

N° d'ordre...

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences de l'Environnement

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par :

M^{me} MELLAH (ép. SELLES) Rabha.

Spécialité : Biologie

Option : Biodiversité végétale et valorisation

Intitulé

**Aspects écophysiologiques et malformations des structures foliaires
chez Pistacia terebinthus L. du mont de Tessala
(Wilaya de Sidi Bel Abbés)**

Soutenue le

Devant l'honorable jury composé de :

Président : Dr. MAHROUG Samira MC(A). Université Djilali Liabès. SBA

Examineurs: Pr. IGHILHARIZ Zohra Professeur. Université ORAN 1, Ahmed Ben Bella
Pr. BELKHODJA Moulay. Professeur. Université ORAN 1, Ahmed Ben Bella

Promoteur : Pr. BENHASSAINI Hachemi Professeur. Université Djilali Liabès. SBA

Année universitaire 2016 - 2017

Dédicaces

A mon mari et mes enfants Abdelillah et Asmâa,

A ma regrettée grand-mère...

A mes très chers parents pour

Leurs sacrifices et leurs efforts consentis,

A ma belle mère et mon regretté beau père,

A mes frères, mes beaux frères et mes belles sœurs,

A toute ma famille et ma belle famille réunies,

A tous mes amis (e),

Je dédie ce travail

ﺭﺍﺑﻬﺎ

Remerciements

Cette thèse n'aurait jamais pu aboutir sans les nombreuses personnes qui y ont contribué directement par leurs conseils et leur aide et/ou indirectement par leur soutien et leur amitié. La liste est d'autant plus longue, et cette thèse m'a permis de rencontrer énormément de gens et de collaborer avec eux.

D'abord et à l'issue de ce travail de recherche, je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur « BENHASSAÏNI Hachemi », professeur à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie université Sidi Bel Abbés, pour avoir accepté de diriger avec beaucoup d'attention et de soin cette thèse. Je lui suis très reconnaissante pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent, et d'avoir prêté un intérêt constant au sujet de la thèse. Je lui dois beaucoup pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives et son aide aux différentes entraves rencontrées, pour sa gentillesse et ses qualités humaines. Cette thèse restera une expérience épanouissante et positive pour moi.

Que Monsieur « BELKHODJA M. », professeur à la faculté des sciences de l'université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella trouve ici toute ma gratitude et mes sincères remerciements d'avoir accepté de présider et juger ce travail.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude à Madame « IGHILHARIZ Z. », professeur A l'Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella , pour avoir accepté d'être parmi les jury de cette thèse.

Mes sincères remerciements vont également à Madame « MAHROUG S. », Docteur maitre de conférence à l'université Djilali Liabes sidi bel abbés. Je la gratifie aussi pour avoir accepté d'être parmi le jury de ce travail.

Je remercie Monsieur « Rafael ALVAREZ NOGAL », Professeur à l'Université de León (Espagne), pour m'avoir guidée, conseillée et orientée avec beaucoup de pertinence, chaque fois que cela était nécessaire. Il m'a bien aimablement fourni de précieux renseignements et m'a permis avec beaucoup de confiance d'avoir accès au laboratoire de Biologie cellulaire. Sans oublier l'équipe de ce dernier et surtout « María Rehberger Olivera », merci pour les rigolades et les bons moments partagés.

Du côté Espagnol aussi, et au niveau de la même université un grand merci à l'Entomologiste : Monsieur « Nicolás Pérez Hidalgo », pour la détermination des aphides et pour l'étude de la répartition des galles.

Toujours à l'Université de León, et précisément au laboratoire de physiologie végétale, je suis reconnaissante à Monsieur « Antonio Encina Garcia » pour son aide dans la partie « dosages ». Un grand merci pour votre orientation.

Mes sincères remerciements sont adressés à Monsieur le professeur « TOU », chef de service Anatomo-pathologie au C.H.U. « HASSANI Abdelkader » de Sidi Bel Abbés ; sans oublier toute l'équipe du service.

Je tiens à remercier aussi très chaleureusement mon binôme « mon père » pour m'avoir pilotée tout le long de mon travail, et ma mère pour son appui, ses conseils et son assistance.

Je dis un très grand merci à tous mes collègues pour leur bonté et leur enthousiasme.

Ce travail n'aurait pas été mené à terme sans les concessions, les suggestions et les encouragements de mon mari Mr SELLES Karim.

Enfin, un grand merci à tout ce qui m'a aidé durant la préparation de ma thèse.



Résumés

المخلص

قادنا وجود حشرة المنة (القمل) بعدد كبير على أشجار الفستق الترينتي بجبل تسالة (ولاية سيدي بلعباس) إلى البحث على توزيع الجرب في منطقة الدراسة ، تركيبها نسيجيا في علم التشريح وجرعته المركبات الثانوية فيها.

تبدي النتائج أن نوع الجرب الأكثر وجودا في منطقتنا هو الذي تسببت فيه جيوبيكا أوتريكولاريا بنسبة 63 بالمائة ، تأتي بعدها براكلييتوس سيمسيفورميس بنسبة 14 بالمائة ثم الجرب الناتجة عن بانزوجيا بيستاسيائي وفوردا مارجيناتا بنسبة 10 بالمائة. النسبة الأقل وجودا تكون في الجرب الناتجة عن فوردا فورميكاريا.

ثمانون بالمائة من الوريقات المأخوذة لا توجد بها جرب، أما 20 بالمائة المتبقية فهي منقسمة كالاتي: 14 بالمائة لجيوبيكا أوتريكولاريا (71 بالمائة بالنسبة لوجود الجرب)، 3 بالمائة و 2 بالمائة على التوالي للجرب براكلييتوس سيمسيفورميس و فوردا مارجيناتا ، بالمقابلة فوردا فورميكاريا موجودة في الوريقات بنسبة 0.5 بالمائة فقط.

دراسة الأنسجة على مستوى الوريقات المصابة بالجرب تظهر تغيرات خلوية على مستوى النسيج العمادي للوريقات، ازدواجية في القنوات المفرزة والنسيج الوعائي مع تزايد عشوائي في الخلايا. الجرب التي تغير أطراف الوريقات هي براكلييتوس سيمسيفورميس، فوردا مارجيناتا و فوردا فورميكاريا في حين جيوبيكا أوتريكولاريا و بانزوجيا بيستاسيائي، على الترتيب تغير العصب الرئيسي للورقة والورقة كاملة.

جرع المركبات الثانوية تبدي أن الجرب الناتجة عن بانزوجيا بيستاسيائي (الصغيرة والبالغة) هي الغنية بهذه المركبات، غير أن الصغيرة منها فقيرة من حيث وجود الفلافونوز و الأنثوسيان على التوالي بنسبة 2 بالمائة و 6 بالمائة. جيوبيكا أوتريكولاريا (الصغيرة والبالغة) تقريبا متطابقتين في احتوائهما على هذه المركبات عند مقارنتها بالوريقات، هي الأقل احتواء.

كل النتائج المحصول عليها مشجعة بقدر معرفة أين نستطيع استعمال الفستق الترينتي كشجرة للفائدة الأولى في محاربة التصحر الأراضي، أيضا نستطيع استغلاله لقيمته الطبية طالما أن جربه مستعمله في الطب التقليدي .

الكلمات المفتاحية:

الفستق الترينتي، علم الأنسجة، الجرب، المركبات الثانوية.

Résumé

La présence sur le peuplement de pistachier térébinthe dans le mont du Tessala (wilaya de Sidi bel abbés), de pucerons gallicoles en nombre très important nous a conduit à entreprendre une recherche sur la répartition des ces galles dans la station d'étude, leur histologie ainsi que leurs composition en métabolites secondaires.

Les résultats montrent que le type de galle le plus dominant dans notre station est celle due au puceron *Geoica utricularia* avec un taux de 63%, suivi de *Paracletus cimiciformis* à 14%, puis les galles de *Baizongia pistaciae* et *Forda marginata* à 10%. le taux le plus faible présence est noté chez les galles dues à *Forda formicaria*.

