya est situé à 10 Km environ, au Sud du chef-lieu de la commune. Ses coordonnées géographiques sont de 35° 21' latitude nord et 2° 57' longitude est, elle se trouve à une altitude de 735m. Son relief est globalement plat. Selon une étude menée dans la même daya, le sol est d'une texture limoneuse fine avec un pH basique (8,3). Le taux de la matière organique et de calcaire sont de 0,2% et 7,8% respectivement (Bouabdeli et al., 2018).

I.1.2. Site d'étude de Messaad (M) (Dayat chaala)

La commune de Messaad appartient à la steppe sud-algéroise dont l'extension est limitée au nord par les chaînes telliennes et au sud par les vastes espaces sahariens. Elle est située à 70 km au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Djelfa, et à une altitude moyenne de 800 m, elle est localisée à 30° 10' de latitude nord et 3° 30' de longitude est. On y distingue deux ensembles géomorphologiques (Pouget, 1980) :

- une région montagneuse d'une superficie relativement faible formée par l'ensemble de Djebel Boukhil à l'extrême nord-est (1300m d'altitude), et de petites chaînes montagneuses ;
- une région plus ou moins plaine représentée par les plateaux, les glacis et les plaines dont l'altitude est de 700m en moyenne.

Les formes géomorphologiques sont sillonnées par plusieurs vallées dont des dépressions "Daya ". La plus grande partie de la région est occupée par des sols calcimagnésiques. Le couvert végétal est de type steppique et présaharien, marqué par des espèces végétales à taille réduite, résistantes aux conditions difficiles (Pouget, 1980).

Notre site d'échantillonnage (Dayat chaala (M)) est situé à 16 Km, à l'ouest de la ville de Messaad, d'une altitude de 826 m, une latitude nord de 34°16' et une longitude est de 3°34'. Selon Bouabdeli et al. (2018), le sol de cette Daya est d'une texture limoneuse fine avec un pH basique (8,3). Les taux de calcaire et de matière organique sont de 10,1% et 2,2%, respectivement.

I.1.3. Sites d'étude de la forêt de Senalba (S et G)

La forêt de Senalba fait partie du patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa, elle s'étend sur une superficie de 62170 ha (C.F.D., 2017), constitué essentiellement par le pin d'Alep. Les sols de la forêt sont peu évolués et de très faible profondeur (Halitim, 1988). Ils sont formés soit sur des roches dures (grès et calcaires) dans le cas des reliefs montagneux, soit sur des roches tendres (sables) rencontrés sur une grande partie des plateaux. Le massif de Senalba joue un rôle primordial dans la protection contre la désertification (Mouissa et al., 2018). Il se répartie sur deux zones:

- le Senalba Chergui : Il se situe à 6km au nord-ouest de la ville de Djelfa d'une superficie totale de 22 853 ha, il occupe les collines montagneuses centrales de l'Atlas Saharien (monts d'Ouled Nail) et il est limité au nord par la dépression de Zoubia avec des altitudes oscillant entre 960m et 1100m, à l'est, par la route nationale N°1 reliant Alger aux villes du Sahara, au sud, par la route N°164 reliant Djelfa à Charef et à l'ouest, par un large couloir de terre dénudée entaillée par les affluents du Oued Zoubia (C.F.D., 2015).

Le pin d'Alep occupe 60% de la superficie de la forêt. Les associations des principales essences végétales coexistant avec ce dernier sont : le chêne vert, le genévrier oxycèdre, le genévrier rouge, le romarin et la steppe à Alfa en bordure. Le sol appartient pour une grande part à la classe des sols calcimagnésiques (Kadik, 2005) d'une texture limono-sableuse et se caractérise par un pH basique (8), un taux de calcaire et de matière organique de 9,2% et 4,8%, respectivement (Bouabdeli et al., 2018). Notre site d'étude (S) se situe à l'intérieur de cette forêt à une altitude de 1363m, une latitude nord de 34°39' et une longitude est de 3°10'.

- le Senalba Gharbi : il occupe la partie sud-ouest de la ville de Djelfa, bénéficie de meilleures conditions topographiques. La strate arborée est plus dense avec des arbres atteignant 10 à 12m de haut. La strate herbacée est pratiquement absente. Les types de sol les plus répandus sont les sols brun-calcaires et les rendzines (Kadik 1986, 2005). Cette forêt est divisée en 22 cantons, notre site d'étude se situe dans le canton Gouttaya (G) qui se trouve à

3Km au sud-est de la commune de Charef et s'étend sur une superficie de 2770 ha. Ces coordonnées géographiques sont 34°33' latitude nord et 2°48' longitude est et son altitude est de 1320m. Il est limité au nord par la route reliant Charef à Djelfa au sud par la dépression du Oued M'Sillia à l'est par la route communale reliant Benyaagoub à Charef à l'ouest par une tranchée par feu. Le sol de ce site est d'une texture limoneuse et un pH basique (8) et se caractérise par un taux de calcaire et de matière organique de 12% et 7,9%, respectivement (Bouabdeli et al., 2018).

I.1.4. Site d'étude de Médéa (MD)

La wilaya de Médéa, d'une superficie de 8866 km² (C.F.M., 2015), est située dans le centre de l'Algérie au cœur de l'Atlas Tellien. Son chef-lieu se situe à 88 km de la capitale Alger. Cette région forme un point de liaison et d'union entre le Tell et le Sahara et entre les hauts plateaux de l'est et ceux de l'ouest. Son altitude oscille entre 600 à 1300 m avec un climat sub-humide à hiver tempéré. Elle dispose d'une superficie forestière importante estimée à 161320 hectares, formée principalement par le pin d'Alep, le chêne liège et le chêne vert. Ainsi que différentes variétés de plantes et d'arbustes aux vertus médicinales (C.F.M., 2015). La wilaya se compose principalement de trois zones :

- la zone montagneuse : composée d'une chaîne de montagnes continue qui limite la partie ouest et nord de la wilaya. Elle se distingue par un faible taux de densité démographique et par une large couverture forestière, ce qui fait d'elle une zone d'élevage par excellence ;
- 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 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.

Notre site d'échantillonnage de Sidi Naamane (MD) se trouve à 10 km au sud-est d'El Omaria (la plus grande ville des environs) à une altitude de 657m, localisé à 36°12' latitude nord et 3°05' longitude est. Selon Bouabedelli et al. (2018), le sol est d'une texture limono-argileuse et se caractérise par un pH basique (7,6) et un taux de matière organique et de calcaire de 3,5% et 1,1%, respectivement.

I.2. Facteurs climatiques

Par absence de stations météorologiques dans les sites d'échantillonnage nous avons procédé à l'extrapolation des données climatiques fournies par l'Office National de Météorologie (ONM, Alger et Djelfa) des stations les plus proches : la station de Médéa pour le site MD et la station de Djelfa pour les sites de AO, M, G et S. Les données climatiques fournies correspondent à une période de 24 ans, allant de 1992 à 2016.

Ainsi, afin de corriger les données thermiques nous avons utilisé le gradient thermique proposé par Seltzer (1946) qui préconise une baisse de $0,4^{\circ}\text{C}$, pour la température moyenne minimale (m) et $0,7^{\circ}\text{C}$ pour la température moyenne maximale (M), par 100m d'élévation altitudinale.

Pour les mêmes raisons évoquées précédemment, une correction du paramètre précipitation a été effectuée en adoptant le gradient pluviométrique de Djebaili (1984) pour la steppe sud Algéroise qui est de 20 mm/100 m.

I.2.1. Températures

La température joue un facteur limitant dans la répartition et la survie des communautés des êtres vivants, car l'intervalle de la tolérance de la plupart des espèces est assez étroit (Battinger, 2004).

Durant la période allant de 1992 à 2016 et pour l'ensemble des sites d'étude, le mois de janvier a été le mois le plus froid et le mois de juillet le plus chaud (Tableau 04). La valeur la plus basse des minimas (m) a été enregistrée au niveau de la station de G ($-0,09^{\circ}\text{C}$) suivie de S ($-0,26^{\circ}\text{C}$) puis, de M ($1,86^{\circ}\text{C}$), AO ($2,23^{\circ}\text{C}$) et MD ($5,49^{\circ}\text{C}$). La valeur la plus élevée des maximas (M) a été notée au niveau de la station de AO ($37,31^{\circ}\text{C}$), suivie de M ($36,68^{\circ}\text{C}$), MD ($34,11^{\circ}\text{C}$), G ($33,23^{\circ}\text{C}$) et S ($32,13^{\circ}\text{C}$).

Tableau 04. Températures minimales et maximales corrigées des sites d'étude pour la période (1992-2016).

Sites d'étude	Température (°C)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Gouttaya	M	8,97	9,63	13,7	16,81	22,69	28,70	33,23	32,42	25,96	20,76	13,38	9,52
(G)	m	-0,09	1,03	2,81	5,72	10,12	14,96	18,50	17,93	13,84	9,42	4,2	1,13
Ain Oussara	M	13,05	13,71	17,78	20,89	26,77	32,78	37,31	36,5	30,04	24,84	17,46	13,60
(AO)	m	2,23	3,36	5,14	8,05	12,45	17,29	20,83	20,26	16,17	11,75	6,53	3,46
Messaad	M	12,42	13,08	17,15	20,26	26,14	32,15	36,68	35,87	29,41	24,21	16,83	12,97
(M)	m	1,86	2,99	4,77	7,685	12,08	16,92	20,46	19,89	15,80	11,38	6,16	3,09
Senalba	M	8,68	9,34	13,41	16,52	22,4	28,41	32,94	32,13	25,67	20,47	13,09	9,23
(S)	m	-0,26	0,86	2,64	5,55	9,95	14,79	18,33	17,76	13,67	9,25	4,03	0,96
Sidi Naamane	M	11,91	12,41	16,11	18,91	24,01	29,91	34,31	34,11	28,41	23,51	16,21	12,81
(MD)	m	5,49	5,59	8,09	10,09	14,39	19,09	22,89	22,89	18,19	14,79	9,49	6,69

M : température maximale (°C) ; m : température minimale (°C)

I.2.2. Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale et cruciale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes (Ramade, 1984). Elle a une influence primordiale sur la biologie des espèces végétales et animales. Elle agit sur la vitesse de développement des animaux, leur longévité et leur fécondité (Dajoz, 1971). La première pluie est un facteur déclenchant brutal de vol de certains insectes ainsi que des éclosions potentielles (Gillon & Gillon, 1973).

Les valeurs de la précipitation mensuelle pour les quatre sites de la wilaya de Djelfa ont oscillé entre un minimum de 6,31 mm enregistré à AO et un maximum de 36,51 mm à S. Pour MD les valeurs sont entre 3,29 et 91,58mm. Le mois de septembre est le mois le plus pluvieux pour les quatre sites de Djelfa tandis que pour le site MD, où c'est le mois de janvier qui est le plus pluvieux. Cependant, le mois de juillet était le mois le plus sec pour l'ensemble des stations (Tableau 05).

Tableau 05. Précipitations mensuelles et annuelles des sites d'étude pour la période (1992-2016).

Sites	Précipitation (mm)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Précipitation annuelle
Gouttaya (G)	P	30,52	31,53	29,09	32,20	31,59	18,36	9,83	22,91	35,53	29,03	27,31	28,96	326,91
Ain Oussara (AO)	P	19,6	20,25	18,68	20,68	20,29	11,79	6,31	14,71	22,82	18,64	17,54	18,59	209,94
Messaad (M)	P	21,28	21,98	20,28	22,45	22,03	12,80	6,85	15,97	24,77	20,24	19,04	20,19	227,93
Senalba (S)	P	31,36	32,40	29,89	33,09	32,46	18,87	10,10	23,54	36,51	29,83	28,06	29,75	335,91
Sidi Naamane (MD)	P	91,58	81,25	61,85	62,92	50,46	8,63	3,29	7,29	33,01	47,52	85,79	83,12	616,77

P : précipitation (mm)

I.3. Régime pluviométrique moyen saisonnier

L'étude des régimes pluviométriques moyens saisonniers consiste à classer les saisons par ordre de pluviosité décroissante Musset (1935). L'analyse du Tableau 06 montre que pour tous les sites de la station de Djelfa, le régime saisonnier est du type PAHE (Printemps-Automne-Hiver-Eté) alors que pour la station de Médéa il est de type HPAE (Hiver-Printemps-Automne-Eté).

Tableau 06. Régime pluviométrique moyen saisonnier des sites d'étude.

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Régime
Gouttaya (G)	91,01	92,88	51,1	91,87	PAHE
Ain Oussara (AO)	58,44	59,65	32,81	59	PAHE
Messaad (M)	63,45	64,76	35,62	64,05	PAHE
Senalba (S)	93,51	95,44	52,51	94,4	PAHE
Sidi Naamane (MD)	255,95	175,23	19,21	166,32	HPAE

I.4. Synthèse climatique

D'après Ramade (1984), la combinaison entre l'ensemble des facteurs climatiques constitue l'action exercée par le climat sur les êtres vivants. Dans une synthèse climatique, il est difficile d'intégrer l'ensemble de ces facteurs, on se contente alors de la combinaison entre les facteurs les plus significatifs comme les précipitations et les températures.

Sur le même principe plusieurs indices ont été présentés afin de classer nos sites d'étude et par la suite connaître la répartition des pucerons en fonction de ces derniers.

I.4.1. Indice de De Martonne (1926)

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température, selon l'équation suivante :

$$I = P/(T+10).$$

Avec **P** : précipitation annuelle en mm ;

et **T** : température moyenne annuelle en °C.

D'après les résultats obtenus (Tableau 07), trois types de climat ont été distingués :

- Climat semi-aride pour S et G ;
- Climat aride pour AO et M ;
- Climat subhumide pour MD.

Tableau 07. Types de climat des sites étudiés selon l'indice de De Martonne (1992-2016).

Station	Précipitation annuelle (mm)	Température moyenne annuelle (°C)	Indice d'aridité de De Martonne (I)	Type du climat
Gouttaya (G)	326,91	13,97	13,64	Semi-aride 10 < I < 20
Ain Oussara (AO)	209,94	17,18	7,72	Aride 5 < I < 10
Messaad (M)	227,93	16,68	8,54	Aride 5 < I < 10
Senalba (S)	335,91	13,74	14,15	Semi-aride 10 < I < 20
Sidi Naamane (MD)	616,77	17,51	22,42	semi-humide 20 < I < 30

I.4.2. Indice ombrothermique annuel (I_o) de Rivas-Martinez (2005)

L'indice ombrothermique annuel (I_o) de Rivas-Martinez (2005), permet de définir les ombrotypes nécessaires à la caractérisation des conditions thermo pluviométriques d'une station ou d'un territoire.

$$(I_o = P_p / T_p).$$

Où :

P_p : est la somme en mm des précipitations moyennes des mois dont les températures moyennes du même mois sont supérieures à 0 ;

T_p : est la somme en C° des températures moyennes des mois positives.

Sur les neufs ombroclimats identifiés par Rivas-Martinez (2005) (Tableau 01 en annexe), quatre types caractérisent nos stations d'étude (Tableau 08) :

- Le bioclimat est de type semi-aride inférieur pour Ain Oussara et Messaad et semi-aride supérieur pour Gouttaya ;
- Senalba se distingue par un indice sec inférieur et Sidi Naamane par un indice sec supérieur.

Tableau 08. Valeurs de l'indice ombrothermique de Rivas-Martinez (2005) pour les sites échantillonnés.

Site	Alt (m)	P _p (mm)	T _p (°C)	I _o	Bioclimat
Gouttaya (G)	1320	326,91	167,69	1,94	Semi-aride supérieur
Ain Oussara (AO)	735	209,94	206,15	1,01	Semi-aride inférieur
Messaad (MS)	826	227,93	200,15	1,13	Semi-aride inférieur
Senalba (S)	1362	335,91	164,93	2,93	Sec-inférieur
Sidi Naamane (MD)	657	616,77	210,15	2,03	Sec-supérieur

Alt : altitude (m) ; P_p : somme des précipitations moyennes en mm des mois dont les températures moyennes du même mois sont supérieures à 0 ; T_p : somme en C° des températures moyennes des mois positives ; I_o : indice ombrothermique annuel (I_o) de Rivas-Martinez (2005).

I.4.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Ce diagramme est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P = 2T$. Un mois est considéré comme sec quand $P < 2T$, c'est-à-

dire quand les pertes en eau sont supérieures aux apports. Inversement, quand $P > 2T$, le mois est considéré comme humide.

Le diagramme ombrothermique (Fig.16) montre l'existence d'une période sèche qui couvre neuf mois de l'année pour la station de AO, huit mois pour M et cinq mois pour G et MD.

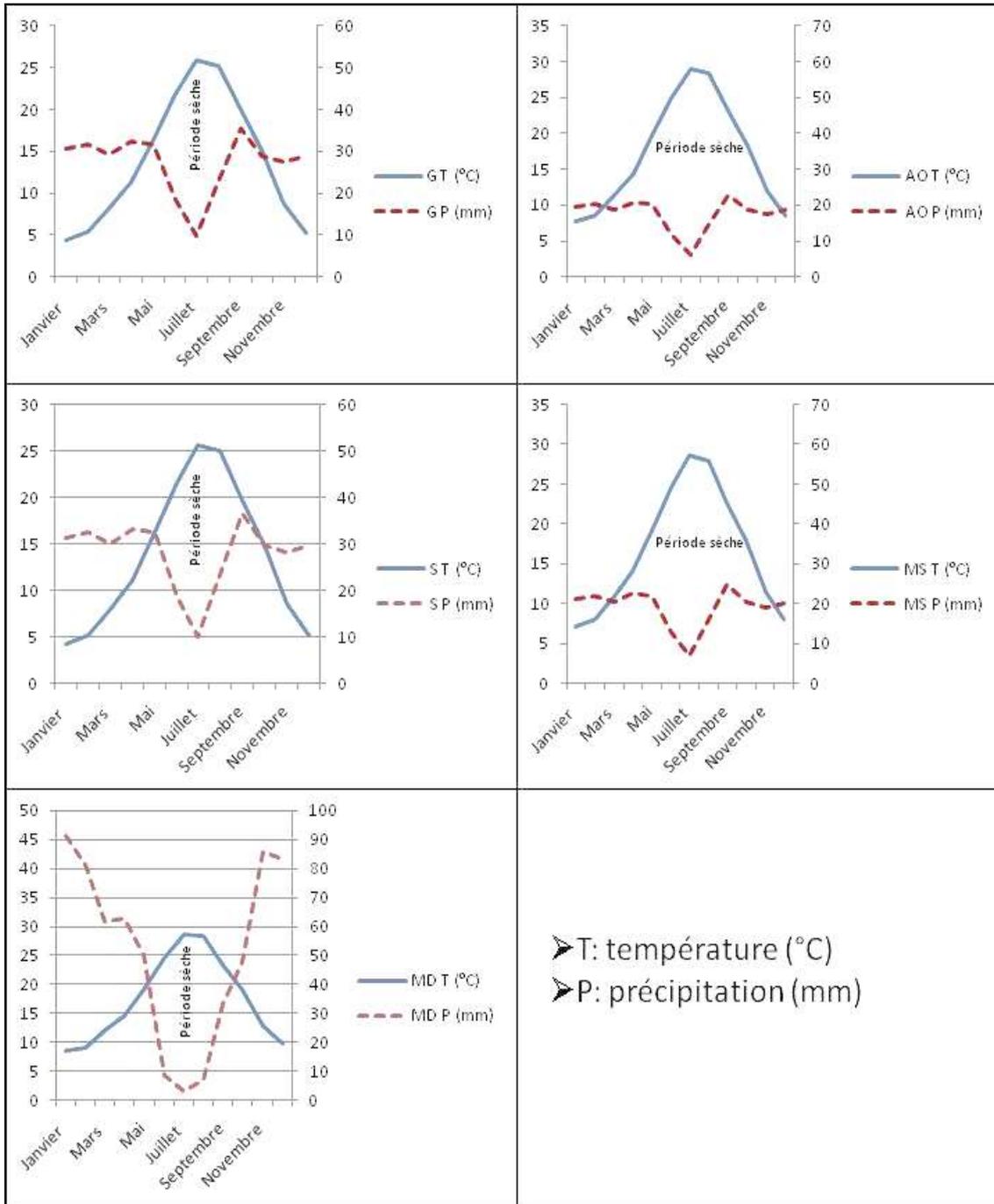


Figure 16. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (période, 1992-2016) des sites d'étude. (G : Gouttaya ; AO : Ain Oussara ; M : Messaad ; S : Senalba ; MD : Sidi Naamane).

I.4.4. Quotient pluviothermique et Climagramme d'Emberger

Pour déterminer les climats de la zone méditerranéenne, Emberger (1955) a proposé la détermination d'un quotient pluviothermique Q_2 , qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minimales du mois le plus froid et maximales du mois le plus chaud par la formule suivante :

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

Où :

Q_2 : Quotient pluviothermique d'Emberger ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle en millimètres ;

M : Température maximale moyenne du mois le plus chaud exprimée en kelvin ;

m : Température minimale moyenne du mois le plus froid exprimée en kelvin ;

$(M-m)$: Amplitude thermique en kelvin.

En Algérie, et pour le reste de l'Afrique du Nord, Stewart (1969) a montré que le quotient pluviothermique d'Emberger, après simplification, où les températures représentées par degrés Celsius peut s'écrire :

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

Où :

Q_3 : Quotient pluviothermique en $mm/^\circ C$;

3.43 : Constante relative à la région : Algérie-Maroc.

Sur le climagramme d'Emberger, on reporte la valeur obtenue du Q_3 en ordonnées et la valeur de (m) en abscisses dans le but de déterminer le bioclimat de la station considérée. Les résultats sont présentés dans le tableau 09 et figure 17.

Tableau 09. Caractéristiques climatiques des sites d'étude.

Station	Espèce échantillonnée	Altitude (m)	Précipitation (mm/an)	m ($^\circ C$)	M ($^\circ C$)	Q_3	Etage bioclimatique
Gouttaya (G)	<i>P. atlantica</i> ; <i>P. terebinthus</i>	1320	326,91	-0,09	33,23	33,64	Semi aride froid
Ain Oussara (AO)	<i>P. atlantica</i>	735	209,94	2,23	37,31	20,52	Arde frais
Messaad (M)	<i>P. atlantica</i>	826	227,93	1,86	36,68	22,45	Arde frais
Senalba (S)	<i>P. terebinthus</i>	1362	335,91	-0,26	32,94	34,70	Semi aride froid
Sidi Naamane (MD)	<i>P. atlantica</i>	657	616,77	5,49	34,31	73,40	Semi aride tempéré

M : température maximale ($^\circ C$) ; m : température minimale ($^\circ C$) ; Q_3 : Quotient pluviothermique en $mm/^\circ C$.

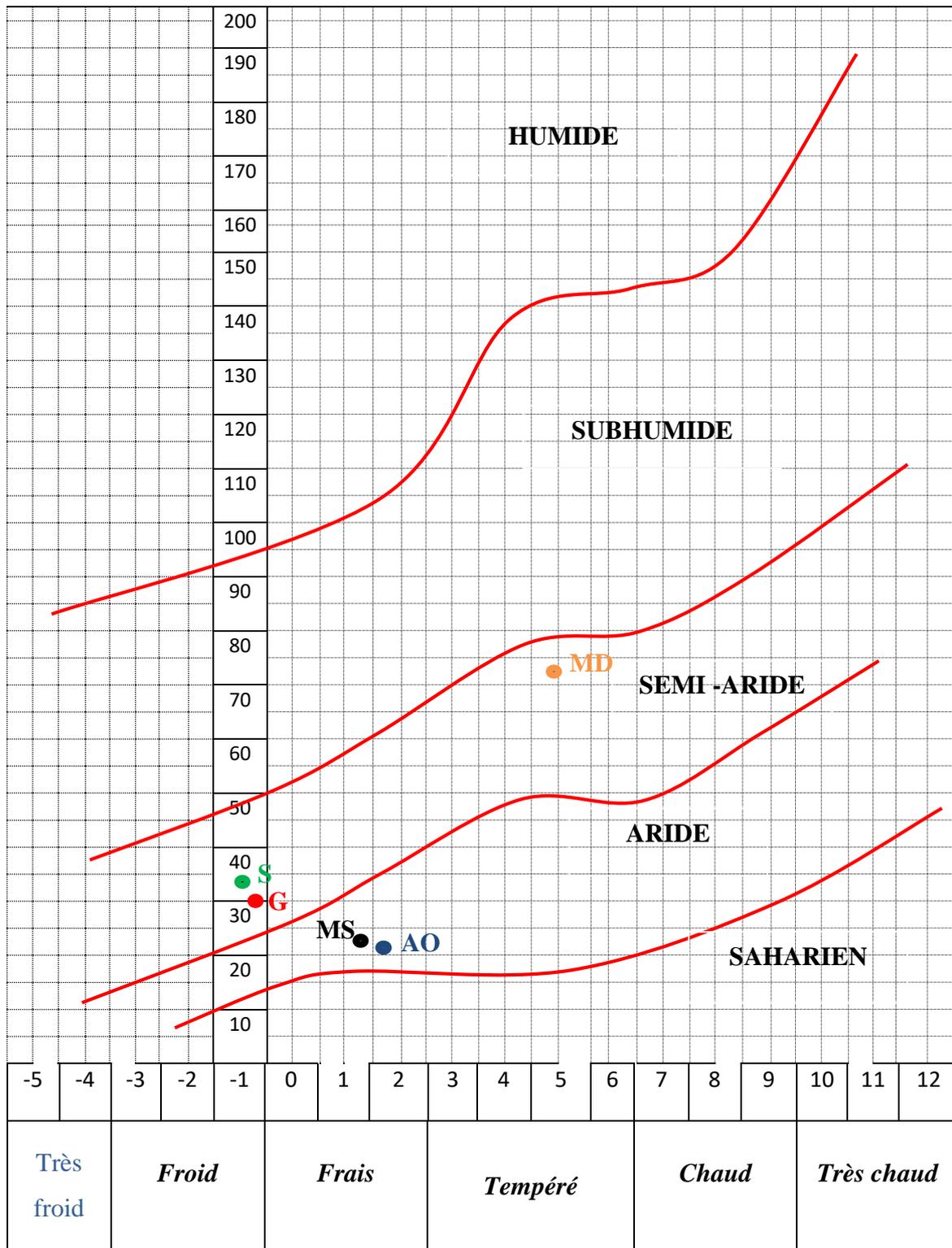


Figure 17. Situation des sites d'étude dans le climagramme d'Emberger. (G : Goultaya ; AO : Ain Oussara; M : Messaad ; S : Senalba ; MD : Sidi Naamane).

CHAPITRE III

Matériel & Méthodes

Chapitre III. Matériel & Méthodes

I. Matériel végétal

Dans le but de répondre à la problématique posée, l'échantillonnage a été divisé en deux parties, une partie, qui porte sur l'étude des galles (caractérisation morphologique et identification des pucerons) et une deuxième, concernant l'étude comparative entre feuilles saines et infectées de galles.

Pour cela, nous avons échantillonnées des feuilles et des galles foliaires porteuses de pucerons de deux espèces du genre *Pistacia*, à savoir *P. atlantica* et *P. terebinthus*, situées sur différentes stations (cf. chapitre II, Etude du milieu).

II. Méthodes

II-1 Etude des galles

Afin de caractériser les galles chez *P. atlantica* et *P. terebinthus*, un ensemble de vingt (20) feuilles infectées (porteuses de galles) a été échantillonné aléatoirement sur chaque arbre (cinq arbres ont été pris sur chaque site). L'échantillonnage a été réalisé durant le mois de septembre 2017, après le développement final des feuilles et des galles et avant le vol des pucerons.

Les feuilles prélevées ont été conservées dans des sacs en papier et mises au réfrigérateur, à 4°C, jusqu'à leur traitement.

II-1-1 Morphologie des galles

II-1-1-1 Type de galles

Sur les feuilles échantillonnées, les galles ont été prélevées et classées selon leurs formes en se basant sur la clé de Leclant (2000), les travaux de Houard (1909) et d'Inbar et *al.* (2004) (Fig.18).

II-1-1-2 Fréquence relative des formes de galles inventoriées

Pour chaque forme de galle répertoriée, nous avons calculé sa fréquence d'apparition (fréquence relative, FR) sur les arbres par la formule suivante :

$$\text{FR (\%)} = \frac{\text{Nombre de galles d'une forme déterminée} \times 100}{\text{Nombre total de galles échantillonnées}}$$

II-1-1-3 Taille des galles

Afin de caractériser la variabilité morphologique des galles échantillonnées, nous avons procédé à la mesure de leur taille à l'aide d'un pied à coulisse digital. Les paramètres mesurés, pour chaque type de galle, sont décrits dans le tableau 10 et figure 18.

Tableau 10. Mesures effectuées sur les différents types de galles chez *Pistacia atlantica* et *Pistacia terebinthus*.

Type de galles	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Diamètre (mm)	Diamètre minimal (mm)	Diamètre maximal (mm)	Hauteur (mm)
Globuleuse	+	/	/	+	+	/
Croissant	+	+	/	/	/	/
Aplatie	+	+	/	/	/	/
Banane	/	/	+	/	/	+
Festonnée	+	+	/	/	/	/

(+) : mesure effectué ; (/) : mesure non effectuée par défaut de la forme de la galle.

II-1-2 Identification des espèces de pucerons

L'identification des pucerons repose sur certains critères morphologiques qui nécessitent d'être mis en évidence par un montage entre lame et lamelle.

A partir de 5 galles échantillonnées de chaque forme, nous avons sélectionné aléatoirement 30 ailés (pucerons) de chaque forme de galle (un total de 180 ailés pour *P. atlantica* et 150 ailés pour *P. terebinthus*) et que nous les avons conservés dans de l'alcool à 70° jusqu'à leur utilisation (la méthode d'échantillonnage s'applique sur l'ensemble des stations et pour les deux espèces du pistachier). Puis, nous les avons montés entre lame et lamelle en suivant la méthode de Blackman & Eastop (2018) qui nécessite les étapes suivantes :

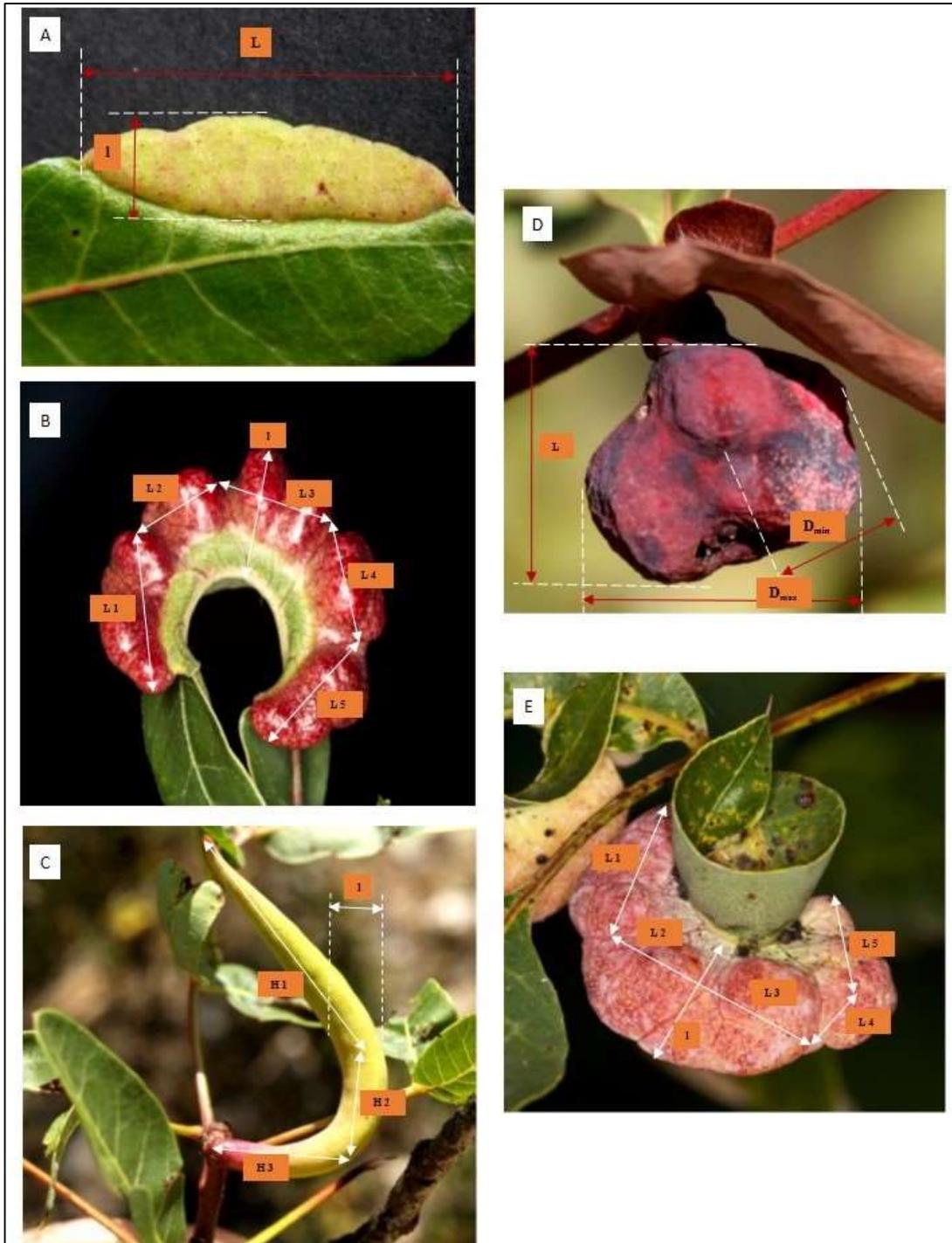


Figure 18. Mesures effectuées sur les galles échantillonnées. A : galle en forme aplatie. B : galle en forme de croissant. C : galle en forme de banane. D : galle globuleuse. E : galle de forme festonnée. (L : longueur. l : largeur. H : hauteur. D_{max} : diamètre maximal. D_{min} : diamètre minimal. $L_1+L_2+\dots+L_X=L$, $H_1+H_2+\dots+H_X=H$). (Biodiversidadvirtual, 2014 modifiée).

II-1-2-1 Incision abdominale

Les pucerons sont incisés sur la face ventrale entre la quatrième et la sixième sternite abdominal à l'aide d'une épingle entomologique (Fig. 19).

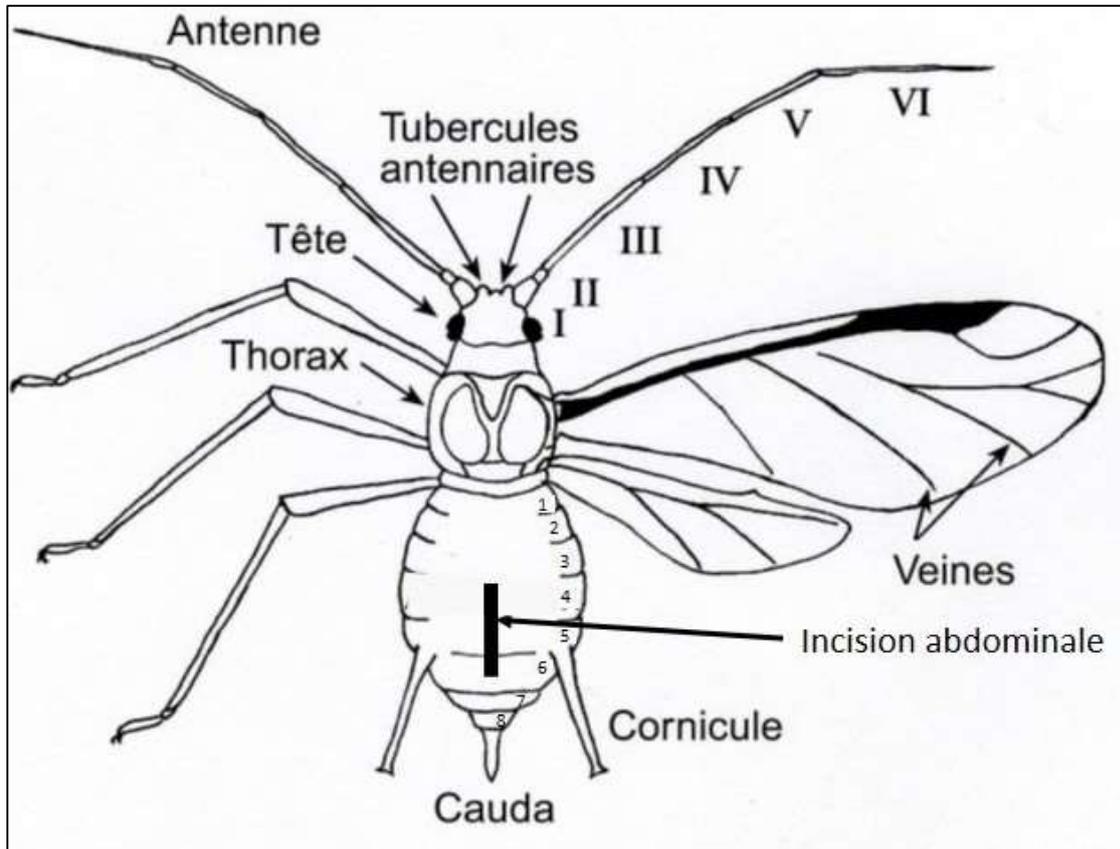


Figure 19. Schéma explicatif de l'incision abdominale appliquée sur les pucerons.

II-1-2-2 Dégraissage

Les pucerons incisés sont mis à chauffer dans une solution de KOH à 10% pendant 3 à 6 mn afin d'extraire leurs réserves lipidiques. Le temps du chauffage est à moduler selon la taille et la forme du puceron, car un défaut de dégraissage à la potasse donne des spécimens très fragiles et difficiles à monter dont certains détails anatomiques peuvent être altérés.

II-1-2-3 Nettoyage

Le nettoyage se fait successivement dans deux bains chauds d'eau distillée non bouillante ($\approx 70^\circ\text{C}$) pendant 2 à 3mn dans chacun, afin de se débarrasser de toutes traces de KOH.

II-1-2-4 Eclaircissage

Pour mettre en évidence certains détails auparavant non éclaircis, les pucerons sont mis dans une solution de chloral phénol (mélange de 2:1 de poids d'hydrate de chloral cristallisé et de phénol cristallisé) pendant 24 heures.

II-1-2-5 Montage

Les pucerons sont déposés sur leurs parties dorsales sur une lame de microscope dans une goutte mince du liquide de Faure (Berlèse) en prenant soin de bien étaler les appendices et par la suite les lames sont couvertes d'une lamelle.

II-1-2-6 Séchage

Les lames ont été déposées horizontalement dans une étuve à 15°C pendant 15 jours.

Pour déterminer les espèces de pucerons échantillonnés, nous avons utilisé la clé de détermination de Brown et Blackman (1994) et de Blackman et Eastop (2018) et ainsi que les travaux de Gaumont (1930), de Davatchi et Remaudiere (1957) et de Ghosh (1984).

L'identification a été réalisée au niveau du laboratoire du département de biodiversité et gestion de l'environnement de l'université de Léon (Espagne) par l'équipe de Juan Manuel Nieto Nafria, Directeur du laboratoire, ainsi qu'au laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Djelfa.

II-1-3 Etude morpho-métrique des pucerons

Après avoir déterminé les espèces, nous avons procédé à l'étude morpho-métrique des pucerons qui se développent chez *P. atlantica* dans trois stations (AO, M, MD). Pour cela, nous avons mesuré 15 caractères morphologiques (Tableau 11) de 30 ailés en utilisant un microscope optique (Motic BA-300) (x40, x100 et x400) muni d'une caméra numérique (Moticam 2.0)

reliée à un ordinateur. Les mesures ont été effectuées par le logiciel d'analyse d'image "Motic Image Plus 2.0".

Tableau 11. Caractères morphologiques mesurés chez les ailés d'aphides prélevés sur les galles de feuilles de *P. atlantica*.

Numéro du caractère	Acronyme	Caractères
1	LC	-Longueur du corps.
2	ANT	-Longueur de l'antenne.
3	ART.III	-Longueur de l'article III de l'antenne.
4	ART. IV	-Longueur de l'article IV de l'antenne.
5	ART. V	-Longueur de l'article V de l'antenne.
6	ART. VIb	-Longueur de la partie basale de l'article VI.
7	PT	-Longueur du processus terminal.
8	AP.R	-Longueur de l'article apical du rostre.
9	Ti	-Longueur du tibia.
10	NBR.S.PL.AN	-Nombre de soies au niveau de la plaque anale.
11	SENS. 2A.III	-Nombre de sensorias secondaires de l'article III.
12	SENS. 2A.IV	-Nombre de sensorias secondaires de l'article IV.
13	SENS. 2A.V	-Nombre de sensorias secondaires de l'article V.
14	SENS. 2A.VI	-Nombre de sensorias secondaires de l'article VI.
15	T.II	-Longueur du 2 ^{ème} article du tarse postérieur.

II-2 Etude comparative entre feuilles saines et feuilles infectées de galles

II-2-1 Etude morphologique des feuilles

Afin d'étudier l'influence du développement des galles sur la morphologie des feuilles, dix feuilles saines et dix feuilles infectées (portant des galles), par arbre, ont été prélevées aléatoirement au niveau de cinq arbres dans chaque station d'étude (au total 400 feuilles ont été échantillonnées pour *P. atlantica* et 200 feuilles pour *P. terebinthus*) (Tableau 12). Les échantillons ont été conservés dans des sacs en papier jusqu'à leur utilisation.

Par la suite, huit caractères quantitatifs ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse digital et neuf caractères qualitatifs sur l'ensemble des feuilles échantillonnées (Tableau 13), en se basant sur la méthode décrite dans le référentiel de l' I.P.G.R.I (1998) (International Plant Genetic Resources institute) pour l'étude morphologique (Fig. 20).

Tableau 12. Nombre d'échantillons prélevés par espèce et par station.

Station	Espèce étudiées	Nombre d'arbres échantillonnés	Nombre de feuilles échantillonnées	Total de feuilles
Gouttaya (G)	<i>P. atlantica</i>	5	10 feuilles saines 10 feuilles infectées	100
	<i>P. terebinthus</i>	5	10 feuilles saines 10 feuilles infectées	100
Ain Oussara (AO)	<i>P. atlantica</i>	5	10 feuilles saines 10 feuilles infectées	100
Messaad (M)	<i>P. atlantica</i>	5	10 feuilles saines 10 feuilles infectées	100
Senalba (S)	<i>P. terebinthus</i>	5	10 feuilles saines 10 feuilles infectées	100
Sidi Naamane (MD)	<i>P. atlantica</i>	5	10 feuilles saines 10 feuilles infectées	100
Total de feuilles				600

II-2-2 Etude des stomates

L'étude de la densité stomatique s'est basée sur la méthode de l'impression épidermique qui permet d'obtenir une bonne image de l'épiderme au microscope optique sans altérer ou modifier l'état initial des cellules stomatiques et épidermiques (Belhadj et *al.*, 2007). Cette étude permet la comparaison entre des feuilles saines et des galles, du point de vue nombre de stomates (densité) au niveau des épidermes.

Les échantillons de feuilles saines et de galles ont été réhydratés dans de l'eau distillée pendant 10 à 15 mn. Ensuite, les procédures de l'impression épidermique ont été appliquées sur les deux faces adaxiale et abaxiale pour les feuilles saines et uniquement sur la face externe (adaxiale) pour les galles.

Seules les galles globuleuses, aplaties et en forme de bananes ont permis la réalisation de l'empreinte épidermique (les galles globuleuses de *P. atlantica* sont très rares dans la station G, d'où l'élimination des échantillons de galles de cette station).

Cinq arbres ont, ainsi, été échantillonnés par station. Cinq feuilles saines et cinq galles par arbre ont été utilisées pour l'étude. L'empreinte est ensuite placée sur une lame porte objet et des observations ont lieu sous microscope photonique (Motic BA 300), au grossissement

x400. Afin d'évaluer la densité stomatique moyenne par surface foliaire (mm^2), la moyenne de dix champs a été calculée et puis divisée par 0.19 mm^2 .

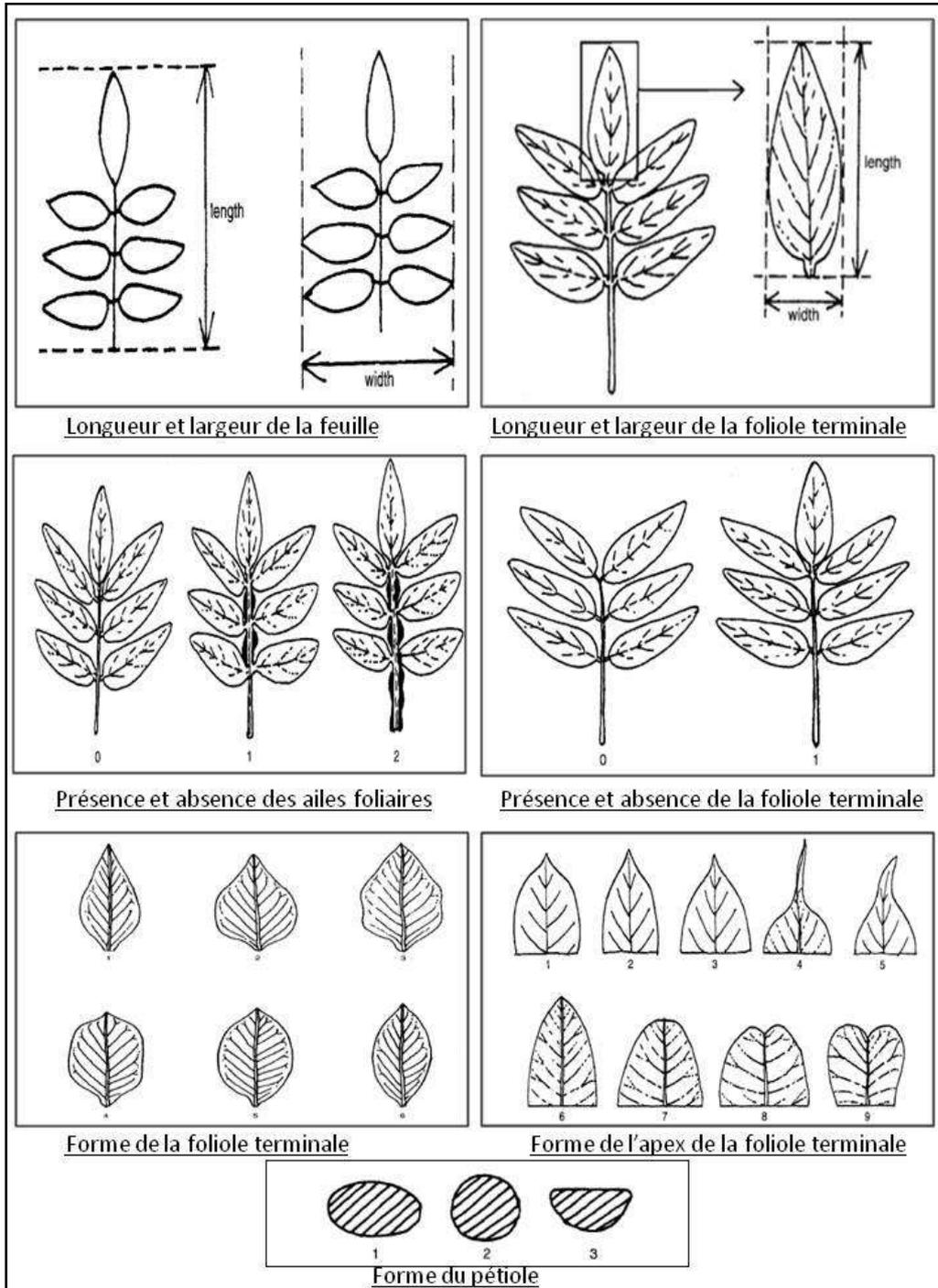


Figure 20. Caractères morphologiques qualitatifs et quantitatifs mesurés. (I.P.G.R.I., 1998).