Quatre vingt pour cent (80%) des folioles prélevées sont inoccupées par les galles et les 20% restante sont répartis comme suit : 14% pour la galle *Geoica utricularia* (71% par rapport à la présence des galles), 3% et 2% respectivement pour les galles *Paracletus cimiciformis* et *Forda marginata* par contre la galle *Forda formicaria* n'occupe les folioles qu'à 0.5%.

L'histologie des folioles touchées montre des modifications cellulaires au niveau du parenchyme palissadique des folioles, un dédoublement des canaux résinifères, et des faisceaux vasculaires avec une multiplication anarchique des cellules. Les galles qui modifient la marge de la foliole sont *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata* et *Forda formicaria* tandis que *Geoica utricularia* et *Baizongia pistaciae* modifient respectivement la nervure principale et la foliole complète.

Les dosages des métabolites secondaires montrent que la galle due à *Baizongia pistaciae* (jeunes et matures) sont les plus riches en ces coproduits sauf que les jeunes sont pauvres en flavonols et en anthocyanes, respectivement (2% et 6%). *Geoica utricularia* (jeunes et matures), sont presque identiques dans leurs composition en ces métabolites. En les comparants avec les feuilles, ils sont moins riches.

Tous les résultats obtenus sont encourageants dans la mesure où on pourra utiliser le Pistachier térébinthe comme arbre de premier intérêt dans la lutte contre l'érosion des sols il pourra aussi être exploité pour son intérêt médicinal du moment que les galles sont utilisées en médecine traditionnelle.

Mots clés : *Pistacia terebinthus* L., Histologie, galles, métabolites secondaires.

Abstract

The presence on the populating of pistachio terebinthe in the Tessala mountain (Sidi Bel Abbas wilaya), of gallicolous aphids in very large numbers led us to undertake a research on the distribution of these galls in the study station, their histoanatomy as well as their secondary metabolite composition.

The results show that the most dominant type of gall in our study station is that of the aphid *Geoica utricularia* with a rate of 63% followed by *Paracletus cimiciformis* at 14%, then the galls of *Baizongia pistaciae* and *Forda marginata* at 10%. The lowest rate is observed in galls due to *Forda formicaria*.

Eighty percent (80%) of the leaflets collected are unoccupied by galls and the remaining 20% are distributed as follows: 14% for the *Geoica utricularia* gall (71% in relation to the presence of the galls), 3% and 2% respectively for The *Paracletuscimiciformis* and *Forda marginata* galls, on the other hand, the *Forda formicaria* gall occupies only the leaflets at 0.5%.

The histology of the affected leaflets shows cellular changes in the leaflet parenchyma, a splitting of the resiniferous channels and vascular beams with an anarchical multiplication of cells. The galls which modify the margins of the leaflet are *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata* and *Forda formicaria* whereas *Geoica utricularia* and *Baizongia pistaciae* respectively modify the main vein and the complete leaflet.

Dosages of the secondary metabolites show that the gall due to *Baizongia pistaciae* (young and mature) are the richest in these co-products except that young people are poor in flavonols and anthocyanins, respectively (2% and 6%). *Geoica utricularia* (young and mature), are almost identical in their composition to these metabolites. By comparing them with the leaves, they are less rich.

All the results obtained are encouraging insofar as it will be possible to use Pistachio terebinthe as a tree of first interest in the fight against soil erosion it can also be exploited for its medicinal interest as long as galls are used in traditional medicine.

Key words: *Pistacia terebinthus L.*, Histology, galls, secondary metabolites.

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau n°1: Système de classification pré-phylogénétique et phylogénétique de Pistacia terebinthus L.</i>	5
<i>Tableau n°2: Exigences climatiques de Pistacia terebinthus L.</i>	14
<i>Tableau n°3: Exigences édaphiques de Pistacia terebinthus L.</i>	15
<i>Tableau n°4: Espèces inféodées du genre Pistacia (Holman, 2009).</i>	22,23
<i>Tableau n°5: Classification de Baizongia pistaciae (Linnaeus, 1767).</i>	25
<i>Tableau n°6: Classification de Geoica utricularia (Passerini, 1856).</i>	26
<i>Tableau n°7: Classification de Paracletus cimiciformis (Von Heyden, 1837).</i>	27
<i>Tableau n°8: Classification de Forda formicaria (Von Heyden, 1837).</i>	29
<i>Tableau n°9: Classification de Forda marginata (Coch, 1857)</i>	31
<i>Tableau n°10: Classes de métabolites secondaires retrouvés dans divers organismes (Harbone, 1993).</i>	41
<i>Tableau n°11: Nombre moyen des galle par pied et par date</i>	53
<i>Tableau n°12: Taux d'occupation des galles par rapport aux folioles prélevées, et par rapport au nombre de galles trouvées</i>	53
<i>Tableau n°13: Concentrations moyennes en paramètres dosés des feuilles et des galles jeunes et matures dues aux pucerons Geoica utricularia et Baizongia pistaciae de Pistacia terebinthus L.</i>	67

LISTE DES FIGURES

Figure n°1: Habitus de <i>Pistacia terebinthus</i> L (Rameau et al., 2009).....	7
Figure n°2: Face adaxiale d'une feuille du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010)....	8
Figure n°3: Face abaxiale d'une feuille du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010)....	8
Figure n°4: Feuillaison du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010)	8
Figure n°5: Feuilles adultes du pistachier térébinthe(Cliché Mellah, 2010)	8
Figure n°6: Jeunes folioles du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010).	8
Figure n°7: Tronc du pistachier térébinthe recouvert de lichens (Cliché Mellah, 2010).	9
Figure n°8: Panicules florales du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010).....	10
Figure n°9: <i>Pistacia terebinthus</i> L. début d'inflorescence (Cliché Mellah, 2010)	11
Figure n°10: Fruits immatures de <i>Pistacia terebinthus</i> L. (début de fructification) (Cliché Mellah, 2010).	12
Figure n°11: Fruits matures de <i>Pistacia terebinthus</i> L. (cliché Mellah, 2010).....	13
Figure n°12: Sol rocailleux , sur lequel croit le pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010)	15
Figure n°13: Anatomie générale d'un puceron selon Cottier (1953) : Femelle vivipare ailée.....	19
Figure n°14: Anatomie générale d'un puceron : Femelle vivipare aptère.....	20
Figure n°15: <i>Baizongia pistaciae</i> femelles vivipares aptères (A) et ailées (b) (Web master3)	25
Figure n°16: Galles jeune (a), médianes (B, C) et mature (D) et desséchée (E) dues au puceron <i>Baizongia pistaciae</i> sur <i>Pistacia terebinthus</i> (Ferrán Turmo Gort, Ángel Umaran del Campo et Nicolas Pérez-Hidalgo (Web master7), 2014).	25
Figure n°17: Galles en bourses (utricules) sur <i>Pistacia terebinthus</i> causé par <i>Geoica utricularia</i> montrant des pucerons aptères (A) et d'autres ailées (B) (Web master 6)	26
Figure n°18: <i>Geoica utricularia</i> Pass. inféodée au <i>Pistacia terebinthus</i> (Galles jeune (a), médianes (B, C), mature (D) et desséchée (E)) (Nacho Cabellos Cano, David Molina, Nicolás Pérez Hidalgo (Web master7), 2014).	26
Figure n°19: Forme histologique générale de la bourse du <i>Geoica utricularia</i> Pass. (Alvarez, 2011).....	27