Tableau 13. Variables étudiées pour les feuilles saines et infectées de *P. atlantica* et *P. terebinthus*.

Feuilles saines et porteuses de galles
- Longueur de la feuille (cm).
- Largueur de la feuille (cm).
- Nombre de folioles.
- Longueur de la foliole terminale (cm).
- Largeur de la foliole terminale (cm).
- Rapport Longueur/largeur de la foliole terminale.
- Longueur du pétiole (cm).
- Densité stomatique sur les deux faces abaxiale et adaxiale (nbre de stomates/mm ² de surface foliaire).
- 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 - (Pf) + : présents ; - absents.
- Foliole terminale (Ft) - 0 : absente ; 1 : présente.
- Taille de la foliole terminale par rapport aux folioles basales (Tft) - 1 : même taille ; 2 : plus large ; 3 : plus petite.
- Forme de la foliole terminale (Fft) - 1 : lancéolée élargie ; 2 : elliptique ; 3 : ovale ; 4 : ronde ovale ; 5 : arrondie.
- Forme de l'apex de la foliole terminale (Fa) - 1 : acuminé ; 2 : mucroné ; 3 : mucronulé ; 4 : obtus ; 5 : rétus.
- Forme du pétiole (Fp) - 1 : aplatie ; 2 : arrondie ; 3 : arrondie légèrement aplatie sur un côté.

* : la variable densité stomatique a été mesurée uniquement sur la face externe des galles de type globuleuse, aplatie et en forme de banane pour les feuilles infectées de galles

II-3 Analyse statistique

L'ensemble des résultats obtenus a été exploité à l'aide du logiciel Statistica 8.

II-3-1 Etudes des galles

Afin de caractériser morphologiquement les galles échantillonnées de *P. atlantica* et *P. terebinthus*, nous avons réalisées des statistiques descriptives (moyenne, écart-type, valeur minimale et maximale) suivies du Test *t* de Student (test-t) et de l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur ($\alpha=0,05$). L'analyse de la variance est complétée par le test de groupement des moyennes, lorsqu'une différence significative est enregistrée, selon la méthode de Newman et Keuls, qui permet d'identifier les groupes qui diffèrent significativement des autres.

II-3-2 Etude comparative entre feuilles saines et infectées de galles

Des statistiques élémentaires ont été calculées pour les feuilles saines et les feuilles infectées chez les deux espèces étudiées. Pour la comparaison des moyennes, le test de Student est utilisé chez les feuilles de *P. terebinthus* et l'analyse de la variance ($\alpha=0,05$) chez *P. atlantica* complété par le test de groupement des moyennes selon la méthode de Newman et Keuls en cas de différence significative entre les moyennes.

Les données des caractères qualitatifs ont fait l'objet d'une analyse par le test de Chi2 (χ^2).

CHAPITRE IV

Résultats & Discussion

Chapitre IV : Résultats & discussion

I. Résultats

I-1- *Pistacia atlantica*

I-1-1 Etude des galles

I-1-1-1 Morphologie des galles

Dans l'ensemble des quatre sites d'étude, nous avons inventorié deux formes de galles qui se développent sur *P. atlantica* (Fig. 21) :

- Une forme globuleuse qui prend naissance sur la nervure principale de la foliole ;
- Une forme en croissant qui se développe au niveau de la marge des feuilles.



Figure 21. Types de galles formées par les pucerons sur *P. atlantica* au niveau des stations étudiées. (A et B) galles globuleuses. (C et D) galles en forme de croissant (Originale).

I-1-1-2 Fréquences relatives des formes de galles inventoriées

Les fréquences d'apparition des galles globuleuses sont entre 97,22% ; 80,88% et 74,78%, respectivement pour les stations de Messaad (M), de Médea (MD) et de Ain Oussara (AO), tandis que les galles en croissant ont présenté des fréquences assez basses, allant de 2,77 pour la station de M à 25,22% pour la station de AO.

Dans la station de Gouttaya (G), nous avons enregistré uniquement l'apparition des galles en forme de croissant (Fig. 22).

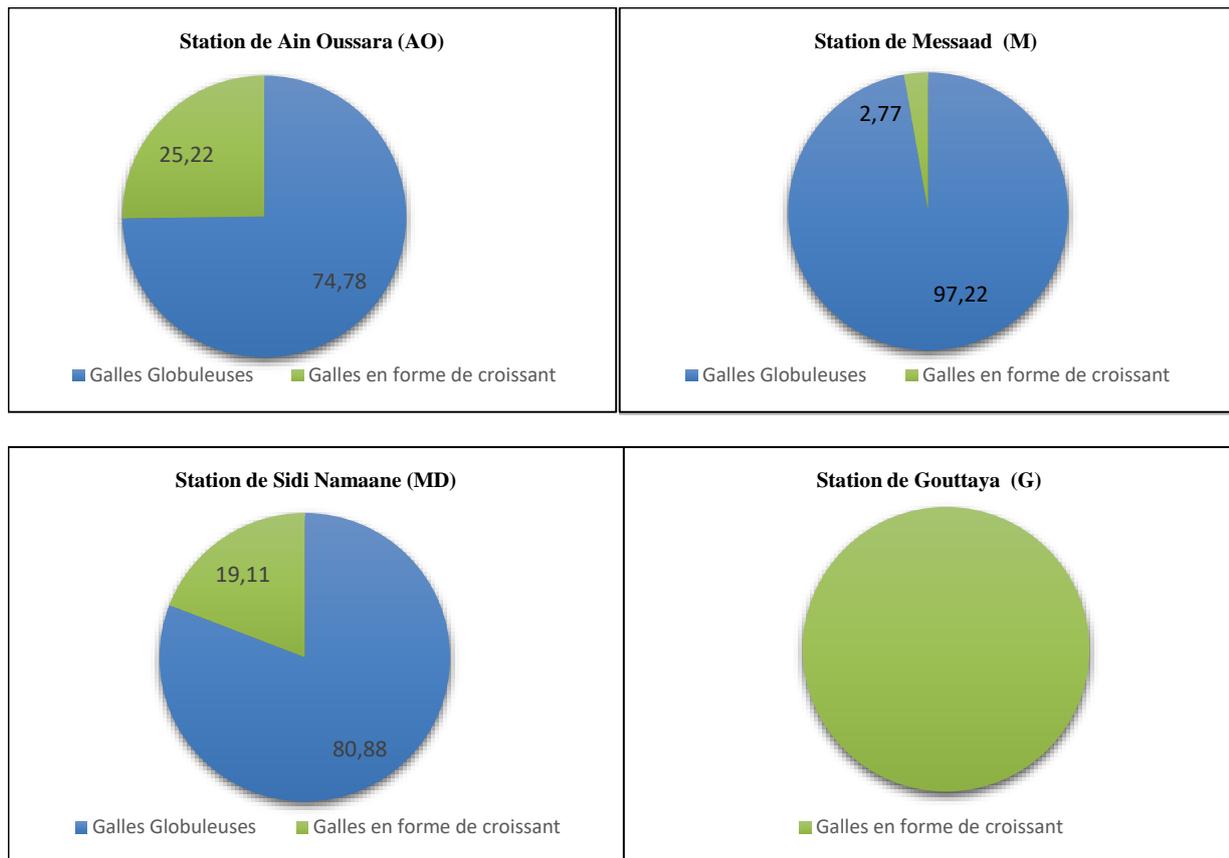


Figure 22. Fréquences relatives des formes de galles inventoriées dans les stations d'étude.

I-1-1-3 Taille des galles

Les mesures effectuées sur l'ensemble des galles échantillonnées nous ont permis de noter les points suivants :

- Les galles globuleuses les plus grandes sont récoltées au niveau de la station de MD (1,62cm de diamètre maximal, 1,23 cm de diamètre minimal et 1,50 cm de longueur) et les plus petites sont celles de la station de M (1,20 cm de diamètre maximal, 0,87cm de diamètre minimal et 1,04 cm de longueur) ;

- Les plus grandes valeurs de la longueur et de la largeur des galles en forme de croissant sont enregistrées au niveau de la station AO (3,41 cm de longueur et 0,94 cm de largeur) (Tableau 14).

L'analyse de la variance à un seul facteur, a révélé un effet très hautement significatif de la station sur l'ensemble des caractères étudiés que ce soit pour les galles globuleuses ou pour les galles en forme de croissant (Tableau 14).

Tableau 14. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour les galles globuleuses et les galles en forme de croissant chez *P. atlantica*.

Forme de galles	Variables	AO	M	MD	G	P
		Moy± E.T	Moy± E.T	Moy± E.T	Moy± E.T	
Galles en forme de croissant	1-Longueur	3,41a±0,25	1,92b±0,17	1,89b±0,73	1,87b±0,19	P=0,000***
	2-Largeur	0,94a±0,04	0,33b±0,04	0,39b±0,17	0,53b±0,22	P=0,000***
Galles globuleuse	1-Diamètre maximal	1,51a±0,07	1,20b±0,13	1,62a±0,16	/	P=0,000***
	2-Diamètre minimal	1,12a±0,05	0,87b±0,11	1,23a±0,15	/	P=0,000***
	3-Longueur	1,38a±0,07	1,04b±0,11	1,50a±0,18	/	P=0,000***

P : probabilité critique ; *** : P < 0,001. Moy : Moyenne ; E.T : Ecart type ; a,b,c, représente les groupes homogènes

I-1-1-4 Identification des espèces de pucerons

Deux espèces de pucerons ont été identifiées sur *P. atlantica* : *Forda riccobonii* (Stefani 1899) et *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930) (Fig. 23), responsables respectivement des galles en forme de croissant et de la forme globuleuse.

Les caractères morphométriques des pucerons ailés de ces deux espèces sont présentés dans les tableaux 15, 16 et 17. L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de l'effet de la station sur la morphométrie de chaque espèce (Tableaux 15 et 16).

I-1-1-4-1 *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930).

Les ailés de *G. mimeuri* examinés au niveau des trois sites d'échantillonnage présentent une tête, un thorax et des pattes de couleur brun foncé. La longueur du corps varie de 2,16 mm à M jusqu'à 2,33 mm à AO. Leurs antennes sont d'une moyenne de 0,67 mm de long (environ 1/3 de la longueur du corps) et sont formées de 6 articles.

L'article III est d'une longueur moyenne de 0,20 mm. Il est 1,78 fois plus long que l'article IV et 2,18 fois plus long que l'article V. Il porte 5 à 9 sensorias secondaires d'une forme ovale. Le processus terminal est d'une moyenne de 0,02 mm de longueur. Il présente le quart (1/4) de la longueur de la base de l'article VI. L'article apical du rostre, d'une longueur qui varie de 0,15 mm pour M et MD à 0,16 mm au niveau de AO, est 1,26 fois plus petit que l'article III et 4,94 fois moins long que le tibia.

La plaque anale est ornée de 38,46 soies au niveau de MD à 40,03 soies pour M. Les embryons contenus dans l'abdomen de ces ailés sont dépourvus de rostre (Tableaux 15 et 17 ; Figure 23).

I-1-1-4-2 *Forda riccobonii* (Stefani 1899).

Les individus récupérés de *F. riccobonii* dans les quatre stations d'étude (G, AO, M et MD) présentent une tête, un thorax et des pattes de couleur brun foncé. La longueur du corps est d'une moyenne de 2,92 mm, elle varie de 2,90 mm à la station de M à 2,93 mm au niveau de MD et AO. La longueur moyenne du corps est 4,49 fois plus longue que les antennes. Ces dernières sont segmentées en 6 articles dont l'article III (0,19 à 0,20 mm) est 1,90 fois plus long que l'article IV et 1,86 fois plus long que l'article V.

Les sensorias secondaires sont en moyenne de 14 à 18 sensoria sur l'article III, 5 à 7 sur l'article IV, 4 à 6 sur l'article V et 2 à 4 sur l'article VI pour l'ensemble des stations.

La longueur du processus terminal est d'une valeur moyenne de 0,02 mm, il présente 2/9 de la longueur de la base de l'article VI. L'article apical du rostre, d'une longueur moyenne de 0,08 mm, est 2,37 fois plus petit que l'article III et présente presque le 1/7 de la longueur du tibia (0,53 mm).

La plaque anale est ornée de 23 à 35 soies en moyenne. Les embryons contenus dans l'abdomen sont tous pourvus de rostre (Tableaux 16 et 17 ; Figure 22).

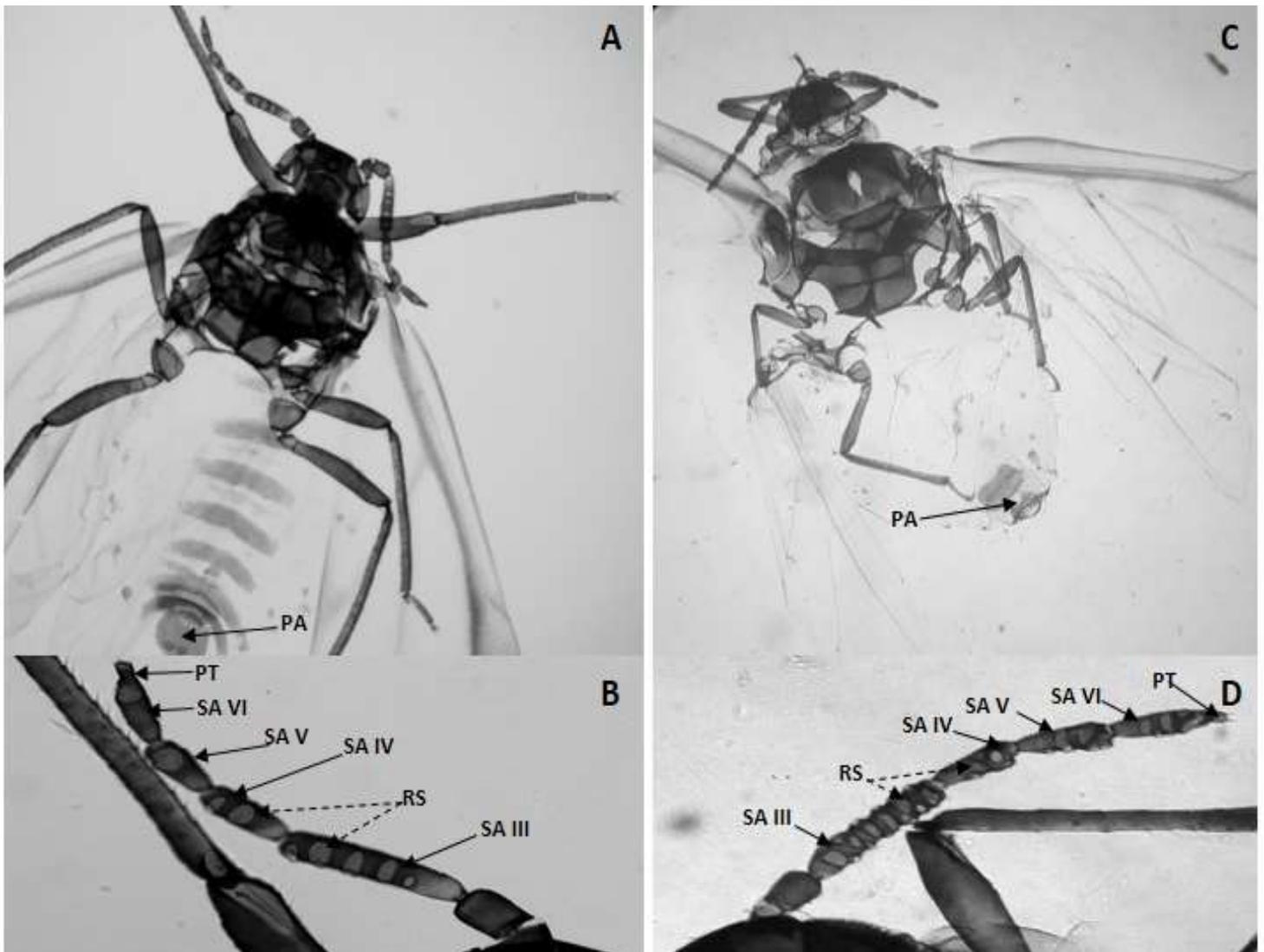


Figure 23. Observation au microscope optique des deux espèces de pucerons inventoriées dans les stations de Ain Oussara pour *P. atlantica* Desf. (1) Ailé de *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930), (2) Antenne de *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930), (3) Ailé de *Forda riccobonii* (Stefani 1899), (4) : Antenne de *Forda riccobonii* (Stefani 1899) (Originale).

Tableau 15. Morphométrie des ailés de *G. mimeuri* dans l'ensemble des stations.

Caractères	<i>G. mimeuri</i>		<i>G. mimeuri</i> (MD)	<i>P</i>
	(AO)	(M)		
	Moy±ET (min-max)	Moy±ET (min-max)	Moy±ET (min-max)	
LC (mm)	2,33±0,12 (2,13-2,60)	2,16±0,12 (2,00-2,40)	2,18±0,14 (1,90-2,50)	> 0,05 ^{NS}
ANT (mm)	0,68±0,03 (0,63-0,73)	0,66±0,03 (0,60-0,70)	0,65±0,03 (0,60-0,71)	> 0,05 ^{NS}
ART.III (mm)	0,20±0,01 (0,19-0,23)	0,19±0,006 (0,18-0,21)	0,20±0,007 (0,18-0,21)	> 0,05 ^{NS}
ART. IV (mm)	0,11± 0,008 (0,11-0,14)	0,10± 0,007 (0,10-0,12)	0,11±0,007 (0,10-0,13)	> 0,05 ^{NS}
ART. V (mm)	0,09±0,01 (0,07-0,10)	0,09±0,008 (0,08-0,10)	0,09±0,009 (0,08-0,11)	> 0,05 ^{NS}
ART. VIb (mm)	0,09±0,01 (0,07-0,10)	0,09±0,009 (0,08-0,10)	0,09±0,009 (0,07-0,10)	> 0,05 ^{NS}
PT (mm)	0,02±0,005 (0,02-0,03)	0,02±0,003 (0,02-0,03)	0,02±0,003 (0,01-0,03)	> 0,05 ^{NS}
AP.R (mm)	0,16±0,008 (0,14-0,17)	0,15±0,01 (0,14-0,18)	0,15±0,008 (0,14-0,18)	> 0,05 ^{NS}
Ti (mm)	0,79±0,06 (0,59-0,84)	0,76±0,06 (0,60-0,80)	0,77±0,05 (0,60-0,81)	> 0,05 ^{NS}
NBR.S.PL.AN	39,00±4,10 (35,00-50,00)	40,03±4,83 (34,00-50,00)	38,46±3,38 (33,00-49,00)	> 0,05 ^{NS}
SENS. 2A.III	7,38±0,96 (5,00-9,00)	7,33±0,66 (6,00-8,00)	7,36±0,55 (6,00-8,00)	> 0,05 ^{NS}
SENS. 2A.IV	2,72±0,46 (2,00-3,00)	2,83±0,37 (2,00-3,00)	2,76±0,43 (2,00-3,00)	> 0,05 ^{NS}
T.II (mm)	0,12±0,01 (0,10-0,15)	0,12±0,01 (0,10-0,15)	0,12±0,01 (0,10-0,14)	> 0,05 ^{NS}
ANT/LC	0,29±0,01 (0,26-0,31)	0,30±0,02 (0,26-0,34)	0,30±0,02 (0,26-0,36)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ ART. IV	1,73±0,17 (1,42-2,09)	1,81±0,09 (1,66-2,00)	1,80±0,08 (1,61-2,00)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ ART. V	2,26±0,30 (2,00-3,00)	2,16±0,21 (1,9-2,5)	2,17±0,22 (1,81-2,62)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ ART. VIb	2,23±0,29 (1,09-2,85)	2,18±0,21 (2,00-2,50)	2,19±0,25 (1,90-2,85)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ PT	8,44±1,57 (6,33-10,50)	9,12±1,25 (6,66-10,50)	9,24±1,32 (6,66-11,05)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ AP.R	1,26±0,08 (1,17-1,43)	1,24±0,08 (1,11-1,42)	1,27±0,08 (1,11-1,42)	> 0,05 ^{NS}
PT/ ART. VIb	0,27±0,06 (0,20-0,37)	0,24±0,05 (0,19-0,35)	0,24±0,05 (0,2-0,35)	> 0,05 ^{NS}
Ti/AP.R	4,94±0,52 (3,47-5,57)	4,94±0,51 (3,75-5,71)	4,91±0,45 (3,75-5,57)	> 0,05 ^{NS}

LC, Longueur du corps ; ANT, Longueur de l'antenne ; ART.III, Longueur de l'article III de l'antenne ; ART. IV, Longueur de l'article IV de l'antenne ; ART. V, Longueur de l'article V de l'antenne ; ART. VIb, Longueur de la base de l'article VI de l'antenne ; PT, Longueur du processus terminal ; AP.R, Longueur de l'article apicale du rostre ; Ti, Longueur du tibia ; NBR.S.PL.AN, Nombre de sois sur la plaque anale ; SENS. 2A.III, Nombre de sensorias secondaires sur l'article III ; SENS. 2A.IV, Nombre de sensorias secondaires sur l'article IV ; SENS. 2A.V, Nombre de sensorias secondaires sur l'article V ; SENS. 2A.VI, Nombre de sensorias secondaires sur l'article VI ; T.II, Longueur du 2^{ème} article du tarse postérieure ; Moy, Moyenne ; ET, Ecart-type. P : probabilité critique. NS : nos significatif.

Tableau 16. Morphométrie des ailés de *F. riccobonii* dans l'ensemble des stations étudiées.

Caractères	<i>F. riccobonii.</i> (AO) Moy±ET (min-max)	<i>F. riccobonii.</i> (M) Moy±ET (min-max)	<i>F. riccobonii.</i> (MD) Moy±ET (min-max)	<i>F.riccobonii.</i> (G) Moy±ET (min-max)	P
LC (mm)	2,93±0,19 (2,53-3,19)	2,909±0,20 (2,49-3,39)	2,93±0,19 (2,3-3,19)	2,92±0,20 (2,53-3,2)	> 0,05 ^{NS}
ANT (mm)	0,65±0,04 (0,60-0,73)	0,649±0,03 (0,6-0,72)	0,66±0,04 (0,61-0,74)	0,646±0,03 (0,6-0,72)	> 0,05 ^{NS}
ART.III (mm)	0,19±0,006 (0,18-0,21)	0,196±0,008 (0,17-0,21)	0,2±0,006 (0,18-0,21)	0,19±0,009 (0,18-0,21)	> 0,05 ^{NS}
ART. IV (mm)	0,10±0,001 (0,09-0,12)	0,102±0,009 (0,08-0,12)	0,1±0,01 (0,09-0,12)	0,10±0,009 (0,09-0,12)	> 0,05 ^{NS}
ART. V (mm)	0,10±0,008 (0,10-0,12)	0,104±0,006 (0,09-0,12)	0,1±0,007 (0,1-0,12)	0,10±0,006 (0,1-0,12)	> 0,05 ^{NS}
ART. VIb(mm)	0,10±0,009 (0,08-0,12)	0,102±0,007 (0,08-0,12)	0,1±0,008 (0,08-0,12)	0,10±0,008 (0,08-0,12)	> 0,05 ^{NS}
PT (mm)	0,02±0,004 (0,02-0,03)	0,022±0,004 (0,02-0,03)	0,02±0,005 (0,02-0,03)	0,024±0,004 (0,02-0,03)	> 0,05 ^{NS}
AP.R (mm)	0,08±0,004 (0,08-0,09)	0,084±0,005 (0,07-0,09)	0,08±0,004 (0,08-0,09)	0,084±0,004 (0,08-0,09)	> 0,05 ^{NS}
Ti (mm)	0,54±0,01 (0,52-0,57)	0,53±0,019 (0,5-0,57)	0,53±0,016 (0,5-0,56)	0,54±0,01 (0,5-0,57)	> 0,05 ^{NS}
NBR.S.PL.AN	25,56±2,10 (23,00-35,00)	24,96±2,00 (23-30)	25,96±2,49 (23-34)	26,4±2,97 (23-35)	> 0,05 ^{NS}
SENS. 2A.III	15,62±2,75 (23,00-35,00)	15,53±0,93 (14-18)	15,83±1,08 (14-18)	15,3±0,87 (14-18)	> 0,05 ^{NS}
SENS. 2A.IV	7,81±0,87 (5,00-7,00)	5,66±0,75 (5,00-7,00)	1,88±0,21 (1,58-2,33)	5,5±0,62 (5-7)	> 0,05 ^{NS}
SENS. 2A.V	4,72±0,64 (4,00-6,00)	4,5±0,62 (4,00-6,00)	1,86±0,14 (1,66-2,1)	4,43±0,56 (4-6)	> 0,05 ^{NS}
SENS. 2A.VI	2,63±0,67 (2,00-4,00)	2,56±0,56 (2,00-4,00)	1,92±0,17 (1,66-2,37)	2,56±0,56 (2-4)	> 0,05 ^{NS}
T.II (mm)	0,12±0,009 (0,10-0,13)	0,12±0,007 (0,1-0,13)	0,12±0,01 (0,1-0,13)	0,11±0,009 (0,1-0,13)	> 0,05 ^{NS}
ANT/LC	0,22±0,01 (0,18-0,25)	0,22±0,018 (0,17-0,25)	0,22±0,021 (0,19-0,30)	0,21±0,019 (0,18-0,25)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ ART. IV	1,89±0,16 (1,66-2,22)	1,93±0,18 (1,58-2,5)	1,88±0,21 (1,58-2,33)	1,93±0,18 (1,58-2,22)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ ART. V	1,84±0,14 (1,63-2,00)	1,88±0,13 (1,63-2,22)	1,86±0,14 (1,66-2,1)	1,87±0,12 (1,63-2,1)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ ART. VIb	1,92±0,15 (1,66-2,25)	1,93±0,167 (1,63-2,5)	1,92±0,17 (1,66-2,37)	1,96±0,19 (1,63-2,5)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ PT	9,08±1,52 (6,33-10,05)	8,92±1,51 (6,33-10,5)	8,56±1,75 (6-10,5)	8,50±1,59 (6,33-10,5)	> 0,05 ^{NS}
ART.III/ AP.R	2,40±0,17 (2,00-2,62)	2,34±0,20 (2-2,85)	2,39±0,17 (2-2,62)	2,35±0,18 (2-2,62)	> 0,05 ^{NS}
PT/ ART. VIb	0,21±0,04 (0,16-0,30)	0,22±0,04 (0,16-0,3)	0,23±0,05 (0,16-0,37)	0,23±0,05 (0,16-0,37)	> 0,05 ^{NS}
Ti/AP.R	6,59±0,33 (5,88-7,12)	6,42±0,41 (5,55-7,42)	6,44±0,42 (5,77-7)	6,46±0,43 (5,55-7,12)	> 0,05 ^{NS}

LC, Longueur du corps ; ANT, Longueur de l'antenne ; ART.III, Longueur de l'article III de l'antenne ; ART. IV, Longueur de l'article IV de l'antenne ; ART. V, Longueur de l'article V de l'antenne ; ART. VIb, Longueur de la base de l'article VI de l'antenne ; PT, Longueur du processus terminal ; AP.R, Longueur de l'article apicale du rostre ; Ti, Longueur du tibia ; NBR.S.PL.AN, Nombre de sois sur la plaque anale ; SENS. 2A.III, Nombre de sensorias secondaires sur l'article III ; SENS. 2A.IV, Nombre de sensorias secondaires sur l'article IV ; SENS. 2A.V, Nombre de sensorias secondaires sur l'article V ; SENS. 2A.VI, Nombre de sensorias secondaires sur l'article VI ; T.II, Longueur du 2^{ème} article du tarse postérieure ; Moy, Moyenne ; ET, Ecart-type. P : probabilité critique. NS : nos significatif.

Tableau 17. Morphométrie moyenne des ailés de *F. riccobonii* et *G. mimeuri*.

Caractères	<i>F. riccobonii</i> Moy±ET (min-max)	<i>G. mimeuri</i> Moy±ET (min-max)
LC (mm)	2,92± 0,19 (2,3-3,39)	2,22±0,14 (1,9-2,6)
ANT (mm)	0,65± 0,03 (0,6-0,74)	0,67±0,03 (0,6-0,8)
ART.III (mm)	0,19± 0,007 (0,17-0,21)	0,20±0,009 (0,18-0,2)
ART. IV (mm)	0,10± 0,01 (0,08-0,12)	0,11±0,008 (0,1-0,14)
ART. V (mm)	0,10± 0,007 (0,09-0,12)	0,09±0,009 (0,07-0,11)
ART. VIb (mm)	0,10± 0,008 (0,08-0,12)	0,09±0,01 (0,07-0,11)
PT (mm)	0,02± 0,004 (0,02-0,03)	0,02±0,004 (0,01-0,03)
AP.R (mm)	0,08± 0,005 (0,07-0,09)	0,15±0,009 (0,14-0,18)
Ti (mm)	0,53± 0,018 (0,5-0,57)	0,78±0,05 (0,59-0,84)
NBR.S.PL.AN	25,73± 02,61 (23-35)	36,49±4,62 (29-50)
SENS. 2A.III	15,59± 0,99 (14-18)	07,37±0,66 (05-09)
SENS. 2A.IV	05,68± 0,755 (5-7)	02,67± 0,43 (02-03)
SENS. 2A.V	04,58± 0,602 (04-06)	-
SENS. 2A.VI	02,59± 0,586 (02-04)	-
T.II (mm)	0,11± 0,009 (0,1-0,13)	0,12±0,01 (0,1-0,15)
ANT/LC	0,22± 0,019 (0,17-0,30)	0,30±0,02 (0,26-0,36)
ART.III/ ART. IV	1,90± 0,187 (1,58-2,5)	1,78±0,13 (1,42-2,09)
ART.III/ ART. V	1,86± 0,136 (1,63-2,22)	2,18±0,24 (1,81-3)
ART.III/ ART. VIb	1,93± 0,172 (1,63-2,5)	2,19±0,25 (1,9-2,85)
ART.III/ PT	08,75± 1,597 (6-10,5)	8,88±1,38 (6,33-10,52)
ART.III/ AP.R	02,37± 0,185 (2-2,85)	1,26±0,08 (1,11-1,43)
PT/ ART. VIb	0,22± 0,052 (0,16-0,37)	0,25±0,05 (0,19-0,37)
Ti/AP.R	0,47± 0,402 (5,55-7,42)	4,94±0,47 (3,47-5,71)

LC, Longueur du corps ; ANT, Longueur de l'antenne ; ART.III, Longueur de l'article III de l'antenne ; ART. IV, Longueur de l'article IV de l'antenne ; ART. V, Longueur de l'article V de l'antenne ; ART. VIb, Longueur de la base de l'article VI de l'antenne ; PT, Longueur du processus terminal ; AP.R, Longueur de l'article apicale du rostre ; Ti, Longueur du tibia ; NBR.S.PL.AN, Nombre de sois sur la plaque anale ; SENS. 2A.III, Nombre de sensorias secondaires sur l'article III ; SENS. 2A.IV, Nombre de sensorias secondaires sur l'article IV ; SENS. 2A.V, Nombre de sensorias secondaires sur l'article V ; SENS. 2A.VI, Nombre de sensorias secondaires sur l'article VI ; T.II, Longueur du 2^{ème} article du tarse postérieure ; Moy, Moyenne ; ET, Ecart-type.

I-1-2 Morphologie des feuilles saines et des feuilles infectées de galles chez *P. atlantica***I-1-2-1 Caractères quantitatifs****I-1-2-1-1 Feuilles saines**

Chez les feuilles saines, la station M présente les feuilles les plus longues (11,30cm) et les plus larges (8,53cm), tandis que la station G présente les feuilles les plus petites (8,95 cm de longueur et 5,98 cm de largeur). Le nombre de folioles enregistré varie, quand à lui, de 5 à 13 folioles par feuille. Les feuilles des stations MD et M possèdent les valeurs moyennes les plus élevées (respectivement, 10,04 et 9,72 folioles par feuille) alors que celles de G présentent les plus basses (8,96 folioles par feuille).

La longueur moyenne la plus élevée pour la foliole terminale des feuilles est enregistrée chez la station M (4,34 cm) et la moins longue chez la station G (3,30 cm). Cette station possède également, la largeur la plus petite (0,91cm) de la foliole terminale, tandis que la plus grande est enregistrée chez la station AO (1,10 cm).

Le rapport longueur/largeur de la foliole terminale le plus élevé a été rapporté chez les feuilles de la station M (4,07) et la plus petite chez celles de la station AO (3,55).

La longueur moyenne du pétiole des feuilles saines varie de 1,94 cm au niveau de la station M à 2,10 cm pour la station AO (Tableau 18).

I-1-2-1-2 Feuilles infectées

Concernant les feuilles infectées, les valeurs de la longueur et de la largeur enregistrées ont respectivement varié entre 3,90 et 13,70 cm et de 3,30 à 10,50 cm. Les feuilles de la station M ont présenté la longueur et la largeur les plus élevées (9,29 cm et 7,58 cm, respectivement). Par contre, les valeurs les plus basses ont été rapportées par celles de la station G (7,79 cm de longueur et 5,42 cm de large).

Concernant le nombre moyen de folioles par feuille, la station MD a montré le résultat le plus important (9,26) et la station M le plus bas (8,78). Le reste des stations ont montré des valeurs très rapprochées, avec 8,90 et 8,82 folioles par feuille infectée pour les stations AO et G, respectivement.

Comme pour les feuilles saines, les feuilles infectées (Tableau 18) présentent également une variabilité dans la longueur et la largeur de leur foliole terminale. Ainsi, la station M et AO possèdent les valeurs des longueurs de foliole les plus élevées (3,61 et 3,38cm, respectivement), et les plus faibles valeurs sont enregistrées chez les stations MD et G (3,22 et 2,90cm,

respectivement). Concernant la largeur, la station G présente la valeur la plus basse (0,83 cm) et le reste des stations (AO, M et MD) présentent des valeurs très rapprochées de 1,08 à 1,12 cm.

La station G a montré le rapport longueur/largeur de la foliole terminale, le plus élevé (3,92) et la station M le plus bas (2,92). La longueur moyenne du pétiole a varié de 1,79 à 2,75 cm, le pétiole le plus long est issu de la station M (2,75 cm) et le moins long de la station G (1,79 cm) (Tableau 18).

L'analyse de la variance appliquée sur les feuilles saines montre un effet hautement significatif de la provenance sur les variables étudiées, excepté pour la longueur du pétiole. La même analyse effectuée sur les feuilles infectées révèle des effets significatifs pour l'ensemble des caractères étudiés à l'exception du nombre de folioles (Tableau 18).

Pour les feuilles saines, le test de Newman-Keuls (Tableau 18) a fait ressortir trois et quatre groupes distincts pour la longueur et la largeur de la feuille, respectivement. En ce qui concerne le nombre de folioles, deux groupes distincts sont enregistrés (MD-M) et (G-AO) et un groupe intermédiaire (M-AO). Quant à la longueur et la largeur de la foliole terminale, trois groupes (M, MD-AO et G) et deux groupes (AO-MD-M et G) sont formés, respectivement. Le rapport longueur/largeur de la foliole terminale montre l'existence de deux groupes de stations (G-M-MD et G-AO) trois groupes de stations (M-MD et AO) avec un groupe intermédiaire (G) (Tableau 18).

De même, pour les feuilles infectées, on remarque deux et trois groupes homogènes pour la longueur et la largeur, respectivement. La station G est individualisée dans un seul groupe, que ce soit concernant la longueur ou la largeur des feuilles. Le reste des stations forme un groupe à part (AO-MS-MD) pour la longueur et deux groupes chevauchants (AO-M et AO-MD) pour la largeur. Le même test classe les stations en trois et deux groupes pour la longueur (M-AO, AO-MD et G) et la largeur (AO-M-MD et G) de la foliole terminale et en trois groupes pour le rapport de ces dernières (G, AO-MS et MD). Quant à la longueur du pétiole, trois groupes distincts sont formés (M-AO, MD-AO et G) (Tableau 18). Dans une analyse globale des groupes obtenus par l'application du test de Newman-Keuls nous avons remarqué que la station de G s'individualise dans un groupe appart dans presque l'ensemble des variables étudiées que ce soit pour les feuilles saines ou infectées.

Tableau 18. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour les feuilles saines et les feuilles infectées de galles chez *P. atlantica*.

Caractères	Etat de la feuille	Moy ± E.T. Min-Max (C.V.%)				P
		Gouttaya	Ain Oussara	Messaad	Médéa	
Longueur de la feuille (cm).	Saine	8,95c± 1,76 5,90-12,50 (19,68)	10,22b ± 1,84 6,60-13,80 (18,05)	11,30a ± 0,98 9,30-14,40 (8,71)	10,71ab ± 1,59 7,50-13,30 (14,93)	P= 0,000***
	Infectée	7,79b± 1,59 3,90-10,90 (20,43)	9,19a± 2,15 4,80-13,70 (23,37)	9,29a ± 1,62 4,40-11,60 (17,50)	9,18a± 1,86 4,20-11,90 (20,27)	P= 0,000***
Largeur de la feuille (cm).	Saine	5,98d± 1,04 1,04-8,20 (17,51)	7,25b± 0,88 5,10-9,80 (12,19)	8,53a ± 0,91 6,30-10,40 (10,71)	6,53c± 1,86 1,00-9,90 (28,53)	P= 0,000***
	Infectée	5,42c± 1,22 3,30-8,30 (22,53)	7,37ab± 1,29 4,30-9,60 (17,53)	7,58a ± 1,12 5,20-10,50 (14,82)	6,87b±1,53 3,60-9,70 (22,35)	P= 0,000***
Nombre de foliole	Saine	8,96c± 1,49 7,00-12,00 (16,71)	9,38bc± 1,52 5,00-11,00 (16,24)	9,72ab ± 1,12 7,00 11,00 (11,58)	10,04a± 1,30 7,00-13,00 (13,03)	P= 0,000***
	Infectée	8,82 ± 2,29 3,00-13,00 (25,98)	8,90 ± 1,56 5,00-11,00 (17,61)	8,78 ± 1,66 3,00-11,00 (19,01)	9,26 ± 1,67 5,00-13,00 (18,09)	P> 0,05 ^{NS}
Longueur de la foliole terminale (cm).	Saine	3,30c± 0,56 2,20-5,00 (17,03)	3,88b± 0,71 2,70-5,70 (18,31)	4,34a ± 0,53 3,20-5,60 (12,40)	4,01b± 0,86 2,50-7,50 (21,60)	P= 0,000***
	Infectée	2,90c± 0,70 0,80-4,50 (24,32)	3,38ab± 0,80 2,10-5,20 (23,89)	3,61a ± 0,64 1,80-5,40 (17,86)	3,22b± 0,68 1,90-5,10 (21,35)	P= 0,000***
Largeur de la foliole terminale (cm).	Saine	0,91b± 0,18 0,60-1,30 (20,33)	1,10a± 0,16 0,80-1,60 (15,41)	1,09a ± 0,19 0,70 1,60 (18,05)	1,06a± 0,24 0,60-1,60 (23,32)	P= 0,000***
	Infectée	0,83b± 0,55 0,40-4,0 (66,72)	1,08a± 0,23 0,50-1,60 (21,56)	1,09a ± 0,24 0,60-1,80 (22,61)	1,12a± 0,22 0,70-1,80 (19,94)	P= 0,000***
Rapport Longueur/largeur	Saine	3,67ab± 0,68 2,63-6,33 (18,69)	3,55b± 0,58 2,69 5,00 (16,38)	4,07a ± 0,85 2,84-7,28 (21,00)	4,00a± 1,12 2,37-9,90 (28,22)	P= 0,000***
	Infectée	3,92a± 1,35 5,5 -9,50 (34,51)	3,17bc± 0,62 1,61-4,33 (19,75)	3,41b ± 0,73 2,00-5,66 (21,56)	2,92c± 0,68 1,69-4,71 (23,43)	P= 0,000***
Longueur du pétiole (cm).	Saine	2,02 ± 0,43 1,10-2,90 (21,64)	2,10 ± 0,41 1,20 2,90 (19,77)	1,94 ± 0,71 0,30-4,10 (36,64)	2,03 ± 0,49 0,90-3,40 (24,40)	P> 0,05 ^{NS}
	Infectée	1,79c± 0,50 0,70-3,00 (28,39)	2,29b± 0,71 0,80-3,90 (31,13)	2,75a ± 0,92 0,90-5,20 (33,50)	2,26b± 0,67 0,70-3,70 (29,83)	P= 0,000***
Densité stomatique (sto/mm ²)	Saine Adaxiale	10,9c ± 10,2 2,1-36,3 (93,5)	20,3b ± 8,2 9,6-44,7 (40,2)	31,2b ± 15,7 17,3-101,0 (50,3)	46,1a ± 11,7 31,0-70,0 (25,4)	P= 0,000***
	Saine Abaxiale	288,6b± 47,9 186,3-352,6 (16,6)	222,7c± 34,5 134,7-306,8 (15,5)	246,1c ± 37,4 179,4-345,2 (15,2)	384,9a± 102,1 264,0- 603,0 (26,5)	P= 0,000***
	Infectée Adaxiale	Pas d'empreinte	27,8 ± 14,8 7,8- 63,6 (53,3)	26,1 ±15,2 11,0- 63,6 (58,0)	36,6 ± 20,1 12,0- 98,0 (55,1)	P> 0,05 ^{NS}

^{a,b,c,d} Séparation des groupes de populations par le test de Newman-Keuls. pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales * : P <0,05. ** : P <0,01. *** : P <0,001. NS : nos significatif. Moy : Moyenne ; E.T: Ecart type ; Min- Max : minimum-maximum ; C.V. (%): Coefficient de variation, sto : stomates.

I-1-2-1-3. Comparaison entre feuilles saines et feuilles infectées

Le test-*t* indique que les feuilles infectées de galles de la station G présentent des réductions significatives dans la longueur et la largeur des feuilles ainsi que la longueur de la foliole terminale et du pétiole. Chez les feuilles de la station AO, l'infection a fait réduire la longueur de la feuille et de la foliole terminale. Le rapport Long/largeur de la foliole terminale a également diminué sous l'effet de l'infection.

Chez les stations de M et MD tous les paramètres ont été influencés par la présence des galles à l'exception de la largeur de la foliole terminale, ainsi que la largeur de la feuille pour MD (Tableau 19).

Tableau 19. Comparaison des caractères quantitatifs mesurés entre les feuilles saines et les feuilles infectées de galles par le biais du test-*t*, chez *P. atlantica*.

Caractères	Gouttaya (G)	Ain Oussara (AO)	Messaad (M)	Médéa (MD)
Longueur de la feuille (cm).	$p= 0,000^{***}$	$p= 0,011^*$	$p= 0,000^{***}$	$p= 0,000^{***}$
Largeur de la feuille (cm).	$p= 0,016^*$	$p= 0,595^{NS}$	$p= 0,000^{***}$	$p= 0,325^{NS}$
Nombre de foliole	$p= 0,718^{NS}$	$p= 0,123^{NS}$	$p= 0,001^{**}$	$p= 0,010^*$
Longueur de la foliole terminale (cm).	$p= 0,007^{***}$	$p= 0,002^{**}$	$p= 0,000^{***}$	$p= 0,000^{***}$
Largeur de la foliole terminale (cm).	$p= 0,399^{NS}$	$p= 0,701^{NS}$	$p= 0,908^{NS}$	$p= 0,191^{NS}$
Rapport				
Longueur/largeur de la foliole terminale	$p= 0,296^{NS}$	$p= 0,004^{**}$	$p= 0,000^{***}$	$p= 0,000^{***}$
Longueur du pétiole (cm).	$p= 0,019^*$	$p= 0,100^{NS}$	$p= 0,000^{***}$	$p= 0,051^*$

* : $P < 0,05$. ** : $P < 0,01$. *** : $P < 0,001$. NS : non significatif

I-1-2-1-3 Etude des stomates

Au niveau de la face abaxiale des feuilles saines, la densité stomatique observée est en moyenne de 274,5 st/mm². Les stomates les plus denses au niveau de la face abaxiale se trouvent chez les feuilles saines de la station MD (384,93 st/mm²) alors que les moins denses sont observées chez les stations M et AO (222,71 et 246,12 st/mm², respectivement). Sur la face adaxiale, la valeur la plus élevée (46,13 st/mm²) est enregistrée pour les feuilles de la station MD et la plus faible (10,92 st/mm²) pour celles de G.

Pour les galles globuleuses, la station MD a enregistré 36,60 st/mm², tandis que la station M a enregistré la densité la plus faible avec 26,16 st/mm².

L'analyse de la variance a démontré un effet très hautement significatif de la provenance sur la densité stomatique des deux faces abaxiale et adaxiale des feuilles saines et aucun effet significatif au niveau des galles globuleuses (Tableau 18 ; Fig. 24).

I-1-2-2 Caractères qualitatifs

L'ensemble des échantillons de feuilles saines et des feuilles infectées de *P. atlantica* sont de couleur vert foncé, présentent des ailes foliaires sur leur rachis, à marge entière, possèdent des poils sur la feuille et présentent un pétiole de forme arrondie et aplatie d'un côté.

La présence de la foliole terminale a été observée chez 91,50% des feuilles saines contre 83% chez les feuilles infectées. La station M a présenté les taux les plus élevés (100%) de présence de la foliole terminale chez les feuilles saines et 88% chez les infectées. Les taux les plus faibles sont enregistrés au niveau de la station G avec 80 et 78% de présence, respectivement pour les feuilles saines et pour les feuilles infectées (Tableau 20).

Ces résultats montrent une réduction dans le pourcentage de présence de la foliole terminale chez les feuilles infectées. Le test de χ^2 révèle que cette réduction, à l'exception des feuilles de la station G, est significativement liée à l'état sanitaire des feuilles (Tableau 21).

La forme de la foliole terminale et de son apex sont dans la majorité des cas de forme elliptique et acuminée, respectivement. La forme elliptique de la foliole terminale a été enregistrée dans 95,62% des feuilles saines et 97,59 % des feuilles infectées. Au niveau des stations, la présence de cette forme varie de 90 à 100% chez les feuilles saines et de 80 à 100% chez les feuilles infectées. Concernant la forme acuminée de l'apex, celle-ci varie de 92,5 à 100% chez les feuilles saines et de 76 à 100% chez les feuilles infectées. Les valeurs moyennes obtenues sont de 97,81% et 95,78%, respectivement pour les feuilles saines et les feuilles infectées (Tableau 20).

Le test de χ^2 ne révèle aucune liaison significative entre l'état sanitaire et la forme de la foliole terminale et de son apex, ainsi que pour la taille de la foliole terminale.