<i>Figure n°20: Galle desséchée, restes des pucerons <i>Geoica utricularia</i> Pass. et leurs miellat (Web master 6)</i>	<i>27</i>
<i>Figure n°21: <i>Paracletus cimiciformis</i> aptère (A) et ailé (B) (Web master 7, 2014).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure n°22: G Galles jeune (a), en développement (B, C), mature (D) et desséchée (E) dues au puceron <i>Paracletus cimiciformis</i> sur <i>Pistacia terebinthus</i> (Nicolas Pérez-Hidalgo (Web master 7, 2014)</i>	<i>28</i>
<i>Figure n°23: L Brochure de <i>Paracletus cimiciformis</i> sur <i>Pistacia terebinthus</i> : forme générale et coupe transversale ((A) Alvarez, 2009 ; (B) Leclant, 2000).</i>	<i>28</i>
<i>Figure n°24: Pucerons aptères (A) et ailées (B) de <i>Forda formicaria</i> (Web master 6)</i>	<i>29</i>
<i>Figure n°25: <i>Forda formicaria</i> sur <i>Pistacia terebinthus</i> : Galles jeune (a), en développement (B, C), mature (D) et desséchée (E) (Ángel Umaran del Campo (Web master7, 2014).</i>	<i>30</i>
<i>Figure n°26: <i>Forda formicaria</i> ; coupe transversale de la galle festonnée ((A) Alvarez, 2009 ; (B) Leclant, 2000).....</i>	<i>30</i>
<i>Figure n°27: Pucerons aptère (A) et ailés (B) de <i>Forda marginata</i> (Web master6).</i>	<i>31</i>
<i>Figure n°28: <i>Forda marginata</i> inféodée au <i>Pistacia terebinthus</i> (Galles jeune (a), médianes (B, C), mature (D) et desséchée (E)) (Nicolas Pérez Hidalgo (Web master7, 2014)..</i>	<i>31</i>
<i>Figure n°29: <i>Forda marginata</i> ; coupe transversale de la galle jeune sans épaissement ((A) Alvarez, 2009 ; (B) Leclant, 2000).</i>	<i>32</i>
<i>Figure n°30: <i>Vitis vinifera</i>, coupe de feuille parasitée par <i>Dactulosphaira viticola</i> (Phylloxéra) (galle jeune) (Bernard, 2011).</i>	<i>35</i>
<i>Figure n°31: <i>Vitis vinifera</i>, coupe d'une feuille parasitée par <i>Dactulosphaira viticola</i> (Phylloxéra) (galle mature) (Bernard, 2011).</i>	<i>35</i>
<i>Figure n°32: a. déformation de foliole ; b. Présence de tannin en cellules épidermiques, présence de salive dans le parenchyme palissadique ; c. Présence de canal schizogène de phloème; d .Formation de grandes cavités tous le long du limbe ; e.Cellules de parenchyme de palissadique déformé; f.Pénétration de virus pathogène dans l'épiderme inférieur.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure n°33: Localisation de <i>Pistacia terebinthus</i> L. dans le mont de Tessala (Wilaya de Sidi Bel Abbés) (Map-info, 2015).....</i>	<i>42</i>
<i>Figure n°34: Fixation des échantillons dans du F.A.A. (Cliché Mellah, 2013).....</i>	<i>43</i>
<i>Figure n°35: Déshydratation des échantillons (Cliché Mellah, 2013).....</i>	<i>44</i>
<i>Figure n°36: Inclusion des blocs (Cliché Mellah, 2013).....</i>	<i>44</i>
<i>Figure n°37: Microtome et accessoire pour réalisation des coupes (Cliché Mellah, 2013)..</i>	<i>45</i>

<i>Figure n°38: Bains de déparaffinage (Cliché Mellah, 2013).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure n°39: Conservation des lames (Cliché Mellah, 2013).....</i>	<i>46</i>
<i>Figure n°40: Lames prêtes pour observation (Cliché Mellah, 2013).</i>	<i>46</i>
<i>Figure n°41: Répartition de la galle Forda formicaria par pied et par date d'apparition</i>	<i>50</i>
<i>Figure n°42: Répartition de la galle Forda marginata par pied et par date d'apparition</i>	<i>51</i>
<i>Figure n°43: Répartition de la galle Geoica utricularia par pied et par date d'apparition</i> <i>.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure n°44: Répartition de la galle Paracletus cimiciformis par pied et par date</i> <i>d'apparition.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure n°45: Répartition de la galle Baizongia pistaciae par pied et par date d'apparition</i> <i>.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure n°46: Taux d'occupation des galles par rapport aux folioles prélevées</i>	<i>54</i>
<i>Figure n°47: Taux d'occupation des galles Par rapport au nombre de galles trouvées</i>	<i>54</i>
<i>Figure n°48: Concentration moyenne des phénols solubles</i>	<i>67</i>
<i>Figure n°49: Courbe d'étalonnage pour dosage des phénols solubles</i>	<i>68</i>
<i>Figure n°50: Concentration moyenne en flavonols.....</i>	<i>68</i>
<i>Figure n°51: Courbe d'étalonnage pour dosage des flavonols</i>	<i>69</i>
<i>Figure n°52: Concentration moyenne des anthocyanes.....</i>	<i>69</i>
<i>Figure n°53: Courbe d'étalonnage pour dosage des anthocyanes</i>	<i>70</i>
<i>Figure n°54: Concentration moyenne en lignine de Klason</i>	<i>70</i>

LISTE DES PLANCHES

<i>Planche I: Coupes transversales s�riees réalisées au niveau des folioles saines de Pistacia terebinthus L. (Cliché Mellah, 2013).</i>	56
<i>Planche II: Coupes transversales s�riees réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par l'aphide Paracletus cimiciformis (Cliché Mellah, 2013)</i>	58
<i>Planche III: Coupes transversales s�riees réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par le puceron Forda marginata (Cliché Mellah, 2015)</i>	60
<i>Planche IV: Coupes transversales s�riees réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par l'aphide Forda formicaria (Cliché Mellah, 2015)</i>	62
<i>Planche V: Coupes transversales s�riees réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par l'aphide Geoica utricularia (Cliché Mellah, 2013).</i>	64
<i>Planche VI: Coupes longitudinales s�riees réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par le puceron Baizongia pistaciae (Cliché Mellah, 2015)</i>	66

Table des matières

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Pistacia terebinthus : biologie et écologie

I.1. Systématique et caractéristiques botaniques	5
I.1.1. Systématique	5
I.1.2. Caractéristiques botaniques	6
I.1.2.1. Feuilles et folioles.....	7
I.1.2.2. Le tronc	9
I.1.2.3. Les racines	9
I.1.2.4. Fleur et inflorescence.....	9
I.1.2.5. Pollinisation	11
I.1.2.6. Les fruits	12
I.1.3. La parthénocarpié chez <i>Pistacia terebinthus</i> L.	13
I.2. Exigences écologiques et climatiques de <i>Pistacia terebinthus</i>	14
I.2.1. Altitude	14
I.2.2. Exigences climatiques	14
I.2.3. Exigences édaphiques	15
I.3. Association	16
I.4. Intérêt	16
I.4.1. Intérêt économique	16
I.4.2. Intérêt alimentaire.....	16
I.4.3. Intérêt en médecine traditionnelle	16
I.5. Culture.....	17

Chapitre II : Relations galles -hôtes

II.1. Les pucerons ou Aphides	18
II.2. Action des pucerons aphidiens sur les plantes hôtes.....	21
II.3. Les taxons inféodés au genre Pistacia	22
II.4. Les galles du pistacher térébinthe	24
II.4.1. Galle due au puceron <i>Baizongia pistaciae</i> (Linnaeus, 1767).....	24
II.4.2. Galle due au puceron <i>Geoica utricularia</i> (Passerini, 1856).....	26
II.4.3. Galle due au puceron <i>Paracletus cimiciformis</i> (Von Heyden, 1837)	27
II.4.4. Galle formée par la piqûre du puceron <i>Forda formicaria</i> (Von Heyden, 1837)	28
II.4.5. Galle formée par la piqûre du puceron <i>Forda marginata</i> (Koch, 1857).....	30

Chapitre III : Histologie des galles et leurs métabolites secondaires

III.1. Les changements histologiques au niveau des tissus infectés par les aphides	33
III.1.1. Cas du Phylloxera (<i>Dactulosphaira viticola</i>)	34
III.1.2. Cas d'Odinadiplosis odinae (Diptera : Cecidomyiidae)	35
III.2. Les métabolites secondaires chez les galles	37
III.2.1. Les composés phénoliques chez les galles	39

Chapitre IV : Matériels et méthodes d'études

IV.1. Technique de prélèvement des feuilles	42
IV.2. Méthodes d'études de la répartition des galles dans le site d'étude.....	43
IV.3. Techniques histologiques	43
IV.3.1. Fixation des échantillons.....	43
IV.3.2. Déshydratation des échantillons.....	44
IV.3.3. Inclusion de blocs	44
IV.3.4. Réalisation des coupes	45
IV.3.5. Déparaffinage et réhydratation	45
IV.3.6. Coloration.....	46
IV.3.7. Lecture des lames.....	47
IV.4. Techniques de dosage des composés phénoliques.....	47