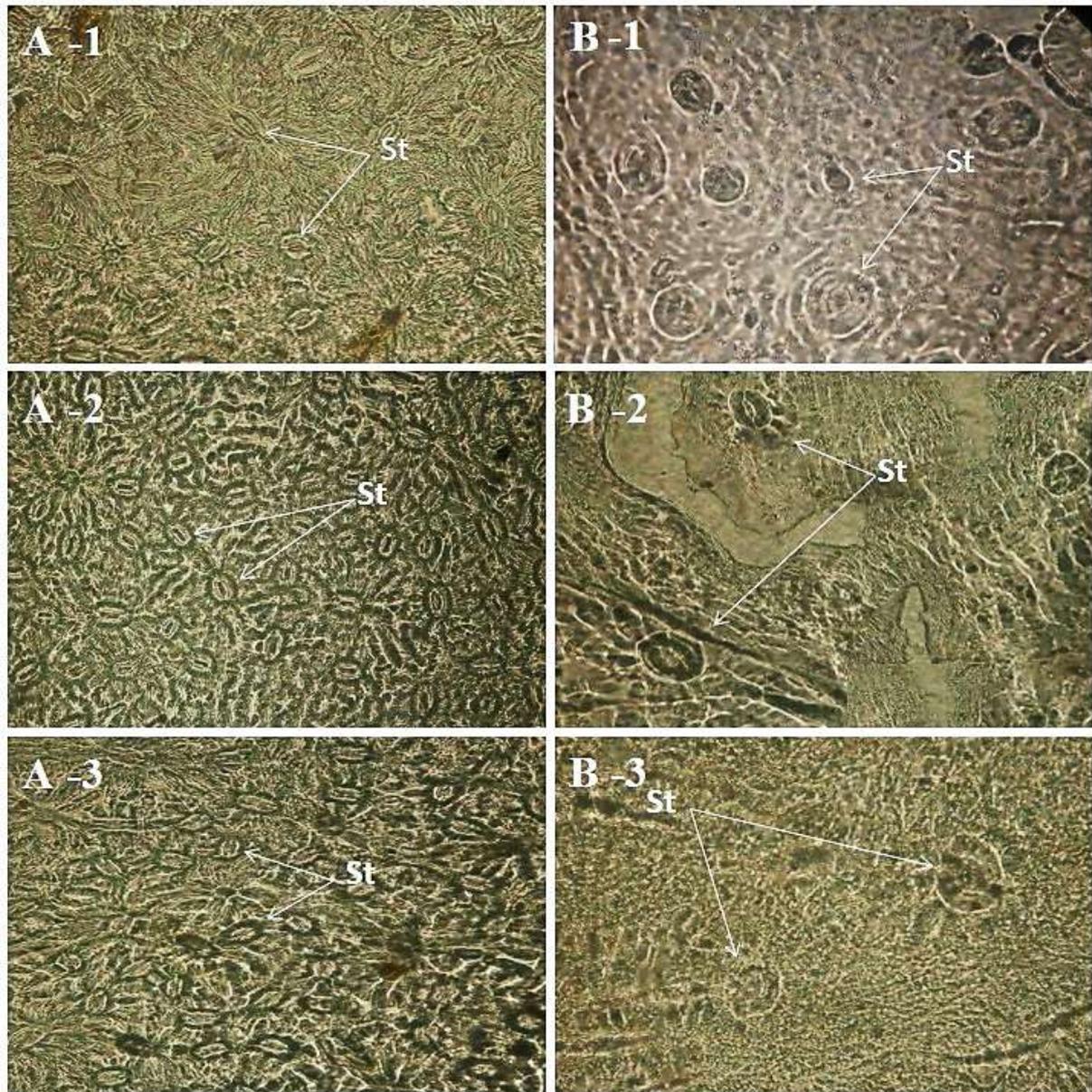


Figure 24. Photographies montrant les stomates des feuilles et des galles chez *Pistacia atlantica*. (A) face inférieure (abaxiale) des feuilles saines, (B) galles, (A-1.B-1) : Station de Ain Oussara, (A-2.B -2) : Messaad, (A-3.B -3) : Médéa (X400) (Originale).

Tableau 20. Fréquence (%) des caractères qualitatifs mesurés sur les feuilles de *P. atlantica*

Caractères		Gouttaya		Ain Oussara		Messaad		Médéa		Feuilles saines (moyenne)	Feuilles infectées (moyenne)
		Feuille Saine	Feuille infectée								
Ailes foliaires (Af)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Foliole terminale (Ft)	0	20	22	10	18	0	12	4	16	8.5	17
	1	80	78	90	82	100	88	96	84	91,5	83
Taille de la foliole terminale (Tft)	1	50	25,64	35,55	39,02	20	36,36	35,41	26,19	34,42	31,92
	2	32,5	48,71	33,33	26,82	56	31,81	47,91	42,85	43,16	37,34
	3	17	25,64	31,11	34,14	24	31,81	16,66	30,95	22,40	30,72
Forme de la foliole terminale (Fft)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	90	100	97,77	100	90,90	80	100	100	95,62	97,59
	3	7,5	0	2,22	0	9,09	8	0	0	3,82	2,40
	4	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0,54	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forme de l'apex de la foliole terminale (Fa)	1	92,5	76	97,77	82	100	76	100	84	97,81	95,78
	2	2,5	0	2,22	0	0	12	0	0	1,09	3,61
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	5	2	0	0	0	0	0	0	1,09	0,6
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marge de la feuille (Mf)	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forme du pétiole (Fp)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Couleur de la feuille (Cf)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Présence de Poils sur la feuille (Pf)	+	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les codifications et les valeurs pour les caractères sont données dans le tableau 13

Tableau 21. Résultats du test de Chi2 (χ^2) appliqués pour les fréquences (%) des caractères qualitatifs chez *P. atlantica*

Caractères	Gouttaya	Ain Oussara	Messaad	Médéa
Foliole terminale (Ft)	$\chi^2 = 0,07$ Ddl= 1 (NS)	$\chi^2 = 6,21$ Ddl= 1 (**)	$\chi^2 = 6,38$ Ddl= 1 (*)	$\chi^2 = 4$ Ddl= 1 (*)
Taille de la foliole terminale (Tft)	$\chi^2 = 4,97$ Ddl= 2 (NS)	$\chi^2 = 0,43$ Ddl= 2 (NS)	$\chi^2 = 5,84$ Ddl= 2 (NS)	$\chi^2 = 2,69$ Ddl= 2 (NS)
Forme de la foliole terminale (Fft)	$\chi^2 = 4,10$ Ddl= 2 (NS)	$\chi^2 = 0,92$ Ddl= 1 (NS)	$\chi^2 = 0,32$ Ddl= 1 (NS)	/
Forme de l'apex de la foliole terminale (Fa)	$\chi^2 = 1,33$ Ddl= 2 (NS)	$\chi^2 = 0,92$ Ddl= 1 (NS)	$\chi^2 = 3,52$ Ddl= 1 (NS)	/

Seuls les caractères ayant enregistré une variabilité dans les mesures sont concernés par le test Chi2 (χ^2).

I-2- *Pistacia terebinthus*

I-2-1 Etude des galles

I-2-1-1 Morphologie des galles

Quatre formes de galles ont été inventoriées sur les arbres de *P. terebinthus* dans les deux sites d'échantillonnage (Fig. 25) :

- Une forme globuleuse : c'est une galle sous forme de sac d'une couleur jaunâtre à pourpre à maturité d'un aspect lisse, elle se forme sur la face inférieure de la foliole en démarrant de la nervure centrale (Fig. 25 C-D) ;
- Une forme aplatie : c'est une galle qui se forme du repliement du limbe de la foliole (Fig. 25 H) ;
- Une forme arquée : c'est une galle qui se forme sur l'extrémité de la foliole d'une forme d'une demi-lune (Fig. 25 G) ;
- Une forme de banane : c'est une galle de taille considérable en forme de banane ou de corne, d'une couleur jaunâtre à rougeâtre. Elle se forme sur l'extrémité des rameaux (Fig. 25 E-F).

I-2-1-2 Fréquences relatives des formes de galles inventoriées

Les fréquences des formes de galles inventoriées sont présentées dans la figure 26. Nous remarquons, qu'au niveau de la station de Senalba (S) la fréquence d'apparition des galles globuleuses, est la plus importante (40%) suivies des galles de forme arquée (23,33%) et de forme aplatie (21,66%) et en dernier les galles en forme de banane (15%). Au niveau de la station G, seule les galles de forme aplatie ont été recensées.



Figure 25. Types de galles formées par les pucerons sur *P. terebinthus* L. au niveau des stations étudiées. (A) station de Senalba, (B) station de Gouttaya, (C-D) galle de forme globuleuse, (E-F) galle en forme de banane, (G) galle de forme arquée, (H) galle de forme aplatie (Originale).

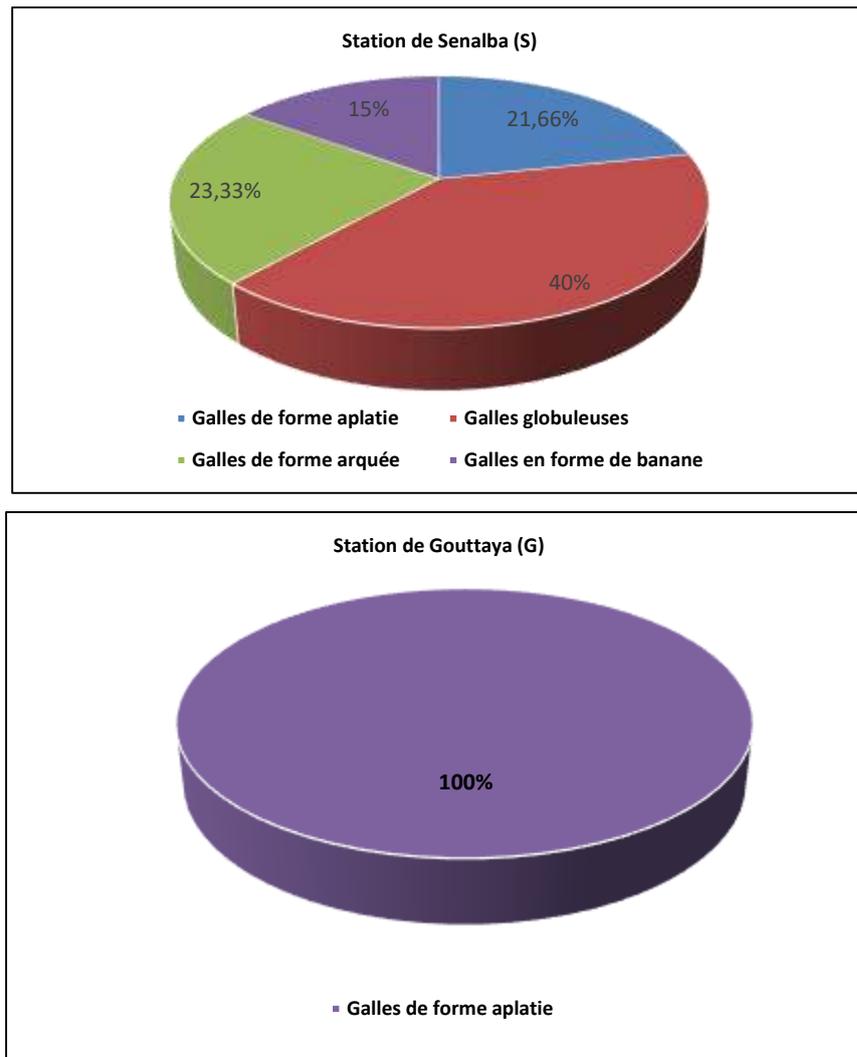


Figure 26. Fréquences relatives des formes de galles inventoriées dans les stations d'étude.

I-2-1-3 Taille des galles

Les mesures effectuées sur l'ensemble des galles échantillonnées nous ont permis de noter les points suivants (Tableau 22) :

- pour les galles globuleuses, le diamètre maximal et minimal est d'une valeur de 1,61 cm et 0,88 cm, respectivement. Tandis que leur longueur est d'une valeur de 1,61 cm ;
- les galles de forme aplatie, sont d'une longueur de 2,5 cm et une largeur de 0,61 cm au niveau de la station de S, contre 1,66 cm de long et 0,41cm de large au niveau de la station G ;
- la longueur des galles de forme arquée est en moyenne de 3,23cm, tandis que leur largeur est en moyenne de 0,86cm ;
- les galles en forme de banane sont d'une longueur moyenne de 7,15cm et d'une largeur de 2,12cm.

I-2-1-4 Identification des espèces de pucerons

L'analyse des critères morphologiques des ailés échantillonnés, nous a permis d'identifier quatre espèces de pucerons qui développent chacune une forme spécifique de galle sur *P. terebinthus* (Tableau 23 ; Fig. 27 : 1, 2, 3, 4, 5, 6)

- *Geoica utricularia* (Passerini, 1856).

Les ailés de *G. utricularia* (Passerini, 1856) échantillonnés se caractérisent par l'absence de bandes transversales sclérosées au niveau des tergites abdominales. Le troisième et le quatrième segment antennaire portent respectivement en moyenne 13 et 3 sensorias secondaires, les sensorias primaires au niveau du segment antennaire VI sont non ciliés.

La plaque anale est attachée à la cauda. Les embryons contenus dans l'abdomen de ces ailées sont pourvus de rostre. Ils portent sur leur abdomen des poils dorsaux. On peut trouver en moyenne 19 poils au niveau de la plaque anale de ces derniers (Fig. 27 : 1 et 2).

Tableau 22. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour l'ensemble des galles inventoriées chez *P. terebinthus*.

Forme de galles	Variables	Senalba (S)	Gouttaya (G)
		Moy±ET (min-max)	Moy±ET (min-max)
Galles globuleuses	1-Diamètre maximal (cm)	1,61 ± 0,35 (0,7-2,6)	
	2-Diamètre minimal (cm)	0,88 ± 0,11 (0,2-1,2)	//
	3-Longueur (cm)	1,67± 0,19 (0,88-1,67)	
Galles de forme aplatie	1-Longueur (cm)	2,5 ± 0,30 (2,1-2,9)	1,66 ± 0,46 (0,9-2,7)
	2-Largeur (cm)	0,61 ± 0,10 (0,4-0,8)	0,41 ± 0,17 (0,2-1,1)
Galles de forme arquée	1-Longueur (cm)	3,23 ± 0,86 (1,7-4,4)	//
	2-Largeur (cm)	0,86 ± 0,14 (0,7-0,86)	
Galles en forme de banane	1-Longueur (cm)	7,15 ± 2,75 (3,7-13,2)	//
	2-Largeur (cm)	2,12 ± 0,79 (1,1-3,5)	

Moy : Moyenne ; E.T : Ecart type ; Min- Max : minimum-maximum.

Tableau 23. Espèces de pucerons identifiées au niveau des galles de *P. terebinthus*

Site d'étude	Espèces identifiées	Forme de galles
Station de Senalba (S)	<i>Geoica utricularia</i> (Passerini, 1856)	Galle globuleuse.
	<i>Paracletus cimiciformis</i> Von Heyden, 1837	Galle de forme aplatie.
	<i>Forda formicaria</i> Von Heyden, 1837	Galle de forme arquée.
	<i>Baizongia pistaciae</i> (Linnaeus, 1767)	Galle en forme de banane.
Station de Gouttaya (G)	<i>Paracletus cimiformis</i> Von Heyden, 1837	Galle de forme aplatie.

- *Paracletus cimiciformis* Von Heyden, 1837.

Les ailés de *P. cimiciformis* vus sous microscope optique, se caractérisent par un segment antennaire III un peu plus long que le segment antennaire VI avec un processus terminal trop réduit et presque inexistant, de nombreuses petites rhinarias secondaires d'une forme subcirculaire et de 1 à 5 tergites abdominaux dépourvus de glandes cérifères marginales (Fig. 27 : 3 et 4).

- *Forda formicaria* Von Heyden, 1837.

Le segment antennaire VI chez les ailés de *F. formicaria*, est plus long que le segment antennaire III. Les deux segments présentent des rhinarias primaire long et large occupant l'ensemble des segments. Les rhinarias secondaires au niveau du segment antennaire III sont large et leurs nombre varient de 3 à 6. Les tergites abdominaux de 1 à 5 ne contiennent pas de glandes cérifères (Fig. 27 : 5 et 6).

- *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767).

Le troisième segment antennaire des ailés de *B. pistaciae* est un peu plus petit par rapport au segment VI. Les rhinarias secondaires sont d'une forme irrégulière et non cilié. L'article III en contient 4-5, le quatrième en contient 2-3 et le cinquième 1-2. Les tergites abdominaux sont pourvus de glandes marginales cérifères (Fig. 27 : 7 et 8).

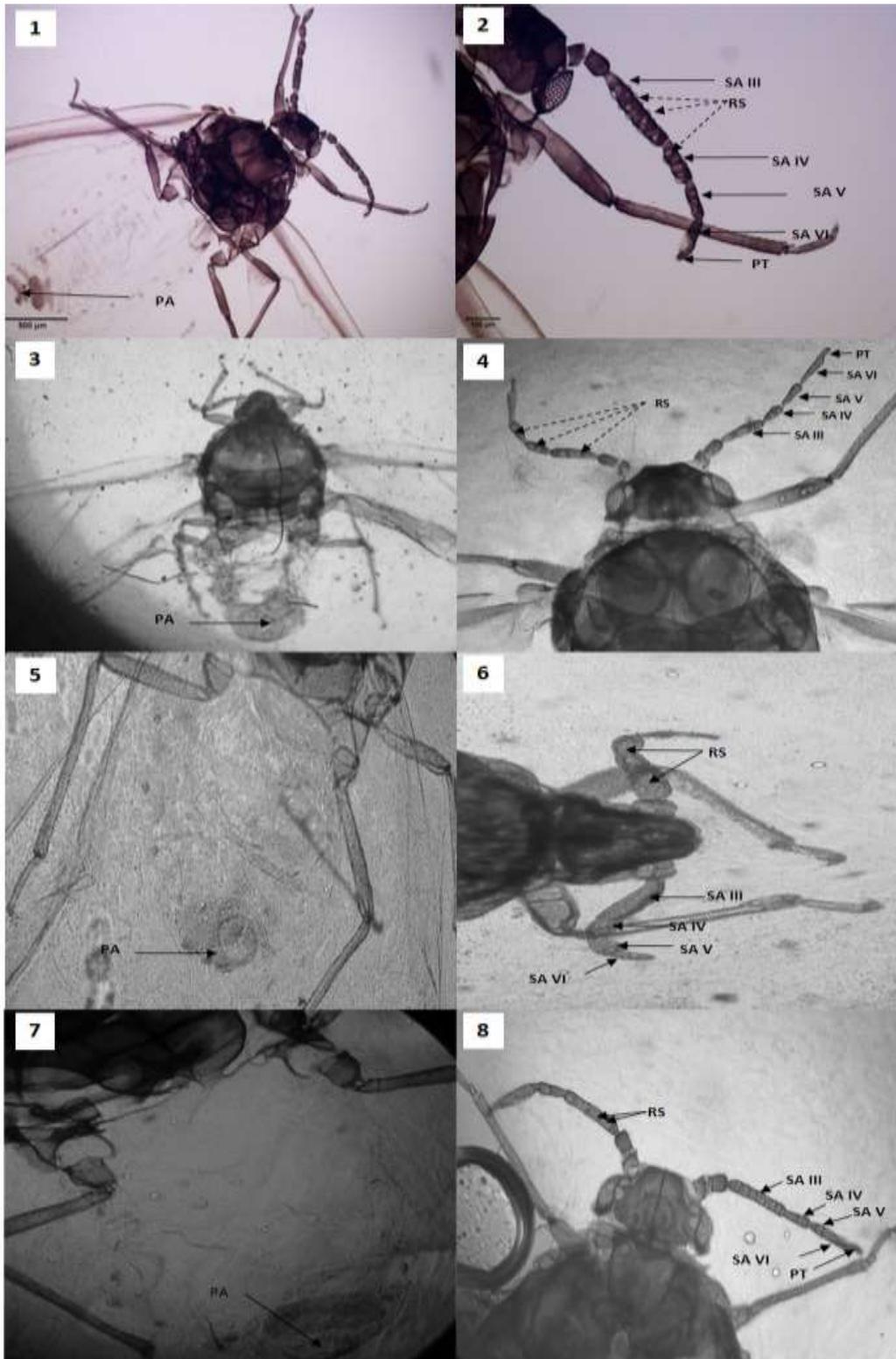


Figure 27. Observation sous microscope optique des ailés identifiés chez *Pistacia terebinthus*. (1-2) ailé de *Geoica utricularia* (Passerini, 1856) ; (3-4) ailé de *Paracletus cimiciformis* von Heyden, 1837 ; (5-6) ailé de *Forda formicaria* Von Heyden, 1837 (7-8) ailé de *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767). (PL) : plaque anale, (SA) segment antennaire, (PT) : processus terminale, (RS) : rhinaria secondaire (Originale).

I-2-2 Morphologie des feuilles saines et des feuilles infectées de galles chez *P. terebinthus*

I-2-2-1 Caractères quantitatifs

I-2-2-1-1 Feuilles saines

Les feuilles de la station de Senalba (12,25 cm de long et 11,38 de large) sont plus longues et plus larges par rapport à celles de Gouttaya (10,49 cm de long et 7,15 cm de large). De même, la foliole terminale est plus large (1,70 cm) et plus longue (5,99 cm) chez les feuilles de S par rapport à G. Le nombre de folioles est en moyenne de 8,40 pour G contre 7,36 pour S. Le pétiole est plus long (3,35 cm) chez les feuilles de S, contre (2,84 cm) chez celles de G (Tableau 24).

Tableau 24. Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour les feuilles saines et les feuilles infectées de galles chez *P. terebinthus*.

Caractères	Etat de la feuille	Gouttaya Moy±ET min-max (CV)	Senalba Moy±ET min-max (CV)	P
Longueur de la feuille (cm).	Saine	10,49±1,62 8,40-12,19 (15,45)	12,25±12,25 8,31-14,59 (21,10)	$p= 0,23^{NS}$
	Infectée	9,77±1,46 7,68-11,10 (15,01)	8,74±1,32 7,29-10,11 (15,17)	$p= 0,27^{NS}$
Largueur de la feuille (cm).	Saine	7,15±1,43 5,66-8,97 (20,08)	11,38±2,19 8,76-13,79 (19,32)	$p= 0,000^{***}$
	Infectée	7,35±0,45 7,01-8,00 (6,19)	9,14±1,17 8,22-11,10 (12,83)	$p= 0,01^*$
Nombre de foliole	Saine	8,40±1,26 6,90-10,40 (15,08)	7,36±1,05 6,60-9,20 (14,30)	$p= 0,195^{NS}$
	Infectée	7,64±1,27 5,90-9,20 (16,62)	7,10±1,01 6,30-8,70 (14,25)	$p= 0,47^{NS}$
Longueur de la foliole terminale (cm).	Saine	3,76±0,53 3,20-4,26 (14,24)	5,99±1,47 3,95-7,15 (24,57)	$p= 0,01^*$
	Infectée	3,79±0,59 3,13-4,70 (15,57)	3,88±1,28 2,23-5,57 (33,07)	$p= 0,89^{NS}$
Largeur de la foliole terminale (cm).	Saine	1,27±0,18 0,98-1,51 (14,93)	1,70±0,42 1,10-2,05 (24,65)	$p= 0,07$
	Infectée	1,25±0,14 1,07-1,43 (11,64)	1,24±0,31 1,67 (25,30)	$p= 0,98^{NS}$
Rapport Longueur/largeur	Saine	2,98±0,40 2,52-3,38 (13,52)	3,71±0,22 3,42-3,94 (5,95)	$p= 0,01^*$
	Infectée	2,98±0,27 2,57-3,31 (9,05)	3,05±0,34 2,45-3,32 (11,33)	$p= 0,74^{NS}$
Longueur du pétiole (cm).	Saine	2,84±(0,46) 2,39-3,59 (16,28)	3,35±0,61 2,61-4,22 (18,38)	$p= 0,17^{NS}$
	Infectée	2,77±0,25 2,48-3,14 (9,03)	2,91±1,09 2,15-4,80 (37,63)	$p= 0,78^{NS}$
Densité stomatique (stomates/mm ²)	Saine	20,14± 8,35	20,01± 5,08	$p= 0,582$
	Adaxiale	7,01-38,94 (41,48)	12,11-30 (25,40)	
	Abaxiale	306,85±49,16 228,94-392,63 (16,02)	269,20±23,01 200- 312,11 (8,54)	$p= 0,001^{**}$
	Galle	85,78±15,97	82,63±23,40	
	Adaxiale	63,16-116,84 (18,61)	48,42-132,63 (28,53)	$p= 0,947$

* : P <0,05. ** : P <0,01. *** : P <0,001. NS : nos significatif ; Moy : Moyenne ; E.T : Ecart type ; Min- Max : minimum-maximum ; C.V. (%): Coefficient de variation.