<i>IV.4.1. L'Extraction</i>	47
<i>IV.4.2. Dosage des phénols solubles par spectrophotométrie</i>	47
<i>IV.4.3. Dosage des flavonols totaux par spectrophotométrie</i>	48
<i>IV.4.4. Dosage de la Lignine</i>	48
<i>IV.4.5. Dosage des anthocyanines totales</i>	48

Chapitre V: Résultats

<i>V.1. Répartition des galles dans la zone d'étude</i>	50
<i>V.1.1. Répartition des galles par pied et par date d'apparition au niveau de la zone d'étude</i>	50
<i>V.1.1.1. Galles dues aux pucerons <i>Forda formicaria</i></i>	50
<i>V.1.1.2. Galles dues aux pucerons <i>Forda marginata</i></i>	51
<i>V.1.1.3. Galles dues aux pucerons <i>Geoica utricularia</i></i>	51
<i>V.1.1.4. Galles dues aux pucerons <i>Paracletus cimiciformis</i></i>	52
<i>V.1.1.5. Galles dues aux pucerons <i>Baizongia pistaciae</i></i>	52
<i>V.1.2. Nombre moyen des galles par pied et par date d'apparition</i>	53
<i>V.2. Résultats d'étude histologique</i>	55
<i>V.2.1. Histo-anatomie des folioles saines</i>	55
<i>V.2.2. Anatomie et histologie de la galle due aux pucerons <i>Paracletus cimiciformis</i> (Von Heyden, 1837)</i>	57
<i>V.2.3. Histoanatomie de la galle due aux pucerons <i>Forda marginata</i> (Koch, 1857)</i>	59
<i>V.2.4. Histoanatomie de la galle due aux pucerons <i>Forda formicaria</i> (Von Heyden, 1837)</i> . 61	
<i>V.2.5. Histoanatomie de la galle due aux pucerons <i>Geoica utricularia</i> (Passerini, 1856)</i>	63
<i>V.2.6. Histoanatomie de la galle due aux pucerons <i>Baizongia pistaciae</i> (Linnaeus, 1767)</i> . 65	
<i>V.3. Résultats des dosages de certains métabolites secondaires</i>	67
<i>V.3.1. Concentrations moyenne en phénols solubles</i>	67
<i>V.3.1.1. Concentrations moyenne en flavonols</i>	68
<i>V.3.1.2. Concentrations moyenne en anthocyanes</i>	69
<i>V.3.1.3. Concentrations moyenne en lignines de Klason</i>	70

Discussion.

<i>VI.1. Etude de répartition des galles</i>	72
<i>VI.2. Etude histo-anatomique</i>	72
<i>VI.2.1. Etude histo-anatomique des folioles saines</i>	72
<i>VI.2.2. Etude histo-anatomique des galles</i>	74
<i>VI.3. Dosages des métabolites secondaires</i>	78
<i>Conclusion Générale</i>	80
<i>Références bibliographiques</i>	83
<i>Annexes</i>	
<i>Publication internationale</i>	

A 3D purple geometric shape, resembling a stylized letter 'C' or a series of connected rectangular blocks, is centered on the page. The shape is rendered with a gradient of purple, from a darker shade on the left to a lighter shade on the right. The word "Introduction" is written in a black, italicized serif font on the right side of the shape, underlined.

Introduction

Introduction

La flore nord africaine comporte une biodiversité végétale très intéressante par sa richesse. Elle forme ce qu'on appelle un « Hot spot ». Parmi les espèces constituant ce point chaud, on cite celles affiliées au genre *Pistacia* et qui sont toutes de distribution circumméditerranéenne (**Traveset 1994**). Sous ces latitudes, ces espèces sont souvent envahies par plusieurs insectes aphidiens qui leur sont inféodés (**Inbar et al., 2004 ; Alvarez et al., 2008 ; Alvarez 2011 & Alvarez 2012**).

Selon **Forrest (1987)**, 700 espèces de pucerons sur les 4400 espèces décrites mondialement provoquent, au cours de leur cycle de vie, une galle à l'intérieur de laquelle ces aphides complètent une partie de leur vie. Ils ne la produisent pas au hasard, car chaque insecte s'associe à un genre ou à une espèce végétale dite « hôte » sur laquelle il provoque une cécidie qui lui sert de refuge aux intempéries à certains pesticides et aux prédateurs (**Loiselle et al., 2013 ; Isaias et al., 2000 ; Stone & Schonrogge 2003**). Ces galles sont le résultat de la réaction des plantes à cette attaque parasitaire ou en raison des facteurs génétiques internes (**Yamada 1993**) et extrêmement dépendantes de l'activité alimentaire de l'insecte (**Bronner 1992**).

Le pistachier térébinthe est particulièrement sensible à ce type d'insectes qui ourlent et transforment les folioles en un abri représentant une niche écologique, de couleur rougeâtre et une architecture particulière (**Blackman et Eastop 1994**). Ce phénomène attire l'attention des écologistes et des biologistes depuis fort longtemps. Toutefois le mécanisme de la formation de la galle par les insectes demeure jusqu'ici inconnu (**Inbar et al., 2004**).

Sur *P. terebinthus* L. (*Anacardiaceae*) les galles diffèrent dans la forme, la taille, la couleur et les transformations structurelles de l'organe atteint. Toutes les galles du pistachier

térébinthe sont glabres et sans ornements sauf celle causée par *Forda formicaria*. Certaines galles sont de forme cylindrique, tandis que d'autres sont ovales, allongées et plus ou moins ondulées avec épaissement du limbe à l'exception de la galle produite par *Geoica utricularia* et *Baizongia pistaciae* (Leclant 2000). Les galles induites par *Forda formicaria*, *Forda marginata*, *Paracletus cimiciformis* modifient les marges des folioles (limbes), par contre, *Geoica utricularia* modifie la nervure principale, tandis que celles de *Baizongia pistaciae* atteignent les ébauches foliaires du bourgeon (Inbar et al., 2004) et modifient par la suite la foliole entière (Alvarez et al., 2008 ; Wool et al., 1999 & Inbar et al., 2004).

Des travaux récents montrent aussi que sur la rive Nord de la méditerranée et au moyen orient, les attaques des aphides modifient profondément l'histo-anatomie des folioles chez *Pistacia terebinthus* L. (Inbar et al., 2004 ; Inbar et al., 2010 ; Alvarez et al. 2008 ; Alvarez 2011 & Alvarez et al., 2013 ; Alvarez et al., 2016).

Dans ce cadre là, l'objectif du présent travail consiste à étudier la répartition des cinq types de galles du pistachier térébinthe dans notre station d'étude, et d'élucider qui est le puceron le plus dominant à travers un recensement par rapport aux sujets et aux feuilles atteintes. Dans le même contexte, et à travers l'histo-anatomie comparative, des folioles saines et d'autres galées induites par *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata*, *Forda formicaria*, *Geoica utricularia* et *Baizongia pistaciae* chez *Pistacia terebinthus* L.

En Algérie occidentale (rive sud de la méditerranée) il est important de voir si les facteurs de l'environnement ont vraiment une influence ces modifications histologiques.

Par ailleurs, nous nous sommes intéressé au dosage de quatre types de métabolites secondaires (phénols solubles, flavonoïdes, anthocyanes et lignines de Klason) au niveau des folioles saines, et des deux types de galles très remarquables : *Geoica utricularia* et *Baizongia pistaciae* (jeunes et matures) dont le but est d'estimer leurs composition en métabolites secondaires.

Cette thèse s'articule sur deux grandes parties:

Une première partie qui englobe trois chapitres : Le premier incluant une synthèse bibliographique relative à la présentation du pistachier térébinthe du point de vue systématique, botanique, et écologique ; Le deuxième chapitre comporte une synthèse de l'état de l'art en ce qui concerne les relations galles-hôtes et le troisième traite de l'histologie des galles et des métabolites secondaires.

Une seconde partie est réservée à l'expérimentation où on aborde l'enquête concernant la répartition des galles dans la station d'étude, l'histo-anatomie des folioles saines et de cinq types de galles ainsi que le dosage de quatre métabolites secondaires sur les folioles saines, et les deux types de galles précédemment citées. Enfin une discussion puis une conclusion générale avec des perspectives.



Synthèse bibliographique



Chapitre I : Pistacia
terebinthus L. : biologie et
écologie.

En Algérie, les feuillus sont représentés par plusieurs familles, certaines essences forment des peuplements importants, comme c'est le cas du chêne vert (700.000 ha), le chêne liège (230.000 ha), et le Chêne Zeen qui s'étale avec le chêne Afarès sur 48.000 ha. D'autres, se trouvent en peuplement réduit associés à des essences feuillues ou résineuses, tel est le cas des espèces du genre *Pistacia*, sans aucune indication sur son étendue (Khalifi et *al.*, 1994).

La composition de la famille des Anacardiacees en genres et espèces diffère selon les auteurs. D'après Guyot (1992) et Kokwaro (1986) elle compte 60 genres et 600 espèces. Selon Mabberley (1987), elle renfermerait 73 genres et 850 espèces et le genre le plus grand en nombre d'espèce est *Rhus* avec 100 espèces. Pell (2004), indique qu'elle renfermerait 82 genres et plus de 700 espèces. Simpson (2006) note que c'est une famille modérément nombreuse qui inclut 875 espèces et 70 genres et Kokwaro (1986) signale non seulement la présence des Anacardiacees en région tropicale mais aussi dans la région méditerranéenne, dans l'Est de l'Asie et en Amérique.

Le genre *Pistacia* regroupe dix espèces appartenant à l'ordre des Sapindales et à la famille des Anacardiacees. D'origine asiatique ou méditerranéenne (Figure 2), les pistachiers sont des arbres ou arbustes dioïques. Les fleurs d'une couleur plus ou moins marron, sont groupées en racèmes et les fruits sont des drupes. Trois espèces sont très connues, *Pistacia lentiscus* (pistachier lentisque) dont on extrait la résine et qui présente un feuillage persistant, *Pistacia vera* (Pistachier vrai) qui est un arbuste au feuillage caduc dont on consomme les graines grillées (les pistaches) (Web master1) et enfin *Pistacia terebinthus* (pistachier térébinthe.), arbre au feuillage caduc dont on extrait l'huile de térébenthine. Les térébinthes parviennent à un âge très avancé, Il croit dans les champs, sur les collines et les roches.

En Algérie, le genre *Pistacia* est représenté par quatre espèces, en l'occurrence *Pistacia terebinthus*, *Pistacia vera*, *Pistacia atlantica* et *Pistacia lentiscus* (Quezel et Santa, 1962).

Etymologiquement le nom du térébinthe signifie « bereicya », « tichirt » ou « betoum el-kiffan » en arabe, térébinthe en français et cornicabra en espagnol (Benhassaini, 1998).

Pistacia terebinthus L., est une espèce sauvage avec une distribution circumméditerranéenne (Traveset, 1994). On le retrouve dans toutes les parties de 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).

On le trouve au sud de la France, dans les provinces méridionales (Pierre Antoine & Pyramus, 1805). En Macédoine, Théophraste dit que le térébinthe est un petit arbre branchu. En

Syrie, c'est un grand arbre, son bois est fort souple d'une longue durée et d'un noir éclatant très remarquable, ses fleurs forment des grappes comme celle de l'olivier, mais rouge et très feuillées (Lieutaghi, 2004).

En Algérie, le pistachier térébinthe pousse dans le bassin de la Soummam, le versant Nord du Djurdjura et dans le bassin d'El Ksour, en association avec le pin d'Alep et le chêne vert (Belhadj et al., 2008). On le trouve aussi dans l'ouest algérien : Sidi Bel-Abbés, Tlemcen, El Bayadh...

I.1. Systématique et caractéristiques botaniques

I.1.1. Systématique

Le *Pistacia terebinthus* L. appartient à la famille des Anacardiaceae. Le genre *Pistacia* comprend dix espèces, caractérisées par des feuilles composées alternes (Lin et al., 1984) incrustées de cavités sécréteuses d'oléorésine (Watson & Dallwitz, 2008).

Tableau 1 : système de classification pré-phylogénétique et phylogénétique de *Pistacia terebinthus* L.

<i>Pré-phylogénétique</i>	<i>Phylogénétique (APG *II, 2003)</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Règne : Végétaux - Sous-règne: Végétaux vasculaires - Embranchement: Spermaphytes - Sous-embranchement : Angiospermes - Classe : Dicotylédones - Sous-classe : Dialypétales <li style="padding-left: 20px;">Rosidae (au sens de système Takhtajan- Cronquist 1964-1969) - Ordre : Terebinthales - Famille : Terebinthaceae - Sous-Famille : Pistacioïdeae - Tribu : Rhoïdeae 	<ul style="list-style-type: none"> - Règne : Végétaux - Subregnum: Tracheobionta - Phylum : Magnoliophyta - Subphylum : Eu-Angiospermes - Clasis: Eudicotyledones Triaperturées - Ordo: Rosidées - Subordo: Rosidées III, hypogynes gamocarpellées à feuilles composées - Familia: Anacardiaceae - Subfamilia: Pistacoïdeae

<ul style="list-style-type: none"> - Genre : <i>Pistacia</i> - Série : <i>Disciflores</i> - Sous-série : <i>Obdiplostemones</i> - Espèce: <i>Pistacia terebinthus</i> L. - Sous-espèce: <i>Pistacia terebinthus</i> L. subsp. <i>terebinthus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Species: <i>Pistacia terebinthus</i> L. -Subspecies: <i>Pistacia terebinthus</i> L. subsp. <i>terebinthus</i>
--	--

***APG**: Angiosperm Phylogeny Group (2003).

D'un point de vue taxonomique, il est difficile d'établir des limites chez les Anacardiaceae ; à titre d'exemple les Anacardiaceae et les Burseraceae étaient auparavant groupées dans la famille des Terebinthaceae (Kryn, 1952 et Terrazas, 1994).

La recherche sur les caractères, l'analyse anatomique et l'analyse microscopique du génome du chloroplaste ont amené plusieurs auteurs à conclure que *Pistacia vera* L. (Le pistachier vrai) et *Pistacia terebinthus* L. (le Térébinthe) sont respectivement la plus ancienne et la plus récente espèce du genre (Parfitt & Badenes, 1997 ; Al-Saghir & Porter, 2005 ; Al-Saghir et al., 2006).

I.1.2. Caractéristiques botaniques

Le pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus* L.) est un arbre ou arbuste moyennement élevé, à écorce très résineuse odorante (Lieutaghi, 2004). Il ressemble beaucoup au pistachier vrai par son port (Pierre Antoine & Pyramus , 1805)



Fig. 1 : Habitus de *Pistacia terebinthus* L. (Rameau et al., 2009)

Légende : 1 : écorce ; 2 : feuilles ; 3 : inflorescence ; 4 : fruits

I.1.2.1. Feuilles et folioles

Le pistachier térébinthe a des feuilles composées caduques (figures 2 et 3), oblongues et imparipennées (figure 5), (feuille composée de 4 à 6 paires de folioles plus une foliole terminale) (Fournier, 1990). C'est un joli arbre d'ornement, à beau feuillage luisant, verte foncé au printemps, jaune ou rouges flamboyants à l'automne (Gubb, 1913).



Fig. 2 : Face adaxiale d'une feuille du pistachier térébinthe (cliché Mellah2010).



Fig. 3 : Face abaxiale d'une feuille du pistachier térébinthe (cliché Mellah, 2010).



Fig. 4 : Feuillaison du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010).



Fig. 5 : Feuilles adultes du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010).



Fig. 6 : Jeunes folioles du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010).

Ses folioles sont alternes, regroupées à l'extrémité des rameaux (figure 5), composées, à nervures souvent jaunes claires tranchant sur le vert du limbe (pas de stipule) (Spichiger et *al.*, 2004).