I-2-2-1-2 Feuilles infectées de galles

Les feuilles infectées issues de la station G sont plus longues (9,77 cm) que celles de la station S (8,74 cm), mais ces dernières sont à l'écart les plus large (9,14 cm). Le nombre de folioles est d'une moyenne de 7,64 chez les feuilles de la station G contre 7,10 chez les feuilles de la station S.

La foliole terminale chez les feuilles de G présente une longueur de 3,79cm et une largeur de 1,25cm, contre 3,88cm de longueur et 1,24cm de largeur au niveau de la station S.

Le pétiole des feuilles de la station S est plus long (2,91cm) que celui des feuilles de la station de G (2,77cm).

L'application du test-*t* pour les variables des feuilles saines des deux stations, a montré un effet significatif de la provenance sur la largeur de la feuille, la longueur de la foliole terminale ainsi que le rapport longueur/largeur de la foliole terminale. Par contre, une différence significative au niveau de la largeur des feuilles infectées entre les deux stations a été enregistrée (Tableau 24).

I-2-2-1-3 Comparaison entre feuilles saines et feuilles infectées

La comparaison entre feuilles saines et les feuilles infectées par le biais du test-*t*, n'a révélé aucun effet significatif de la formation des galles sur la macromorphologie des feuilles au niveau de la station de G, alors qu'au niveau de la station S, des différences significatives entre les deux types de feuilles ont été enregistrées au niveau la longueur de la feuille et du rapport longueur/largeur de la foliole terminale (Tableau 25).

I-2-3 Etude des stomates

La densité stomatique au niveau de la face adaxiale des feuilles saines est en moyenne de 20,14 stomates/mm² au niveau de G et 20,01 stomates/mm² au niveau de S. Quant à la face abaxiale les valeurs les plus élevées s'observent au niveau de la station G (306,85 st/mm²).

Pour les galles, la station G a enregistré 85,78 st/mm², tandis que la station S a enregistré 82,63 st/mm².

Le test-*t* a montré un effet significatif de la provenance sur la densité stomatique sur la face abaxiale des feuilles saines et aucun effet significatif au niveau de la face adaxiale des feuilles saines et des galles (Tableau 24 ; Fig. 28).

Tableau 25. Comparaison des caractères quantitatifs mesurés entre les feuilles saines et les feuilles infectées de galles par le biais du test-*t* chez *P. terebinthus*.

Caractères	Gouttaya (G)	Senalba (S)
Longueur de la feuille (cm).	$p= 0,48^{NS}$	$p= 0,02^*$
Largueur de la feuille (cm).	$p= 0,77^{NS}$	$p= 0,079^{NS}$
Nombre de foliole	$p= 0,37^{NS}$	$p= 0,700^{NS}$
Longueur de la foliole terminale (cm).	$p= 0,93^{NS}$	$p= 0,055^{NS}$
Largeur de la foliole terminale (cm).	$p= 0,84^{NS}$	$p= 0,102^{NS}$
Rapport Longueur/largeur de la foliole terminale	$p= 0,99^{NS}$	$p= 0,012^*$
Longueur du pétiole (cm).	$p= 0,78^{NS}$	$p= 0,457^{NS}$

* : $P < 0,05$. ** : $P < 0,01$. *** : $P < 0,001$. NS : non significatif.

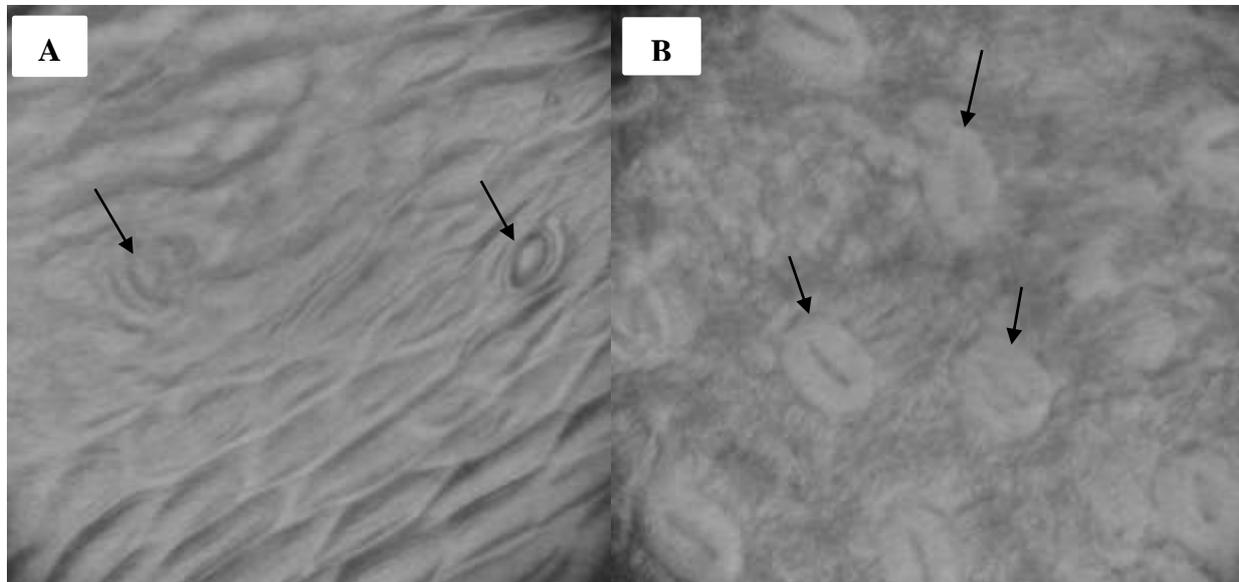


Figure 28. Photographies montrant les stomates des feuilles et des galles chez *Pistacia terebinthus* L. (A) galles. (B) la face abaxiale des feuilles saines (G : x400) (Originale).

I-2-3-1 Caractères qualitatifs

Les feuilles saines ou les feuilles infectées de *P. terebinthus* sont de couleur vert foncé, présentent des ailes foliaires sur le rachis et des folioles à marge plate avec des poils.

La foliole terminale est présente avec taux moyen de 77% chez les feuilles saines (90% à G et 64% à S). Chez les feuilles infectées nous avons enregistré un taux de présence de 74 % au niveau de G et 62 % au niveau de S, soit un taux moyen de 68%.

Concernant la forme de la foliole terminale, la majorité des feuilles saines (93,09%) présentent une foliole terminale de forme elliptique contre 85,17% chez les feuilles infectées.

L'apex de forme acuminé est présent chez 84,44% des feuilles saines de G, contre 96,88% à S. Pour les feuilles infectées le taux de présence de la forme acuminé varie de 86,48% pour G à 83,87% pour S.

Chez *P. terebinthus*, toutes les feuilles qu'elles soient saines ou infectées, présentent un pétiole de forme arrondi et aplati sur un côté (Tableau 26).

Tableau 26. Fréquence (%) des caractères qualitatifs mesurés sur les feuilles de *P. terebinthus*.

Caractères		Gouttaya (G)		Senalba (S)		Feuilles saines (moyenne)	Feuilles infectées (moyenne)
		Feuille Saine	Feuille infectée	Feuille Saine	Feuille infectée		
Ailes foliaires (Af) (%)	0	2	2	0	0	1	1
	1	98	98	100	100	99	99
	2	0	0	0	0	0	0
Foliole terminale (Ft) (%)	0	10	26	36	38	23	32
	1	90	74	64	62	77	68
Taille de la foliole terminale (Tft) (%)	1	28,89	13,51	28,13	6,45	28,50	9,98
	2	33,33	62,16	28,13	38,70	30,72	50,43
	3	37,78	24,32	43,75	54,83	40,76	39,58
Forme de la foliole terminale (Fft) (%)	1	0	0	0	0	0	0
	2	95,56	86,48	90,63	83,87	93,09	85,17
	3	4,44	0	0	0	2,22	0
	4	0	13,51	9,38	16,12	9,37	14,82
	5	0	0	0	0	0	0
Forme de l'apex de la foliole terminale (Fa) (%)	1	84,44	86,48	96,88	83,87	90,65	85,17
	2	2,22	2,70	0	0	1,11	1,35
	3	0	0	0	0	0	0
	4	8,89	10,81	3,13	16,12	6,00	13,46
	5	4,44	0	0	0	2,22	0
Marge de la feuille (Mf) (%)	1	100	100	100	100	100	100
	2	0	0	0	0	0	0
Forme du pétiole (Fp) (%)	1	0	4	0	0	0	2
	2	0	2	0	0	0	1
	3	100	94	100	100	100	97
Couleur de la feuille (Cf) (%)	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	100	100	100	100	100	100
Présence de Poils sur la feuille (Pf) (%)	+	100	100	100	100	100	100
	-	0	0	0	0	0	0

II-Discussion des résultats

Nos échantillons de galles de *P. atlantica* prélevés au niveau des sites d'étude, nous ont permis d'identifier deux espèces de pucerons à savoir *Geoica mimeuri* et *Forda riccobonii* responsables respectivement des galles de forme globuleuses et de forme en croissant.

Les spécimens examinés des adultes ailés de *G. mimeuri*, présentent des caractéristiques morphologiques assez proches de celles examinées par Davatchi & Remaudière (1957) où ils décrivent un article III environ 2 fois plus long que l'article V et la base de l'article VI, 1,2 à 1,4 fois plus grand que l'article apical du rostre. Une plaque anale ornée de 35 à 50 soies et des embryons dépourvus de rostre. Notre étude est la première dans son genre qui a permis de signaler l'existence de *G. mimeuri* en Algérie. En effet, cette espèce a été reportée uniquement au Maroc (Blackman & Eastop, 2018). Laamari et al. (2010) ont mentionné seulement l'existence, du genre (*Geoica* spp.) dans la région d'Oum Elbouaghi, sans nommer des espèces.

Selon Davatchi & Remaudière (1957), *G. mimeuri* a été découverte pour la première fois en août 1917 au Maroc sur *P. terebinthus* par Mimeur. Ce dernier avait envoyé des exemplaires de cette espèce en 1927 à Gaumont lequel l'avait reconnu comme une nouvelle espèce en 1930 (Gaumont, 1930). Davatchi & Remaudière (1957) ont confirmé la validité de l'espèce *G. mimeuri* et avaient complété sa description. Selon la littérature (Davatchi & Remaudière, 1957 ; Brown & Blackman, 1994 ; Blackman & Eastop, 2018) cette espèce vit également sur *P. atlantica*. Il s'agit d'une espèce monoécique holocyclique (Blackman & Eastop, 2018). Les individus ailés qui sortent des galles n'émigrent pas. Ce sont des sexupares (Davatchi & Remaudière, 1957). Leurs embryons sont dépourvus de rostres (Davatchi & Remaudière, 1957 ; Brown & Blackman, 1994). Toutefois, il existerait, à titre exceptionnel, des ailés intermédiaires entre de vrais sexupares et d'émigrants virginipares (virgo-sexupares) qui contiendraient des embryons pourvus de rostres, ce qui suggérerait la possibilité d'un cycle hétéroécique complet avec migration se superposant au cycle monoécique sur l'hôte primaire (Davatchi & Remaudière, 1957). Lors de nos observations, nous n'avons remarqué aucun virgo-sexupares. Tous les individus étudiés étaient des sexupares. Le reste des espèces du genre *Geoica* ont un cycle hétéroécique (Blackman & Eastop, 2018).

Concernant *F. riccobonii*, celle-ci présente un cycle de type hétéroécique holocyclique (Martinez, 2008 ; Blackman & Eastop, 2018) complexe qui dure deux ans (Wool, 2003 ; Mifsud et al., 2009). Contrairement à *Geoica* sp., *Slavum wertheimae* Hille Ris Lambers, 1957 et *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767), cette espèce développe deux formes de galles sur le

Pistachier de l'Atlas. Une petite galle sphérique de couleur rouge qui apparaît au printemps, formée par la fondatrice (Martinez, 2009). Ensuite, les fondatrigènes forment une deuxième galle sur le bord des folioles voisines par l'élaboration d'une séquence de chambres articulées à l'intérieur desquelles elles se reproduisent (Wool, 1995). A l'automne, les fondatrigènes ailées quittent les galles de leur premier hôte à la recherche de leur deuxième hôte (graminées) (Wertheim, 1954 ; Mifsud et al., 2009). Sur les racines de ce dernier, plusieurs générations se forment par parthénogénèse et au printemps suivant, des ailés (ré-émigrants) retournent sur l'hôte primaire afin d'engendrer des formes sexués (mâle et femelle) qui donneront naissance à des œufs qui n'éclosent qu'au printemps de l'année suivante (Wool, 2003). L'espèce est originaire de la région méditerranéenne (Maroc, Algérie, Italie, Espagne et Malte) mais elle est aussi connue en Asie du Sud-Ouest (Mifsud et al., 2009), en Israël (Martinez, 2008), en Turquie et en Inde (Ghosh, 1984).

Concernant *P. terebinthus* quatre espèces de pucerons ont été déterminées, il s'agit de *G. utricularia* ; *P. cimiciformis* ; *F. formicaria* et *B. pistaciae*, responsables, respectivement, des galles en forme globuleuses, aplaties, arquées et bananes.

D'après Blackman & Eastop (2018), un ensemble de treize espèces de pucerons gallicoles peuvent s'attaquer à *P. terebinthus* à savoir : *Aploneura lentisci*, *Aulacorthum solani*, *Forda hirsuta*, *Forda riccobonii*, *Forda formicaria*, *Geoica mimeuri*, *Geoica utricularia*, *Geoica donisthorpei*, *Smynthuodes betae*, *Paraclitus cimiciformis*, *Baizongia pistaciae*. Laammari et al. (2009) ont cité un ensemble de 3 espèces qui se développent sur *Pistacia* spp. en Algérie à savoir : *Baizongia pistaciae* ; *Geoica* sp. et *Smynthuodes betae*. Alors que Mellah et al. (2016) ont noté la présence de cinq espèces de pucerons qui se développent sur *P. terebinthus* dans le mont du Tessala (Sidi Bel Abbés/Algérie) : *G. utricularia*, *P. cimiciformis*, *B. pistaciae*, *F. marginata* et *F. formicaria*.

L'ensemble des espèces identifiées sur *P. terebinthus* présentent un cycle de vie de type hétéroécique. A l'arrivée du printemps l'éclosion de l'œuf donne naissance à une fondatrice qui induit la formation d'une galle où elle se reproduit parthénogénétiquement et donne naissance à une ou deux générations, à la fin de l'été les galles s'ouvrent et les pucerons ailés partent coloniser les racines de leurs hôtes secondaires souvent des graminées et développent leur propre cycle de vie. Une exception à cela la fondatrice de *F. formicaria* qui induit la formation d'une galle temporaire au niveau de l'apex de la foliole et par la suite elle donne naissance par parthénogénèse à des fondatrices qui sortent de la galle et aillent former des galles définitives

sur le bord de la foliole et le cycle continu (Alvarez et al., 2009 ; Blackman & Eastop, 2018). Dans certaines régions et par absence de l'hôte primaire (*P. terebinthus*), les espèces citées précédemment présentent un cycle anholocyclique ou les populations se reproduisent seulement par parthénogénèse sur leur hôte secondaire (Blackman & Eastop, 2018).

Par ailleurs, dans presque l'ensemble des peuplements de *P. atlantica* et de *P. terebinthus*, nous avons remarqué une dominance de l'abondance des galles globuleuses par rapport aux autres types de galles. C'est ainsi que Mellah et al. (2016) ont noté une dominance de 71% des galles globuleuses de *G. utricularia* sur *P. terebinthus* au niveau de Sidi Bel Abbés en Algérie. Inbar et al. (1995) ont démontré que les galles globuleuses et les galles en croissant rentrent en compétition sur les ressources alimentaires de *Pistacia palaestina*, ce qui provoquera en fin de saison la mortalité de 84% des galles en croissant. Les galles globuleuses (*Geoica* sp.) se caractérisent par des faisceaux vasculaires de taille importantes ce qui leurs permettra de détourner le transport normal du phloème de la plante et de réduire la quantité d'assimilat importés par *F. formicaria* (Inbar et al., 1995).

La résistance de la plante hôte face aux attaques des herbivores peut réagir sur les interactions compétitives entre ces derniers. Les espèces de *Hayhurstia atriplicis* ont réduit 9% de l'abondance des espèces de *Pemphigus betae* qui se nourrissent ensemble sur les plantes du genre *Chenopodium*. En revanche, sur les plantes résistantes à la galle de *H. atriplicis* l'abondance de *P. betae* n'a pas été affectée (Moran & Whitham, 1990).

Nous avons ainsi remarqué une variation de distribution des espèces de pucerons entre les sites d'étude chez les deux espèces (*P. atlantica* et *P. terebinthus*). Selon Inbar & Kark (2007), les densités des populations des espèces de pucerons gallicoles sont fortement influencées par le site d'étude. Ceci peut également être expliqué par la disponibilité et la variabilité des ressources alimentaires présentes dans le site. En effet, d'après Hughes & Walker (1970), les ressources alimentaires déterminent le développement des insectes. De même, la nature complexe du cycle de vie de certains pucerons qui nécessitent l'alternance entre un hôte primaire et les racines d'un hôte secondaire non spécifique peut influencer leur distribution (Wool, 1984). Martinez et al. (2005) ont remarqué que le développement des populations et l'abondance des galles de *B. pistaciae* est influencé par l'âge et l'architecture des arbres de *P. palestinae*, la colonisation des arbres est ainsi influencée par la proximité de l'hôte secondaire. Cette condition s'avère primordiale pour l'installation de l'insecte ravageur et le développement de galles par la suite.

L'évaluation des changements provoqués suite à la formation de galles sur les feuilles des deux espèces *P. atlantica* et *P. terebinthus* permettent d'apporter des informations primordiales pour la compréhension de la nature de la relation puceron-*P. atlantica* et puceron-*P. terebinthus*.

Une grande variabilité intra-spécifique a été enregistrée pour la majorité des variables quantitatives mesurées pour les feuilles saines et infectées de *P. atlantica*. Cette hétérogénéité peut être expliquée par les différences des conditions climatiques entre les stations où les plantes mettent en place une série de mécanismes et particularités morphologiques et physiologiques qui leur permettent de résister et de croître. Selon Strenstrom et al. (2002), les caractéristiques morphologiques des feuilles (taille et forme) sont en grande partie contrôlées génétiquement, cependant, ils peuvent dépendre des conditions de l'environnement qui règnent durant la formation de la feuille. Nos résultats montrent que les valeurs des dimensions des feuilles de *P. atlantica* au niveau de la station M (aride frais) se rapprochent de celles de la station de MD (Semi-aride tempéré). Nous pouvons donc conclure que *P. atlantica* n'a pas connu de modifications macromorphologiques en réponse à l'aridité du milieu ou bien le stress exercé n'était pas si important pour déclencher des changements notables. Les dimensions réduites qu'ont présentées les feuilles de la station G (appartenant à l'étage semi-aride) par rapport aux autres stations sont peut-être dû à la juvénilité des sujets. Toutefois, les travaux de Belhadj et al. (2008) et Ait Said et al. (2011) ont rapporté une diminution des dimensions des feuilles en réponse à un gradient environnemental.

Dans notre étude, nous avons montré que la majorité des caractères morphologiques pris en considération ont été affectés par la formation des galles au niveau des populations de *P. atlantica* des deux stations M et MD où des différences significatives ont été enregistrées entre les dimensions des feuilles saines et infectées. Les feuilles infectées présentent des dimensions réduites pour la majorité des caractères quantitatifs étudiés sauf pour la longueur du pétiole qui est plus long chez les feuilles infectées que celui des feuilles saines. D'après Christelle (2007), les piqûres des aphides sont irritatives et toxiques pour la plante, elles provoquent la déformation des feuilles. Selon Douglas (2003) et Shorthouse et al. (2005), les insectes gallicoles ont une grande capacité à contrôler et réorienter la croissance ainsi que la physiologie de l'organe attaqué, et par conséquent, engendré une réduction de la croissance de la plante hôte. *Slavum wertheimae* [H.R.L], provoque la destruction des bourgeons axillaires de *P. atlantica* (Martinez, 2008). Selon Simpson et al. (2004), l'infestation de *Brassica oleracea* var.

capitata L. par *Mysus persicae* Sulzer, a réduit sa capacité à effectuer la photosynthèse optimale et a entraîné la réduction de sa croissance par la suite.

Par ailleurs, d'après Martinez & Wool (2006), une meilleure croissance a été notée chez les individus de *P. atlantica* et *P. terebinthus* qui poussent au bord de la route et bénéficient d'un important approvisionnement en eau par rapport à ceux qui poussent dans le milieu naturel. Ce qui concorde avec nos résultats où nous avons remarqué une taille importante des feuilles ainsi que des pieds vigoureux dans le cas des pistachiers de l'Atlas qui se trouvent dans des Dayas (station de AO et M) qui sont des dépressions fermées où se concentrent les eaux de ruissellement et ainsi au niveau des champs cultivés (station de MD) par rapport aux pistachiers de la station de G qui est une forêt naturelle.

L'étude des stomates, nous a montré que les folioles sont de type amphistomatique chez les deux espèces (*P. atlantica* et *P. terebinthus*) où le nombre de stomates sur la face inférieure est plus important que celui de la face supérieure, ce qui concorde avec la littérature (AL-Saghir, 2006 ; Belhadj, 2007 ; Belhadj et al., 2007 ; Belhadj et al., 2011; Ait Said et al., 2011 ; Doghbage, 2011 et Mellah et al., 2016). Une variabilité de la densité stomatique a été enregistrée entre les populations sur les deux faces foliaires pour *P. atlantica* et seulement la face inférieure chez *P. terebinthus*. Les résultats montrent que plus l'aridité augmente plus le nombre de stomates diminue. Le nombre le plus important a été enregistré chez les feuilles de MD (384,93st/mm²) appartenant à l'étage bioclimatique Semi-aride tempéré et le plus faible au niveau de la station AO (222,71st/mm²) appartenant à l'étage bioclimatique aride frais. Ces résultats ne s'accordent pas avec ceux de kadi-Bennane *et al.* (2005), Belhadj et al. (2007) et Ait Said *et al.* (2011), pour lesquels, le nombre de stomates chez le pistachier de l'Atlas s'accroît avec l'aridité. Nos résultats rejoignent ceux d'Erchidi et al. (2000) et de Gomez-Del-Campo et al. (2003) où le déficit hydrique a réduit de façon significative la densité stomatique des feuilles du blé et de la vigne. Par ailleurs, l'UNESCO (1960) dans une recherche sur les zones arides a signalé que les feuilles en réponse à l'aridité du milieu, diminuent leur nombre de stomates pour pouvoir réduire la transpiration ce qui corrobore avec nos résultats.

Les galles en forme globuleuse et aplatie, dont l'épiderme externe est dérivé de la face inférieure de la feuille (Alvarez et al., 2016), ont présenté un nombre réduit de stomates par rapport au nombre enregistré sur la face inférieure des feuilles saines. A ce stade, il nous est difficile de discuter nos résultats vu qu'il n'existe pas de travaux similaires cités dans la littérature. Néanmoins, Sun et al. (2015), ont démontré que le puceron peut déclencher la

fermeture des stomates afin de diminuer la teneur en eau de la plante hôte. Cette manipulation aide le puceron à absorber l'eau du xylème afin de neutraliser la pression osmotique du phloème. Ceci dénote que la pathogénie du puceron gallicole peut influencer la physiologie de la plante-hôte au point de diminuer le nombre de stomates au niveau des formations galliques.