I.1.2.2. Le tronc

Le tronc de *Pistacia terebinthus* L. est caractérisé par un rhytidome. Des incisions pratiquées au printemps laissent écouler un liquide résineux : la térébenthine. *Pistacia terebinthus* L. est caractérisée par des canaux résinifères dans l'écorce sécrétant une résine toxique et ou allergène (Spichiger et al., 2004).

L'écorce est rose, d'abord lisse puis gris rougeâtre, ensuite rouge brun et écailleuse en vieillissant (Ingrid & Peter, 1988), généralement couvert des lichens (figure 7). C'est ordinairement un arbrisseau à tronc flexueux, à port buissonnant (Lieutaghi, 2004).



Fig.7: Tronc du pistachier térébinthe recouvert de lichens (cliché Mellah, 2010).

I.1.2.3. Les racines

Le pistachier térébinthe est un arbuste ou petit arbre ramifié dès la base (Quézel & Santa, 1963), il possède souvent une racine pivotante centrale et des racines latérales horizontales.

Lorsque le diamètre de la cime atteint deux puis quatre mètres, les racines latérales produisent de nouveaux pivots à 2 puis 4 mètres environ du tronc à partir des racines latérales (Lacroix, 2003).

I.1.2.4. Fleur et inflorescence

Pistacia terebinthus L. est un arbre dioïque. Son inflorescence est sous forme de grappes compactes sur les rameaux et en panicule terminale en thyrses ou cymes axillaires (Gubb, 1913).

Il est impossible de distinguer le sexe d'une plante avant la première floraison. Les inflorescences apparaissent en avril à l'aisselle des feuilles à partir de bourgeons floraux

volumineux, elle commence à partir du milieu du rachis et va vers le haut et la base. Il prend place dans la deuxième moitié d'avril (Gercheva et *al.*, 2008).

Les grappes des fleurs mâles sont des grappes composées compactes, de 6 à 10 cm de long sur 2 à 4 cm de large, constituées de 450 à 500 fleurs (Pesson & Louveaux, 1984). La fleur mâle est petit et l'inflorescence achevée jusqu'à 80 mm (Gercheva et *al.*, 2008).

La fleur mâle est apétale et petite groupée en panicules axillaires, elle est composée d'un calice de 3 à 5 bractées membraneuses et d'un androcée ayant les plus souvent 5 étamines opposées (le nombre d'étamine varie de 4 à 8). Le centre de la fleur est occupé par une ébauche de gynécée. L'étamine à un filet mince et court avec une anthère introrse à deux loges séparées par un connectif (Pesson & Louveaux, 1984).

Les grappes des fleurs femelles sont lâches, de 15 à 20 cm de long et de 8 à 15 cm de large (Seigue, 1985). Elles se composent de 190 à 260 fleurs groupées en grappes composées (Pesson & Louveaux, 1984).

La fleur femelle à un calice de 3 à 5 bractées membraneuse et inégales entourant un gynécée formé d'un ovaire à 3 carpelles soudés, sans cloison intercalaires, renfermant un seul ovule anatrope porté par un long funicule. L'ovaire est surmonté d'un style court et d'un volumineux stigmate trifide à division inégales.



Fig. 8: Panicules florales du pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010).



Fig. 9 : *Pistacia terebinthus* L. inflorescences en panicules axillaires (Cliché Mellah, 2010).

Du fait de la disposition des fleurs, l'inflorescence femelle est remplie d'air immobile qui contribue à freiner le pollen transporté par le vent et assurant sa chute sur les stigmates.

Les inflorescences ne s'épanouissent pas simultanément sur l'arbre et les fleurs qui les constituent s'ouvrent elles-mêmes progressivement (6 jours environs) à partir de la base.

Il en résulte pour une variété une période de floraison assez longue : chaque stigmate reste réceptif 3 à 4 jours. Il est alors de teinte rouge.

I.1.2.5. Pollinisation

Le grain de pollen est de 30 μm de diamètre est rond et lisse de couleur jaune et présente trois pores germinatifs. Le pollen emprisonné dans les étamines n'est libéré que par le vent qui agite les branches (Lieutaghi, 2004).

Les abeilles recueillent activement le pollen du térébinthe, mais n'ont aucun rôle dans la pollinisation car les fleurs femelles ne sont pas visitées ; elles peuvent cependant limiter fortement la quantité de pollen dispersée par le vent (Maggs, 1977).

Le plus souvent, on appelait mâle le pistachier térébinthe mâle qui, en l'absence de *Pistacia vera*, servait de pollinisateur au *Pistacia vera* femelle (Brichet, 1931).

I.1.2.6. Les fruits

Pistacia terebinthus L. à un fruit monosperme, sphérique ou réniforme, drupe à mésocarpe souvent très résinifère, et graine quasiment exalbuminée (Spichiger et *al.*, 2004).

Les fruits qui leur succèdent sont de nombreux petits grains, rouges à maturité, très serrés, ce qui produit un très bel effet (Gubb, 1913). C'est des drupes ovoïdes, d'abord rougeâtre puis brunes, de 6 à 7 mm de long et 5 à 6 mm de large, avec une pointe au sommet (Seigue, 1985).



Fig. 10: Fruits immatures de *Pistacia terebinthus* L. (début de fructification) (Cliché Mellah, 2010).

A maturité elles deviennent vert bleuâtre, un peu astringentes, renflées d'un côté vers leur sommet, moins ridées et de moitié plus petite que celle du pistachier vrai (Pierre Antoine & Pyramus, 1805).

Le mûrissement des fruits est fortement associé à la viabilité des graines, comme trouvé chez *Pistacia Lentiscus* L. (Jordano, 1989), sauf dans de très rare occasion (1,5%), un fruit vert contient toujours une graine viable, qui remplit toute la locule du fruit (Traveset, 1993).

Les analyses chimiques du contenu organique et minéral de la pulpe des fruits rouges et verts indiquent que la plus significative différence entre eux réside dans la teneur en lipides, presque dix fois plus élevée dans le dernier (Fruit vert) (Traveset, 1993). Aucune différence dans les composés secondaires n'a été examinée à ce jour.



Fig. 11 : Fruits matures de *Pistacia terebinthus* L. (cliché Mellah, 2010).

I.1.3. La parthénocarpie chez *Pistacia terebinthus* L.

Comme chez d'autres espèces du genre *Pistacia*, la parthénocarpie chez le *Pistacia terebinthus* L. peut se produire car le péricarpe et l'endocarpe se développent indépendamment de l'ovule (Grundwag, 1976). En outre il semble y être un retard dans la division du zygote (Grundwag & Fahn, 1969) et l'ovule fertilisé atteint sa taille finale plusieurs mois après la disparition de la fleur et peu de temps avant la maturation du fruit. La maturation survient en septembre, les fruits mûrs résistant moins de deux mois sur les plantes à cause de leur enlèvement par les oiseaux. La plupart des fruits dans leur grandeur finale avec des graines non viables sont retenus sur la plante pour plusieurs mois (juillet – octobre), après quoi toutes ensembles commencent à tomber, même avant leur dessiccation (Traveset, 1993).

La parthénocarpie chez *Pistacia terebinthus* L. réduit la prédation des graines par les guêpes. Plus la proportion des fruits parthénocarpiques par cueillette est élevée plus les graines endommagées par les guêpes sont minimales.

La parthénocarpie a actuellement une valeur adaptative par la réduction de la mortalité de sa progéniture. Néanmoins, son origine n'est probablement pas liée à la prédation des graines. Au sein du genre *Pistacia*, les traits de fruits sont remarquablement conservés (Grundwag, 1976 et Jordano, 1989).

En outre, la production des fruits avec des graines non viables peut être déclenchée par des conditions particulières qui s'expriment sur une plante pendant la période de pollinisation

(Crane, 1975 et Jordano, 1989) ou pendant le processus de fertilisation et la croissance précoce des fruits (Grundwag & Fahn, 1969 et Grundwag, 1976).

I.2. Exigences écologiques et climatiques de *Pistacia terebinthus* :





I. 2.1. Altitude

Pistacia terebinthus L. se rencontre en montagne jusqu'à 1200 m d'altitude (Seigue, 1985). Cette espèce est sensible au froid et à l'altitude. Au dessus de 600 m d'altitude la croissance diminue considérablement sauf si la chaleur est importante.

Un taux d'ensoleillement important est absolument nécessaire. Il ne peut pas être sous ombrage. Le taux d'humidité de l'air en saison sèche doit être faible afin de garantir une bonne santé de l'arbre (Lacroix, 2003).

I.2.2. Exigences climatiques

Tableau n°2 : Exigences climatiques de *Pistacia terebinthus* L. (Mellah, 2010)

Lumière	Ombre								Lumière
Humidité atmosphérique	Sec								Humide
Température	Froid								Chaud
Continentalité	Marin								Cantine



Zone optimale du taxon

C'est un méditerranéen habitué aux étés (Lequay, 2005) où tous les Anacardiées vivent dans des régions chaudes. Le pistachier se contente d'une tranche pluviométrique faible, et s'épanouît dans les stations chaudes. C'est une espèce indicatrice du climat semi-aride. On le trouve dans les forêts ouvertes, maquis et jusqu'au pied des montagnes. Il pousse aussi dans l'étage subhumide (Ingrid & Peter, 1988).

I.2.3. Exigences édaphiques

Le térébinthe pousse sur tous les sols, mais paraît préférer les calcaires chauds (Seigue, 1985), acceptant les sols très secs (Lieutaghi, 2004). On le trouve ainsi sur les coteaux, rocailles et broussailles (Ingrid & Peter, 1988).



Fig. 12 : Type de sol rocailleux sur lequel croit le pistachier térébinthe (Cliché Mellah, 2010).

Tableau n°3 : Exigences édaphiques de *Pistacia terebinthus* L. (Mellah, 2010)

Réaction Ph	Acide								Basique
Humidité	Sec								Humide
Texture	Argile								Rochers
Nutriments	Pauvre								Riche
Salinité	Non-T								Très-T
Matière organique	Pauvre								Riche

Zone optimale du taxon

I.3. Association

Souvent sous forme de sujet isolé, *Pistacia terebinthus* L. est souvent associé à *Quercus ilex* et parfois même à *Quercus pubescent* (Seigue, 1985). Comme le lentisque son association est thermo-xérophile (Quézel, 1979).

En France on le trouve partout mais à l'état dispersé jusqu'à 600 m d'altitude, il atteint les 2200 m au Maroc et les 900 m en Algérie (Quézel, 1979).

I.4. Intérêt

I.4.1. Intérêt économique

En occident, le bois dur et compact, peut prendre un beau poli, jaune clair, parfois rose. Il est utilisé pour des travaux d'ébénisterie, de marqueterie, de tournerie ou de sculpture (Seigue, 1985).

La résine très odorante qui sort de l'écorce du térébinthe fût, dans l'antiquité et jusqu'au XVIIIème siècle en Égypte et en Grèce avant notre ère, une de ces drogues précieuses et chères que l'Europe importait des rivages d'Orient.

Ses galles sont employées, par les turcs et les espagnols pour teindre la soie en écarlate.

L'essence de térébenthine est le produit qui permet de diluer la peinture à l'huile tout en lui conférant une certaine résistance. Il en existe différentes gammes en fonction de leur raffinage et du prix qu'on est prêt à mettre dans leur achat. En préférer de la fraîche et bien résineuse.

Le térébinthe sert comme solvant de certaines résines, employés comme milieux et aussi pour décolorer les coupes faites dans les objets fixés au Fleming (Fournier, 1990).

I.4.2. Intérêt alimentaire

Les fruits, bien que très petits, sont consommables : l'amande du noyau se rapproche de la pistache par le goût et par la couleur. Autrefois, on faisait confire leurs grappes, vertes, au vinaigre, à la manière des câpres, ou au sel comme les olives (Lieutaghi, 2004). On tire aussi de son fruit une huile alimentaire.

I.4.3. Intérêt en médecine traditionnelle

Elle entraine dans la thériaque et dans la plupart des onguents vulnérinaires. Ses usages internes et externes ne diffèrent pas de ceux de la térébenthine des pins.

Dans le Midi, où l'arbuste est aujourd'hui tout à fait inutilisable, on pourrait employer la décoction de son écorce comme antiseptique et cicatrisante sur les plaies et les ulcères (Fournier, 1990).

En Espagne, dans la province de Tarragone, la macération de racines de térébinthe est utilisée traditionnellement contre l'ascite.

En orient, la résine cuite sert de pâte à mâcher. On dit qu'elle consolide et blanchit les dents, qu'elle fait bonne haleine, qu'elle ouvre l'appétit (Lieutaghi, 2004).

Ses galls sont utilisées contre l'asthme et les maux d'estomac (Ozenda, 1991).

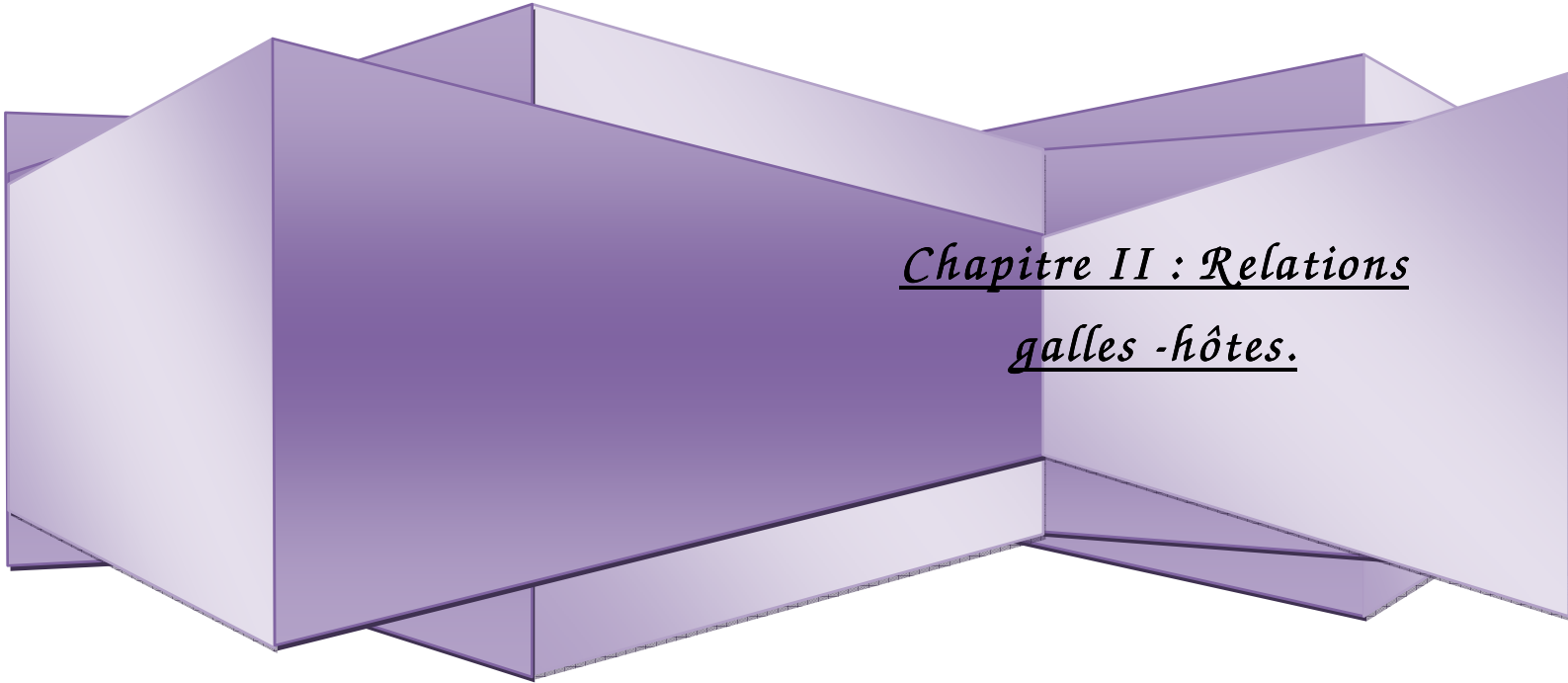
Théophraste dit que la résine du térébinthe est la plus excellente de toutes les résines, qu'on l'apportait de la Jordanie, de la Judée, de la Syrie, de Cyprée, d'Afrique et des Îles Cyclades : la meilleur était blanche claire, de la couleur de verre. Cette résine est blanc jaunâtre, ne devient jamais très dure, sa senteur est forte, sa saveur est à la fois aromatique. C'était autrefois la plus rare, la plus chère, et donc la plus recherchée des résines médicinales (Lieutaghi, 2004).