Conclusion

La présente étude constitue le premier recensement des pucerons gallicoles chez *P. atlantica* et *P. terebinthus* dans quelques milieux naturels en Algérie. La réalisation de notre travail de recherche nous a amené à tirer plusieurs conclusions dont les principaux points sont les suivants :

Six espèces de pucerons gallicoles ont été inventoriées, dont deux espèces qui s'attaquent à *P. atlantica*, à savoir, *Geoica mimeuri*, signalée pour la première fois en Algérie (provoquant des galles globuleuses) et *Forda riccobonii* (provoquant des galles en forme de croissant). Les espèces qui s'attaquent à *P. terebinthus* sont au nombre de quatre : *Geoica utricularia* ; *Paraclotus cimiciformis* ; *Forda formicaria* et *Baizongia pistaciae*, responsables respectivement des galles de forme globuleuse, aplatie, arquée et de banane.

Les conditions du milieu ont influencé significativement la distribution et l'abondance des espèces de pucerons et de leurs galles. Nous avons enregistré une dominance du genre *Geoica* dans l'ensemble des stations pour les deux espèces *P. atlantica* et *P. terebinthus*.

Les spécimens récoltés de *G. mimeuri* présente un corps moyen de 2,22 mm de long et des antennes formés de six articles d'une longueur moyenne de 0,67 mm, contenant dans leurs abdomens des embryons dépourvus de rostre. Tandis que les spécimens de *F. riccobonii* ont un corps moyen de 2,92 mm de long, leurs antennes sont ainsi formées de six articles d'une longueur moyenne de 0,65 mm. Toutefois, la morphométrie de ces deux espèces n'a pas été influencée par les conditions du milieu.

La morphologie des feuilles saines et infectées (*P. atlantica* et *P. terebinthus*) a été influencée par la station, l'infection a réduit d'une façon générale la taille des feuilles (la longueur des feuilles de *P. atlantica* passe de 10,29 cm à 8,86 cm et de 7,25 cm à 6,5 cm pour la largeur) dans presque l'ensemble des stations à l'exception des feuilles de *P. terebinthus* dans la station de Gouttaya qui n'ont pas été influencées par la formation des galles.

La densité stomatique a été significativement réduite au niveau des surfaces galliques par rapport à la face inférieure des feuilles saines, elle est de 284,56 et 288,02 sto/mm² chez les feuilles saines de *P. atlantica* et *P. terebinthus* respectivement et de 30,16 et 84,20 sto/mm² chez les feuilles infectées respectivement pour *P. atlantica* et *P. terebinthus*.

Le présent travail, constitue une étude préliminaire sur les pucerons gallicoles de *P. atlantica* et de *P. terebinthus*. Il nécessite d'être plus approfondi afin d'aborder les différents aspects de la relation puceron gallicole-plante, considérée par Dorchin et al., (2002) comme probablement l'une des relations les plus complexes (insecte-plante).

Enfin et en perspectives, vu la grande diversité bio-climatique du pays et la diversité des milieux occupés par les deux espèces étudiées, il serait intéressant de procéder à un échantillonnage plus vaste sur d'autres stations, afin d'inventorier toutes les espèces d'aphides présentes, d'augmenter la possibilité de déterminer de nouvelles espèces et enfin de mener une étude sur leur interaction avec les conditions écologiques.

Une étude comparative de la structure anatomique des feuilles saines et des galles, ainsi qu'une caractérisation moléculaire des différentes espèces inventoriées de pucerons sont également souhaitables.

Références bibliographiques

1. Abdelguerfi A., Chehat F., Ferrah A., Yahiaoui S. (2009). Quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité au niveau national. MATET-FEM-PNUD. 121P.
2. Agabi, C. (1995). Daya. (daïa). *Encyclopédie berbère*, (15), 2246-2248.
3. Ahmeid Al-Nagar, O. & Nieto Nafria, J.M. (1998). Notes on Libyan aphids: new recorded species from North Africa. In J.M. Nieto Nafria & A.F.G. Dixon (dirs.). *Aphids in natural and managed ecosystems* (pp. 325-327), Universidad de León, Secretariado de Publicaciones, León.
4. Ait Ouamer, Y., Belhadj, S., & Oumouna, M. (2020). Comparaison Des Composants Phyllospheriques Des Feuilles De Neuf Populations Spontanées De Deux Espèces Du Genre *Pistacia* (*P. Lentiscus* et *P. Atlantica*). *Revue Agrobiologia*, 10(2), 2088-97.
5. Ait Radi, A. (1979). *Multiplication par voie végétative et par semis de Pistacia atlantica Desf. et de Ailantus altissima*. [Thèse Ingénieur, INA El Harrach].
6. Ait Said, S., Fernandez, C., Greff, S., Derridj, A., Gauquelin, T., & Mevy, J. P. (2011). Inter-population variability of leaf morpho-anatomical and terpenoid patterns of *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* growing along an aridity gradient in Algeria. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(4), 397-405.
7. Al Nagar, O. A., & Nafria, J. M. N. (1998). Notes on Libyan aphids: new recorded species from North Africa. In *Aphids in natural and managed ecosystems:(proceedings of the fifth International Symposium on Aphids, September 15th-19th, 1997)* (pp. 325-327). Secretariado de Publicaciones.
8. Al-Saghir, M. G., & Porter, D. M. (2005). Stomatal distribution in *Pistacia* sp. (Anacardiaceae). *Int. J. Bot*, 1(2), 183-187.
9. Al-Saghir, M. G. (2006). *Phylogenetic analysis of the genus Pistacia (Anacardiaceae)*. [Thèse de doctorat. Virginia Tech].
10. Al-Saghir, M. G. (2010). Phylogenetic analysis of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae) based on morphological data. *Asia Journal of Plant Sciences*, 9(1), 28-35.
11. Al-Saghir, M. G. & Porter D. M. (2012). Taxonomic revision of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 3, 12-32.

12. Alvarez, R., Encina, A., & Hidalgo, N. P. (2009). Histological aspects of three *Pistacia terebinthus* galls induced by three different aphids: *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata* and *Forda formicaria*. *Plant Science*, 176(2), 303-314.
13. Álvarez, R. (2012). Microscopic study of the walls of galls induced by *Geoica utricularia* and *Baizongia pistaciae* in *Pistacia terebinthus* : a contribution to the phylogeny of Fordini. *Arthropod-Plant Interactions*, 6(1), 137-145.
14. Alvarez, R., Martinez, J. J. I., Munoz Viveros, A. L., Molist, P., Abad Gonzalez, J., & Nieto Nafria, J. M. (2016). Contribution of gall microscopic structure to taxonomy of gallicolous aphids on *Pistacia*. *Plant Biology*, 18, 868–875.
15. Badri, D. V., Quintana, N., El Kassis, E. G., Kim, H.K., Choi, Y.H., Sugiyama, A., Verpoorte, R., Martinoia, E., Manter, D.K., & Vivanco, J. M. (2009). An ABC transporter mutation alters root exudation of phytochemicals that provokes an overhaul of natural soil microbiota. *Plant Physiol.*, 151:2006–2017.
16. Bagnouls, F., & Gausсен, H. (1953). Dry season and xerothermic index. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 88, 193-239.
17. Battinger, R. (2004). *Chaînes alimentaires et écosystèmes : dossier d'autoformation*. Educagri.
18. Belhadj, S. (1999). Pistachio situation in Algeria. *Fao., Ciheam.Nucis News Letter*, 8, 30-30.
19. Belhadj, S. (2007). *Etude Eco-Botanique de P. atlantica Desf. (Anacardiaceae) en Algérie préalable à la conservation des ressources génétique de l'espèce et sa valorisation*. [Thèse de doctorat d'État en sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie].
20. 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.
21. Belhadj, S., Derridj, A., Moriana, A., Gijon, M. D . C., Mevy, J. P. & 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), 060-069.
22. Bellakhdar, J. (1997). *Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle au Maroc: la situation actuelle, les produits, les sources du savoir (enquête ethnopharmacologique de terrain réalisée de 1969 à 1992)*. [Thèse de doctorat, Université Paul Verlaine-Metz].

23. Benhassaini, H. (1998). *Importance agro-écologique et composition biochimique de quelques espèces de Pistacia*. [Mémoire de magister, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès].
24. Benhassaini, H. & Belkhodja, M. (2004). Le Pistachier de l'Atlas en Algérie : entre survie et disparition. *La feuille et l'aiguille*, 54, 1-2.
25. Berendsen, R. L., Pieterse, C. M., & Bakker, P. A. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in plant science*, 17(8), 478-486.
26. Blackman, R. L. (1978). Early development of the parthenogenetic egg in three species of aphids (Homoptera: *Aphididae*). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 7(1), 33-44.
27. Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (1994). *Aphids on the world's trees: an identification and information guide*. Cab International.
28. Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). *Aphids on the world's crops: an identification and information guide* (No. Ed. 2). John Wiley & Sons Ltd.
29. Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2006). *Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs* (Vol.02). Wiley.
30. Blackman R. L. & Eastop V.F., 2018. *Aphids on World's plants*. An online identification and information guide. Consulté le 14 Janvier 2018 <http://www.aphidsonworldsplants.info>.
31. Blanguernon, C. (1955). Le Hoggar et ses écoles nomades. *Documents algériens: Série monographies*, (15).
32. Bodenheimer, F.S., & Swirski, E. (1957). *The Aphidoidea of the Middle East*. Jerusalem, Israel: Weizmann Science Press of Israel.
33. Bouabdelli, Z., Belhadj, S., Smail-Saadoun, N., Mévy, J. P., Notonnier, R., Tonetto, A., ... & Gauquelin, T. (2018). Influence de l'aridité sur la variation de la colonisation mycorhizienne arbusculaire chez cinq populations naturelles algériennes du pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica* desf.). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 73(3), 330-344.
34. Bouabdellii, Z. (2019). *Study Of Mycorrhizes Of Species Of The Genus Pistacia, Based On Edapho-Climatic Conditions In Algeria*. [Thèse de doctorat, Université de Ziane Achour de Djelfa, Algérie].
35. Boudy, P. (1952). *Guide du forestier en Afrique du nord* (pp. 195-196). La maison rustique.
36. Boudy, P. (1955). *Economie forestière Nord-Africaine. Description forestière de l'Algérie vol. 1, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie*. Larose.

37. Boukhris-Bouhachem, S. *et al.* (2007). Aphid (Hemiptera: Aphidoidea) diversity in Tunisia in relation to seed potato production. *Bulletin des séances de la Société entomologique de France*, 43(3), 311-318.
38. Boyd, M. A., Berner, L. T., Doak, P., Goetz, S. J., Rogers, B. M., Wagner, D., ... & Mack, M. C. (2019). Impacts of climate and insect herbivory on productivity and physiology of trembling aspen (*Populus tremuloides*) in Alaskan boreal forests. *Environmental Research Letters*, 14(8), 085010.
39. Brown P. A., & Blackman R. L. (1994). Morphometric variation in the *Geoica utricularia* (Homoptera: Aphididae) species group on *Pistacia* (Anacardiaceae), with descriptions of new species and a key to emigrant alatae. *Systematic Entomology*, 19, 119-132.
40. C.F.D. (2015). *Rapport de la Conservation des forêts de la wilaya de Djelfa*.
41. C.F.D. (2017). *Rapport de la Conservation des forêts de la wilaya de Djelfa*.
42. C.F.M. (2015). *Rapport de la Conservation des forêts de la wilaya de Médea*.
43. Chenoune, K. (2005). La flore et la végétation du Hoggar. *Bois & forêts des tropiques*, 284, 79-83.
44. Cherqui, A., & Tjallingii, W. F. (2000). Salivary proteins of aphids, a pilot study on identification, separation and immunolocalisation. *Journal of Insect Physiology*, 46(8), 1177-1186.
45. Christelle, L. (2007). *Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en envi-ronnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons*. [Thèse de doctorat, Agro Paris Tech, Paris].
46. Cornell, H.V. (1983). The secondary chemistry and complex morphology of galls formed by the Cynipinae (Hymenoptera): why and how? *American Midland Naturalist*, 110(2), 225-234.
47. Dahmani, W. (2011). *Etude de la variabilité morphologique du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans les zones steppiques de la région de Tiaret*. [Thèse de doctorat, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella].
48. Dajoz, R. (1971). *Précis d'écologie*. Dunod.
49. Davatchi, A., & Remaudiere, G. (1957). Quelques *Fordinae* nouveaux ou peu connus des *Pistacia* (Hom. Aphidoidea). *Revue de Pathologie végétale et d'entomologie agricole de France*, 36 (3), 165-183.

50. Dedryver, C. A., & Gellé, A. (1982). Biologie des pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. IV. Etude de l'hivernation de populations anholocycliques de *Rhopalosiphum padi* L., *Metopolophium dirhodum* Wlk. et *Sitobion avenae* F. sur repousses de céréales dans trois stations de Bretagne et du Bassin Parisien. *Acta Oecol. Oecol. Applic.*, 3, 321-342.
51. Dixon, A. F. G. (1971). The role of aphids in wood formation. I. The effect of the sycamore aphid, *Dreopanosiphum platanoides* (Schr.) (Aphididae), on the growth of sycamore, *Acer pseudoplatanus* (L.). *Journal of Applied Ecology*, 165-179.
52. Dixon, A. F. G. (1998). *Aphid Ecology: An Optimization Approach*. 2 e éd. Chapman & Hall.
53. Djebaili, S. (1984). *Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien*. OPU.
54. Doghbage, A. (2011). *Contribution à l'étude de la variabilité des caractères foliaires et stomatiques de quatre espèces du genre Pistacia en Algérie*. [Mémoire de Magister. Département des Sciences Agronomiques. Université de Djelfa].
55. Doghbage, A., Belhadj, S., Gauquelin, T., Greff, S., Tonetto, A., Derridj, A., & Mevy, J. P. (2021). Wax Chemical Composition And Morphology In Four Pistacia Species From Algeria. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 11(2), 17-17.
56. Dorchin, N., Freidberg, A., & Aloni, R. (2002). Morphogenesis of stem gall tissues induced by larvae of two cecidomyiid species (Diptera: Cecidomyiidae) on Suaeda monoica (Chenopodiaceae). *Canadian journal of botany*, 80(11), 1141-1150.
57. Douglas, A. E. (2003). The nutritional physiology of aphids. *Advances in Insect Physiology*, 31, 73-140.
58. Douglas, A. E. (2008). Conflict, cheats and the persistence of symbioses. *New Phytol*, 177: 849-858.
59. Erchidi, A. E., Benbella, M., & Talouizte, A. (2000). Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement grain chez neuf variétés de blé dur soumis au stress hydrique. *CIHEAM, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*, 40, 279-282.
60. Evreinoff, V. A. (1964). Notes sur le Jujubier (*Zizyphus sativa* G.). *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 11(5), 177-187.
61. Forrest, J. M. (1987). Gallling aphids. *Aphids, their biology, natural enemies and control*, 341-354.
62. Fraval, A. (2006). Les pucerons- 2ème partie. *Insectes*, 142, 27-38.

63. Gätjens-Boniche, O. (2019). The mechanism of plant gall induction by insects: Revealing clues, facts, and consequences in a cross-kingdom complex interaction. *Revista de Biología Tropical*, 67(6), 1359-1382.
64. Gaumont, L. (1930). Deux Pemphigella nouveaux de l'Afrique du Nord [Hem. Aphidae]. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 35(18), 278-283.
65. Ghosh, A. K., 1984. *The fauna of India and the adjacent countries, Homoptera: Aphidoidea, Part 3 Subfamily Pemphiginae*. Zoological survey of India.
66. Gillon, Y., & Gillon, D. (1973). Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : Données quantitatives sur les arthropodes. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 2, 297-323.
67. Giner-Larza, E. M., Máñez, S., Recio, M. C., Giner, R. M., Prieto, J. M., Cerdá-Nicolás, M., & Ríos, J. L. (2001). Oleanonic acid, a 3-oxotriterpene from *Pistacia*, inhibits leukotriene synthesis and has anti-inflammatory activity. *European journal of pharmacology*, 428(1), 137-143.
68. Giner-Larza, E. M., Máñez, S., Giner, R. M., Recio, M. C., Prieto, J. M., Cerdá-Nicolás, M., & Ríos, J. (2002). Anti-inflammatory triterpenes from *Pistacia terebinthus* galls. *Planta medica*, 68(04), 311-315.
69. Giordanengo, P., Febvay, G., & Rahbé, Y. (2007). Comment les pucerons manipulent les plantes. *Biofutur*, 279, 35.
70. Godin, C., & Boivin, G. (2002). Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec. *Agriculture et agroalimentaire Canada*, 31, 04-30.
71. Golan-Goldhirsh, A., Barazani, O., Wang, Z. S., Khadka, D. K., Saunders, J. A., Kostiuksky, V. & Rowland, L. J. (2004). Genetic relationships among Mediterranean *Pistacia* species evaluated by RAPD and AFLP markers, *Plant Systematics and Evolution*, 246, 9-18.
72. Gómez-del-Campo, M., Ruiz, C., Baeza, P., & Lissarrague, J. R. (2003). Drought adaptation strategies of four grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.): modification of the properties of the leaf area. *OENO One*, 37(3), 131-143.
73. Grassé, P. P. (1951). *Traité de Zoologie. Insectes supérieurs et Hémiptéroïdes*, Tome X Paris, Masson.
74. Gülsoy, S., Süel, H., Negiz, M. G., & Özkan, K. (2011). Ecological properties of *Pistacia terebinthus* L. subsp. palaestina (Boiss.) : A case study from Buldan district, Denizli-Turkey. In *II. International Non-Wood Forest Products Symposium* (pp. 125-134).

75. Hales, D. F., Wilson, A. C., Sloane, M. A., Simon, J. C., Legallic, J. F., & Sunnucks, P. (2002). Lack of detectable genetic recombination on the X chromosome during the parthenogenetic production of female and male aphids. *Genetics Research*, 79(3), 203-209.
76. Halitim, A. (1988), Sols des régions arides d'Algérie, OPU.
77. Hartmann, A., Rothballer, M., Schmid, M. (2008). Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. *Plant Soil*. 312, 7-14.
78. Hatamnia, A. A., Abbaspour, N., & Darvishzadeh, R. (2014). Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica* subsp. kurdica) fruits. *Food chemistry*, 145, 306-311.
79. Herrbach, E., Sauvion, N., Boudon-Padieu, E., Lett, J. M., Reynaud, B., & Sforza, R. (2013). Une relation trophique originale : la vexion entomophile d'agents pathogènes. *Des Insectes et des Plantes*, 1-24.
80. Houard, C. (1909). *Les Zoocécidies des Plantes d'Europe et du Bassin de la Méditerranée*. Vols 1+2. Paris : 1365 figs. A. Hermann et Fils.
81. Hughes, R. D. & Walker, J.M. (1970). The role of food in the population dynamics of the Australian bush fly. In A. Watson (dir.), *Animal populations in relation to their food resources* (pp. 259-269). Bfackwell, Oxford.
82. Hullé, M., Renoust, M., Turpeau, E., (1998). New aphid species detected by permanent aerial sampling programmes in France. In J.M. Nieto Nafria & A. F. G. Dixon (dirs.), *Aphids in Natural and Managed Ecosystems* (pp. 365–369). León, Spain, Universidad de León, Secretariado de Publicaciones.
83. Hullé, M., Chaubet, B., Turpeau, E. & Simon J. C. (2020). *Encyclop'Aphid*: a website on aphids and their natural enemies. *Entomologia generalis*. Consulté le 14 Janvier 2018 sur doi:10.1127/entomologia/2019/0867.
84. Inbar, M., Eshel, A., & Wool, D. (1995). Interspecific competition among phloem-feeding insects mediated by induced host-plant sinks. *Ecology*, 76(5), 1506-1515.
85. Inbar, M., Wink, M., & Wool, D. (2004). The evolution of host plant manipulation by insects: molecular and ecological evidence from gall-forming aphids on *Pistacia*. *Molecular phylogenetics and evolution*, 32(2), 504-511.
86. Inbar, M., & Kark, S. (2007). Gender-related developmental instability and herbivory of *Pistacia atlantica* across a steep environmental gradient. *Folia Geobotanica*, 42, 401-410.

87. IPGRI (1998). Descriptors for *Pistacia* spp (excluding *P. vera* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome
88. Javed, S., & Agurla, R. (2016). *The Cardinal Traits of Insect Morphology and Physiology*. Educreation Publishing.
89. Kadi-Bennane, S., Ait-Said, S., & Smail-Saadoun, N. (2005). Etude adaptative de trois populations de *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* (Ain Oussera-Messaad-Taissa) par le biais du complexe stomatique. *Opt. Méd*, 63, 365-368.
90. Kadik, B. (1986). Aperçu sur les sols et la végétation des pineraies d'Eghti (Sidi Bel Abbès). *Annal. Rech. For. Algérie*, 1, 7-22.
91. Kadik, L. (2005). *Etude phytosociologique et phytoécologique des formations à Pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) de l'étage bioclimatique semi-aride algérien*. [Thèse de Doctorat. Es Sciences, USTHB. Alger].
92. Kafkas, S. (1998). Suitability of some selected and fast growing *P. atlantica*, Desf. types as pistachio nut rootstock. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 33, 185-190.
93. Kafkas, S. & Perl-Treves, R. (2002). Interspecific relationships in *Pistacia* based on RAPD fingerprinting. *Horticultural Science* 37(1), 168-171.
94. Karimi, H. R, Kafkas, S. (2011). Genetic relationships among *Pistacia* species studied by SAMPL markers. *Plant Syst. Evol.*, 297, 207-12.
95. Kaska, N. (1990). Pistachio research and development in the Near East, North Africa and Southern Europe. In U.G. Menini, H, Ölez, M. Büyükyilmaz & S. Ozelkök (dirs.) *Nut Production and Industry in Europe, Near East and North Africa* (pp. 133-160). REUR Technical Series, 13.
96. Kaska, N. (1994). Pistachio nut growing in Turkey. In *I International Symposium on Pistachio* (pp. 161-164).
97. Khaldi A. and Khoudja M.K. (1996). Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in North Africa: taxonomy, geographical distribution, utilization and conservation. In S. Padulosi, T. Caruso & E. Barone (dirs.), *Taxonomy, distribution, conservation and uses of Pistacia genetic resources. Proceedings of the IPGRI Workshop* (pp. 57-62). Palermo, Italy.
98. Khelil, A., & 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.
99. Khichane, M. (1988). *Étude 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.)*. [Mémoire d'ingénieur, INA, Alger].

100. Koach, J. & Wool, D. (1977). Geography distribution and host specificity of gall-forming aphids (Homoptera, Fordinae) on *Pistacia* trees in Israel. *Marcellia*, 40, 207-216.
101. Laamari, M., Jousselin, E., & d'Acier, A. C. (2009). Assessment of aphid diversity (Hemiptera: Aphididae) in Algeria: a fourteen-year investigation. *Faunistic entomology*, 62(2), 73-87.
102. Laamari, M., Coeur D'acier, A., & Jousselin, E. (2010). Assesment of aphid diversity (Hemiptera: Aphididae) in Algeria: a fourteen-year investigation. *Faunistic Entomology*, 62, 73-87.
103. Laamari, M., Coeur D'acier A. & Jousselin E. (2013). New data on aphid fauna (Hemiptera, Aphididae) in Algeria. *ZooKeys*, 319, 223-229.
104. Lambers, H., Mougel, C., Jaillard, B., & Hinsinger, P. (2009) Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant Soil*, 321, 83-115.
105. Le Houérou, H. N., Claudin, J., & Pouget, M. (1977). Etude bioclimatique des steppes algériennes (Bioclimate study of the Algerian rangelands). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 68, 37-74.
106. Leclant, F. (1978). *Les pucerons des plantes cultivées. Clef d'identification. I Grandes cultures*. Association de coordination technique agricole.
107. Leclant, F. (1987). *L'étude bioécologique des aphides de la région méditerranéenne. Implications agronomiques*. [Thèse de doctorat, Académie de Montpellier Université des Sciences et Techniques du Languedoc].
108. Leclant, F. (2000). *Les pucerons des plantes cultivées clefs d'identification : II Culture maraîchères*. Inraacta.
109. Lieutaghi, P. (2004). Le végétal : pratique d'un monde périlleux. *Ethnologie française*, 34(3), 397-406.
110. Limane, A., Smail-Saadoun, N., Belkebir-Boukais, A., & Kissoum-Ham dini, K. (2014). Root architecture adaptation of *Pistacia atlantica* subsp *atlantica* according to an increasing climatic and edaphic gradient : case of north-south transect in Algeria. *Turkish Journal of Botany*, 38 (3), 536-549.
111. Lindow, S. E., & Brandl M. T. (2003). Microbiology of the phyllosphere. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 1875–1883.
112. Louzabi, S., Belhadj, S., & Bouragba Brague, N. (2016). Morphology of healthy leaves and galling leaves in *Pistacia terebinthus* L. In O. Kodad *et al.*, (dirs.), *XVI GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios, 12-14 March, 2015. CIHEAM, Options*

- Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens* (pp. 221-224). Meknes, Morocco.
113. Makhlouf, L. (1992). Comportement des principales techniques de fixation de sable d'El- Mesrane. In *Ier Séminaire National sur le Développement des Zones Arides et Semi Arides*. (pp. 36-46).
114. Martinez, J. J. I. (2008). Impact of a gall-inducing aphid on *Pistacia atlantica* Desf. Trees. *Arthropod Plant Interactions*, 2(3), 47-151.
115. Martinez J. J. I. (2009). Population ecology of *Forda riccobonii* (Stefani) (Hemiptera: Pemphigidae) on *Pistacia atlantica*. *Orient Insects*, 43, 241-251.
116. Martinez, J. J., Mokady, O., & Wool, D. (2005). Patch size and patch quality of gall-inducing aphids in a mosaic landscape in Israel. *Landscape Ecology*, 20(8), 1013-1024.
117. Martinez, J. J., & Wool, D. (2006). Sampling bias in roadsides: the case of galling aphids on *Pistacia* trees. *Biodiversity & Conservation*, 15(7), 2109-2121.
118. Mattson, W. J. (1980). Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual review of ecology and systematics*, 11, 119-161.
119. Mazzola, P., Raimondo, F. M. & Venturella, G. (1996). Natural occurrence and distribution of *Pistacia* species in Italy. In S. Padulosi, T. Caruso & E. Barone (dirs.), *Taxonomy, distribution, conservation and uses of Pistacia genetic resources* (pp. 12-19). IPGRI, Palermo, Italy.
120. Mechiah, F., Boutelba, I., & Smail-Saadoun, N. (2021). Variability of the rhizospheric mycodiversity of the Algerian *Pistacia atlantica* Desf. *Acta Ecologica Sinica*. 1872-2032
121. Mellah, H. (2007). *Approche anatomique des radicules du pistachier de l'Atlas (Pistacia atlantica Desf. subsp. atlantica) : cas de la population de Oued Bésbès, Wilaya de Médéa*. [Mémoire d'ingénieur Agronome, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie].
122. Mellah, R., Enhassaïni, H. B., & Álvarez, R. A. (2016). Histo-anatomy of *Pistacia terebinthus* L. leaflets galls induced by *Paracletus cimiciformis* von Heyden and *Geoica utricularia* Passarini. Two aphids in western Algerian region. *International Journal of Geobotanical Research*, 6, 1-8.
123. Merbah, K. Z. A., Belhadj, S., Louzabi, S., & Bendechou, A. (2021). Influence Du Nacl Sur Quelques Parametres Morpho-physiologiques Et Biochimiques De Jeunes

- Plantules De Deux Espèces Spontanées De *Pistacia* (*P. Lentiscus* L. et *P. Atlantica* Desf.). *Agrobiologia*, 10(3), 2129-2140.
124. Mifsud, D., Pérez Hidalgo, N., & Barbagallo, S. (2009). Aphids (Hemiptera: Aphidoidea) associated with native trees in Malta (Central Mediterranean). *Bulletin of the Entomological Society of Malta*, 2, 81-93.
 125. Miles, P. W. (1999). Aphid saliva. *Biological reviews*, 74(1), 41-85.
 126. Miyazaki, M. (1987). Forms and morphs of aphids. In A. K. Mins & P. Harewijn (dirs.), *Aphids, their biology, natural enemies and control, vol A* (pp. 27-50). Amsterdam, Elsevier.
 127. Monastra, F., Rovira, M., Vargas, F. J., Romero, M. A., Batlle, I., Rouskas, D., & Mendes Gaspar, A. (1997). Isozyme characterization of different *Pistacia* species and their hybrids. Study of their performance as rootstocks for *Pistacia vera* L. *Options Méditerranéennes. Serie B: Etudes et recherches (CIHEAM)*, 16, 133-142.
 128. Monjauze, A. (1968). Distribution and ecology of *Pistacia atlantica* Desf. *Algeria. Bull Soc Hist Nat Afr Nord*, 56, 1-128.
 129. Monjauze, A. (1980). Connaissance du « betoum » *Pistacia atlantica* Desf. *Biologie et forêt. Rev. For. Fran.* 4, 357-363.
 130. Monjauze, A. (1982). Le pays des dayas et *Pistacia atlantica* Desf. dans le Sahara Algérien. *Revue forestière française*, 34(4), 277-291.
 131. Moran, N. (1992). The evolution of aphid life cycles. *Annu. Rev. Entomol.*, 37, 321-348.
 132. Moran, N. A., & Whitham, T. G. (1990). Interspecific competition between root-feeding and leaf-galling aphids mediated by host-plant resistance. *Ecology*, 71(3), 1050-1058.
 133. Morsli, A., Belarbi, B. & 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 Abbès).
 134. Mouissa, H., Fournier, R. A., Oldache, E. H., & Bellatreche, M. (2018). Détection des changements au niveau d'un couvert forestier en milieu semi-aride entre 1984–2009: Cas de la forêt de Senalba Chergui de Djelfa (Algérie). *Canadian Journal of Remote Sensing*, 44(2), 113-130.

135. Musset, R. (1935). Les calculs relatifs aux régimes pluviométriques. Fraction pluviométrique, écart pluviométrique relatif, coefficient pluviométrique relatif. *Geocarrefour*, 11(1), 75-85.
136. Nafria, J. M. N., Durante, M. P. M., & Prieto, F. G. (2005). *Hemiptera: Aphididae. III* (Vol. 28). Editorial CSIC-CSIC Press.
137. Nedjimi, B., & Guit, B. (2012). Les steppes algériennes : causes de déséquilibre. *Algerian journal of arid environment*, 2(2), 50-61.
138. Nedjraoui, D. (2004). Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 239-243.
139. Nègre, R. (1962). *Petite flore des régions arides du Maroc occidental* (Tome II). C.N.R.S.
140. Niazi, M. R., Habib, G., & Siddiqui, M. M. (1999). Nutrient composition and in-vitro digestibility of leaves of some wild and cultivated trees of Balochistan [Pakistan] for ruminant livestock (Pakistan). *Pakistan Journal of Forestry*, 49, 69-74.
141. Oldache, E. H. (2021). Le barrage vert : Bilan physique et perspectives. *Annales de la Recherche Forestière en Algérie*, 11, 7-20.
142. Oukara, F. Z., Chaouia, C., & Benrebaha, F. Z. (2017). Contribution to the study of the effect of the water stress on morphological and physiological behavior of *Pistacia atlantica* Desf. seedlings. *AgroBiologia*, 7(1), 225-232.
143. Ozden-Tokatli, Y., Akdemir, H., Tilkat, E., & Onay, A. (2010). Current status and conservation of *Pistacia* germplasm. *Biotechnology Advances*, 28, 130-141.
144. Ozenda, P. (1983). *Flore du Sahara*. Deuxième édition. C.N.R.S.
145. Parfitt, D. E., & Badenes, M. L. (1997). Phylogeny of the Genus *Pistacia* as Determined from Analysis of the Chloroplast Genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(15), 7987-7992.
146. Pouget, M. (1980). *Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises* (Vol. 116). Paris, Orstom.
147. Price, P.W., Fernandes, G.W., & Waring, G.L. (1987). Adaptive nature of insect galls. *Environmental Entomology*, 16, 15-24.
148. Price, P.W., Waring, G.L., & Fernandes G.W. (1986). Hypotheses on the adaptive nature of galls. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 88, 361-363.

149. Quézel, P. & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Tome II). C.N.R.S.
150. Quézel, P. (1965). *La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie*. G. F. Verlag-Stuttgart.
151. Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Environmental séries. Elsevier.
152. Ramade, F. (1984). *Ecologie fondamentale*. Mac Graw Hill.
153. Rameau, J. C., Mansion, D., Dumé, G., & Gauberville, C. (2008). *Flore forestière française tome 3, région méditerranéenne: Guide écologique illustré* (Vol. 3). CNPF-IDF.
154. Rastogi, G., Coaker, G. L., & Leveau, J. H. (2013). New insights into the structure and function of phyllosphere microbiota through high-throughput molecular approaches. *FEMS microbiology letters*, 348(1), 1-10.
155. Rauf, A., Al-Awthan, Y. S., Muhammad, N., Shah, M. M., Mitra, S., Emran, T. B., ... & Mubarak, M. S. (2022). Pharmacological investigation of genus *Pistacia*. In A. E. Hany (dir.), *Natural Medicinal Plants* (pp. 117-138). London, IntechOpen.
156. Remaudière, G., & Remaudiere, M. (1997). *Catalogue of the world's Aphididae: Homoptera Aphidoidea*. Institut National de la Recherche Agronomique.
157. Rivas-Martinez, S. (2005). Notions on dynamic-catenal phytosociology as a basis of landscape science. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 139(2), 135-144.
158. Rostamikia-Noki, Y., Imani, M., Fattahi, A., & Sharifi, J. (2009). Site demands, quantitative and qualitative characteristics of wild pistachio in Khakhal forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(4), 499-489.
159. Roussou, M. (2018). Identification des restes archéologiques du genre *Pistacia* L. : approches morphologique et morphométrique traditionnelle et géométrique. [Mémoire de Master 2, Museum national d'histoire naturelle de Paris].
160. Sandström, J., Telang, A., & Moran, N. A. (2000). Nutritional enhancement of host plants by aphids- a comparison of three aphid species on grasses. *Journal of Insect Physiology*, 46(1), 33-40.
161. Sauvion, N., Charles, H., Febvay, G., & Rahbé, Y. (2004). Effects of jackbean lectin (ConA) on the feeding behaviour and kinetics of intoxication of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 110(1), 31-44.

162. Seigne, A. (1985). *La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes*. G.P. Maison neuve et Larousse.
163. Seltzer P., 1946.- Les climats de l'Algérie. Trav. Inst. Mét. Phys. Glo. Algérie, Hors série, 219 p. 1 carte.
164. Shorthouse, J. D., Wool, D. & Raman, A. (2005). Gall-inducing insect – Nature's most sophisticated herbivores. *Basic and Applied Ecology*, 6, 407-411.
165. Simpson, K. L. S., Jackson, G. E., & Grace, J. (2012). The response of aphids to plant water stress—the case of *Myzus persicae* and *Brassica oleracea* var. capitata. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142(3), 191-202.
166. Smith, J. S., & Tedders, W. L. (1980). Light measurements for studying sooty mold growth on simulated pecan foliage. *Transactions of the ASAE*, 23(2), 481-484.
167. Somon, J. (1987). *Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie*. OPU.
168. Stenström, A., Jónsdóttir, I. S., & Augner, M. (2002). Genetic and environmental effects on morphology in clonal sedges in the Eurasian Arctic. *American Journal of Botany*, 89(9), 1410-1421.
169. Stewart, P. H. (1969). Quotient pluviométrique et dégradation bio sphérique : quelques réflexions. *Bull. soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 59(4), 23-36.
170. Sun, Y. Guo, H. Yuan, L. Wei, J. Zhang, W., & Ge, F. (2015). — Plant stomatal closure improves aphid feeding under elevated CO₂. *Global Change Biology*, 21, 2739-2748.
171. Sylvester, E. S. (1988). Virus transmission studies. In A. K. Minks and P. Harrewign (dirs.), *World crop pests : aphids. their biology, natural enemies, and control*, vol. 2B (pp. 69-81). Elsevier, Amsterdam.
172. Sylvester, E. S. (1989). Virus transmitted by aphids. In A. K. Minks and P. Harrewign (dirs), *World crop pests : aphids, their biology, natural enemies, and control*, vol. 2C (pp. 65-87). Elsevier, Amsterdam.
173. Tanya, D. (2002). *Aphids*. Bio-Integral Resource Center, Berkeley.
174. Tatchell, G. M. (1989). An estimate of the potential economic losses to some crops due to aphids in Britain. *Crop Protection*, 8, 25-29.
175. Tirse, M., & Benhassaini, H. (2016). *Etude microphytodermique des folioles de Pistacia et des genres affiliés à la famille des Anacardiaceae en région Nord occidentale oranaise* [Mémoire de Magister, Université Djilali Liabès de Sidi Bel Abbès, Algérie].

176. Tjallingii, W. F. (2006). Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. *J. Exp. Bot.*, 57, 739-745.
177. Topçu, G., Ay, M., Bilici, A., Sarıkürkcü, C., Öztürk, M., & Ulubelen, A. (2007). A new flavone from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus*. *Food Chemistry*, 103(3), 816-822.
178. Traveset, A. (1994). Influence of type of avian frugivory on the fitness of *Pistacia terebinthus* L. *Evolutionary Ecology*, 8(6), 618-627.
179. Tzakou, O., Bazos, I., & Yannitsaros, A. (2007). Volatile metabolites of *Pistacia atlantica* Desf. from Greece. *Flavour and fragrance journal*, 22(5), 358-362.
180. UNESCO. (1960). — *Les plantes médicinales des régions arides, recherches sur les zones arides, n°13*. UNESCO, Paris.
181. Wertheim, G. (1954). Studies on the biology and ecology of the gall producing aphids of the tribe *Fordini* (Homoptera: Aphidoidea) in Israel. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 105, 79-96.
182. Wood, B. W., Tedders, W. L., & Reilly C. C. (1988). Sooty mold fungus on pecan foliage suppresses light penetration and net photosynthesis. *Hort Science*, 23, 851-853.
183. Wool, D. (1984). Gall forming aphids. In T.N. Ananthakrishnan (dir.), *Biology of gall insects* (pp. 11-58). Oxford and IBH, New Delhi.
184. Wool, D. (1995). Aphid-induced galls on *Pistacia* in the natural forest of Israel: which, where, and how many? *Israel Journal of Zoology*, 41, 591-600.
185. Wool, D. (2003). Gall-inducing aphids: biology, ecology and evolution. In R. Raman, C.W. Schaefer. & T.M. Withers (dirs.), *Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods* (pp. 73-132). Science, Enfield.
186. Wool, D. (2004). Gallling aphids: specialization, biological complexity, and variation. *Annual review of entomology*, 49(1), 175-192.
187. Wool, D. (2005). Gall-inducing aphids: biology, ecology, and evolution. *Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods*, 1, 73-132.
188. Wool, D. (2012). Autecology of *Baizongia pistaciae* (L.): a monographical study of a galling aphid. *Israel Journal of Entomology*, 41(42), 67-93.
189. Yi, T., Jun, W., Golan-Goldhirsh, A. & Parfitt, D. E. (2008). Phylogenetics and reticulate evolution in *Pistacia* (Anacardiaceae). *American Journal of Botany* vol. 92 (2), 241-251.

190. Zerey-Belaskri, E., & Benhassaini, H. (2016). Morphological leaf variability in natural populations of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* along climatic gradient : New features to update *Pistacia atlantica* subsp. *atlantica* key. *International Journal of Biometeorology*, 60(4), 577-589.
191. Zhang, H.C. & Qiao, G.X. (2007). Systematic status of the genus *Formosaphis* Takahashi and the evolution of galls based on the molecular phylogeny of Pemphigini (Hemiptera: Aphididae: Eriosomatinae). *Systematic Entomology*, 32(4), 690-699.
192. Zohary, D. (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. *Palestine Journ. Bot. J.*, 5(4), 187-228.
193. Zohary, D. (1995). Taxonomy-the genus *Pistacia* L. *Taxonomy, distribution, conservation and uses of Pistacia*. *Genetic Resources*, 1-11.

Annexe

Tableau 1. Types d'ombrotypes selon Rivas-Martinez (2005)

Ombrotypes	Horizons ou niveaux	Abréviation	IoA
Ultra-hyper-aride	Inferieur	Uhai	0.0-0.1
	Supérieur	Uhas	0.1-0.2
Hyper-aride	Inferieur	Hai	0.2-0.3
	Supérieur	Has	0.3-0.4
Aride	Inferieur	Ari	0.4-0.7
	Supérieur	Ars	0.7-1.0
Semi-aride	Inferieur	Sai	1.0-1.5
	Supérieur	Sas	1.5-2.0
Sec	Inferieur	Sei	2.0-2.8
	Supérieur	Ses	2.8-3.6
Sub-humide	Inferieur	Sui	3.6-4.8
	Supérieur	Sus	4.8-6.0
Humide	Inferieur	Hui	6.0-9.0
	Supérieur	Hus	9.0-12.0
Per-humide	Inferieur	Hhi	12.0-18.0
	Supérieur	Hhs	18.0-24.0
Ultra-Per-humide	Inferieur	Uhu	> 24.0

Etude des galles de deux espèces du genre *Pistacia* (*P. atlantica* Desf. et *P. terebinthus* L.)

Résumé :

La dégradation de la steppe algérienne s'amplifie d'une année à l'autre. *Pistacia atlantica* Desf. et *Pistacia terebinthus* L., deux espèces présentes dans ces milieux subissent une dégradation excessive et un rétrécissement de leurs aires de distribution. Une importante partie de leur faune phytophage est constituée par des pucerons gallicoles (Aphididae : Fordini).

L'objectif de cette étude est d'identifier la faune gallicole qui s'attaque à ces deux espèces et de déterminer les changements morphologiques au niveau des feuilles suite à l'attaque des pucerons.

Des feuilles saines et infectées de galles ont été prélevées aléatoirement sur des arbres adultes localisés dans des peuplements naturels de *P. atlantica* et *P. terebinthus*, situé dans différents bioclimats en Algérie. Les galles échantillonnées ont été classées selon leur forme puis leurs fréquences relatives ont été calculées. Une étude morphométrique de ces galles a, également, été réalisée. Des pucerons ailés issus des galles ont été montés sur lames et lamelles puis observés sous microscope optique pour être déterminés puis mesurés. Un ensemble de 18 caractères morphologiques a été mesurés sur les feuilles saines et infectées de galles des deux espèces étudiées.

Six espèces de pucerons gallicoles ont été inventoriées, dont deux espèces qui s'attaquent à *P. atlantica*, à savoir, *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930), signalée pour la première fois en Algérie et *Forda riccobonii* (Stefani 1899). Les espèces qui s'attaquent à *P. terebinthus* sont au nombre de quatre : *Geoica utricularia* (Passerini, 1856) ; *Paraclitus cimiciformis* Von Heyden, 1837 ; *Forda formicaria* Von Heyden, 1837 et *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767).

Les conditions du milieu ont influencé significativement la distribution et l'abondance des espèces de pucerons et de leurs galles. Nous avons enregistré une dominance du genre *Geoica* dans l'ensemble des stations pour les deux espèces *P. atlantica* et *P. terebinthus*. La morphologie des feuilles saines et infectées (*P. atlantica* et *P. terebinthus*) a été influencée par la station et l'infection a réduit d'une façon générale la taille des feuilles.

Mots-clés : *Pistacia atlantica*, *Pistacia terebinthus*, galle, aphide, feuille, morphologie, Algérie.

Study of the galls of two species of the genus *Pistacia* (*P. atlantica* Desf. and *P. terebinthus* L.)

Abstract :

The degradation of the algerian steppe increases from one year to the next. *Pistacia atlantica* Desf. and *Pistacia terebinthus* L., two species present in these environments and are themselves undergoing excessive degradation and shrinkage of their range. An important part of their phytophagous fauna consists of gall aphids (Aphididae: Fordini).

The objective of this study is to identify the gallic fauna that attacks these two species and to determine morphological changes in the leaves following the aphid attack.

Healthy and infected gall leaves were randomly collected from adult trees located in natural stands of *P. atlantica* and *P. terebinthus*, located in different bioclimates in Algeria. The sampled galls were classified according to their shape and their relative frequencies were calculated. A morphometric study of these galls was also carried out. Winged aphids from the galls were mounted on blades and slats and observed under an optical microscope for determination and measurement. A set of 18 morphological characters were measured on the healthy and infected gall leaves of the two species studied.

Six species of gall aphids have been inventoried, including two species that attack *P. atlantica*, namely, *Geoica mimeuri* (Gaumont, 1930), first reported in Algeria and *Forda riccobonii* (Stefani, 1899). Four species attack *P. terebinthus* : *Geoica utricularia* (Passerini, 1856) ; *Paraclletus cimiciformis* Von Heyden, 1837; *Forda formicaria* Von Heyden, 1837; and *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767).

Environmental conditions significantly influenced the distribution and abundance of aphid species and their galls. We recorded a dominance of the genus *Geoica* in all stations for both species *P. atlantica* and *P. terebinthus*. The morphology of healthy and infected leaves (*P. atlantica* and *P. terebinthus*) was influenced by the station, infection generally reduced leaf size.

Keywords : *Pistacia atlantica*, *Pistacia terebinthus*, galle, aphide, leaf, morphology, Algeria.

دراسة عفص نوعين من جنس البطم (*P. terebinthus* L. و *P. atlantica* Desf.)

ملخص :

تشهد السهوب الجزائرية تدهورا مستمرا، حيث يخضع كل من البطم الأطلسي (*Pistacia atlantica* Desf) والبطم التيريبنتي (*Pistacia terebinthus* L) الى تقلص في توزيعهما في هذه الأوساط. يتكون جزء كبير من حيوانات اكلة النباتات لهذين النوعين من حشرات المن (*Aphididae: Fordini*). تهدف هذه الدراسة الى التعرف على حشرات المن التي تهاجم كلا النوعين بالإضافة الى تحديد التغيرات المرفولوجية التي تطرأ على الأوراق بعد هجوم هاته الأخيرة. من أجل ذلك تم أخذ عينات عشوائية من الأوراق السليمة والمصابة للأشجار البالغة على مستوى بيئات مختلفة في الجزائر. تم تصنيف عينات العفص المأخوذة حسب الشكل من ثم تم حساب الترددات النسبية لها. كما أجريت عليها دراسة مورفومترية. تم قياس 18 صفة شكلية على كل الأوراق السليمة والمصابة بالعفص. خضعت حشرات المن المجنحة المفصولة من العفص الى التثبيت على الشريحة من أجل الدراسة المجهرية ليتم تحديدها من ثم قياسها.

سمحت لنا النتائج بجدد ستة أنواع من العفص، بما في ذلك نوعان يهاجمان البطم الأطلسي *P. atlantica* ، وهما *Forda riccobonii* (Gaumont 1930) ، الذي تم الإبلاغ عنه لأول مرة في الجزائر ، و *Geoica mimeuri* (Stefani 1899). أما بالنسبة للأنواع التي تهاجم *P. terebinthus* فهي أربعة: *Geoica utricularia* (Passerini, 1856) ، *Paracletus cimiciformis* Von Heyden, 1837 ; *Forda formicaria* Von Heyden, (1856) ، *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767). أثرت الظروف البيئية بشكل كبير على توزيع ووفرة أنواع المن وحيواناتها. سجلنا هيمنة الجنس *Geoica* في جميع الأوساط بالنسبة للنوعين *P. atlantica* و *P. terebinthus* ، كما تأثر شكل الأوراق السليمة والمصابة (*P. atlantica* و *P. terebinthus*) بالموقع حيث أدت الإصابة بشكل عام إلى تقليل حجم الورقة. **الكلمات المفتاحية:** البطم الأطلسي، والبطم التيريبنتي، العفص، حشرة المن، ورقة، مورفولوجيا، الجزائر.