I.5. Culture

Comme chez les autres espèces du genre *Pistacia*, la dormance peut être due aux écailles de la drupe (Tsakalimi & Ganatsas, 2001; Ellis et al., 1985).

Le semis doit être sur une terre légère et assez fraîche (Young et Young, 1992). Il est capricieux, on ne peut guère espérer que 20% de levée de semis, les semences nécessitent une scarification mécanique ou chimique, de l'endocarpe (web master 2).

On peut aussi, quand ils croissent en sol assez riche, greffer les térébinthes sauvages (Lieutaghi, 2004). Il sera le porte greffe de choix pour la zone au nord de la méditerranée, les zones à fortes pluviométrie. Il offre une bonne résistance au phytophthora. Toutefois, certains insectes tels que les pucerons trouvent refuge dans les folioles.



Chapitre II : Relations
galles -hôtes.

Une galle (syn. cécidie) résulte de la réaction d'une plante (hôte), provoquée en général par un insecte, mais aussi par des acariens, des nématodes, parfois des champignons ou des bactéries. On dénombre plus de 13 000 parasites cécidogènes. La plupart des hôtes sont des plantes dicotylédones (Roland et *al.*, 2008).

Bien que le mécanisme de la formation de la galle demeure inconnu, il semble que les insectes commandent d'une façon ou autre le processus (Abrahamson & Weis 1997). Plusieurs études ont suggéré qu'il y a une association étroite entre l'insecte et la morphologie de la galle (Stem, 1995 ; Crespi & Worobey 1998 ; Nyman et *al.*, 2000).

II.1. Les pucerons ou Aphides

Le puceron, dit (Punicem) en latin, signifie petite puce. Son étymologie indique bien qu'il s'agit d'un insecte (Web master 3). Il appartient à la super-famille des Aphidoidea (Hemiptera) qui comprend près de 4700 espèces réparties en dix familles (Remaudiere et Remaudiere 1997; Blackman et Eastop, 2006).

Le fossile du puceron le plus ancien suggère que les Aphidoidea se sont diversifiés en parallèle avec les premières angiospermes il y a environ 140 Millions d'années, mais il est probable que cette super-famille soit encore plus ancienne et qu'elle vivait en association avec les premiers conifères il y a près de 200 Ma (Heie, 1987 et Heie, 1994).

Les Aphidoidea sont des insectes phytophages mesurant quelques millimètres jusqu'à un centimètre pour les plus gros (Blackman et Eastop, 1994). Seule une petite proportion des espèces de plantes sont des hôtes pour les pucerons (Dixon et *al.*, 1987). Ils sont trouvés également sur les résineux, sur quelques fougères et quelques mousses. On connaît actuellement plus de 4500 espèces dans le monde dont 900 environs en Europe (Hullé, 1998).

Contrairement à beaucoup d'autres insectes, les pucerons ont été considérés comme des ravageurs d'importance mineure vis-à-vis des plantes cultivées ; cette situation s'est profondément modifiée au cours des 30 dernières années, à tel point qu'ils sont considérés aujourd'hui « comme le groupe entomologique probablement le plus important au point de vue agronomique sur le plan mondial » (Leclant, 1978).

Les plantes hôtes peuvent être exploitées par une ou plusieurs espèces de pucerons, sur lesquelles ils forment des colonies localisées sur différentes parties aériennes ou souterraines (Blackman et Eastop, 2006).

La parthénogenèse des pucerons est cyclique; la reproduction asexuée alterne avec la reproduction sexuée. En moyenne, il faut une dizaine de jours à 20°C pour compléter une

génération. Les générations sexuées apparaissent en automne, et les générations parthénogénétiques au printemps et en été. Le fait que les pucerons peuvent se multiplier par parthénogenèse permet un nombre élevé de pucerons par génération (Mircea, 2007).

D'après Cottier (1953), ces pucerons sont uniquement phytophages : grâce à leurs appareil buccal de type piqueur-suceur (Figures 13 et 14), ils se nourrissent de la sève des plantes et peuvent transmettre à celle-ci des particules virales, ce qui en fait des déprédateurs majeurs des cultures. Ils sont d'autant plus nuisibles que leur cycle complexe et leur polymorphisme leur permettent d'exploiter leurs plantes hôtes au maximum tout en répondant très rapidement aux modifications de leur environnement (Hullé, 1998).

Si les aphides se trouvent en faible nombre et ne transmettent pas de virus, ils causent des dégâts négligeables (Van Emden & *al.*, 1969, Miles, 1999). Une fois les populations établies et dans des conditions idéales de reproduction, le nombre de pucerons peut augmenter rapidement et devenir ainsi un problème pour la survie des plantes (Metcalf & Flint, 1962). Un grand nombre d'aphides préfèrent utiliser comme hôte principal des plants infectés par des virus (Ferreles et *al.*, 1999),

Rotheray (1989) montre que les aphides ont beaucoup de manière de défense contre les prédateurs qui par conséquent sont divisés en deux groupes : des aphides qui sont à l'origine de la dégénérescence chez la plante hôte (Brodsky & Barlow, 1985) et d'autre aphides qui peuvent induire leurs galles sur leurs centres où se déroulent les phénomènes physiologiques, pour avoir la défense active comme des "soldats" (Foster, 1990), et sécréter également la cire qui couvre leurs corps et entoure la colonie, ou vivre dans les endroits cachés tels que des racines de la plante.

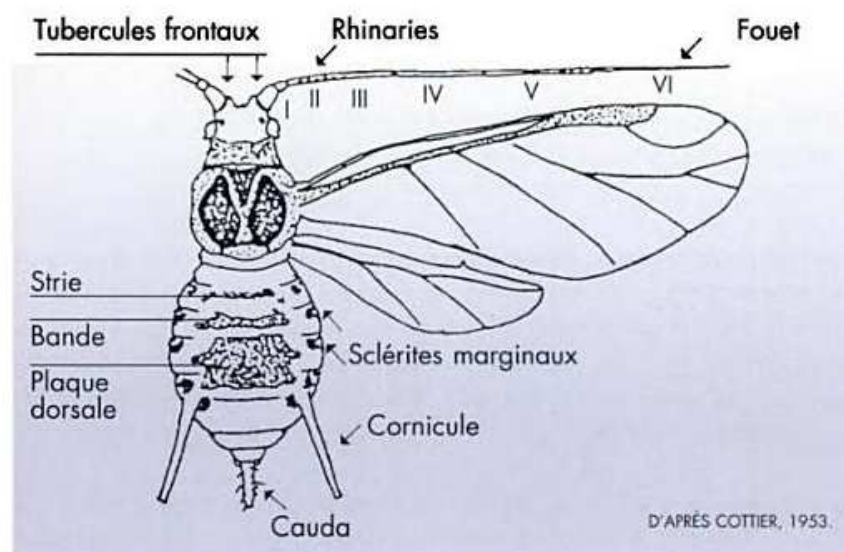


Fig. 13 : Anatomie générale d'un puceron selon Cottier (1953) : Femelle vivipare ailée.

Le calendrier des pucerons ainsi établi n'est cependant pas toujours respecté à la lettre. La fréquence et l'importance de colonies, l'ampleur des dégâts, l'abondance des pontes résultent de concours de circonstances où l'arbre, le climat et le puceron jouent les premiers rôles. C'est la variabilité biologique qui s'exprime (Hullé, 1998).

La plupart des espèces de pucerons présentent, au cours de leurs cycles évolutifs, une génération d'insectes sexués (mâle, femelle) alternant avec une ou plusieurs générations se multipliant par parthénogénèse et constituées uniquement de femelles (parthénogénèse thélytoque).

Les femelles fécondées sont toujours ovipares alors que les femelles parthénogénétiques sont plus souvent vivipares (Leclant, 2000).

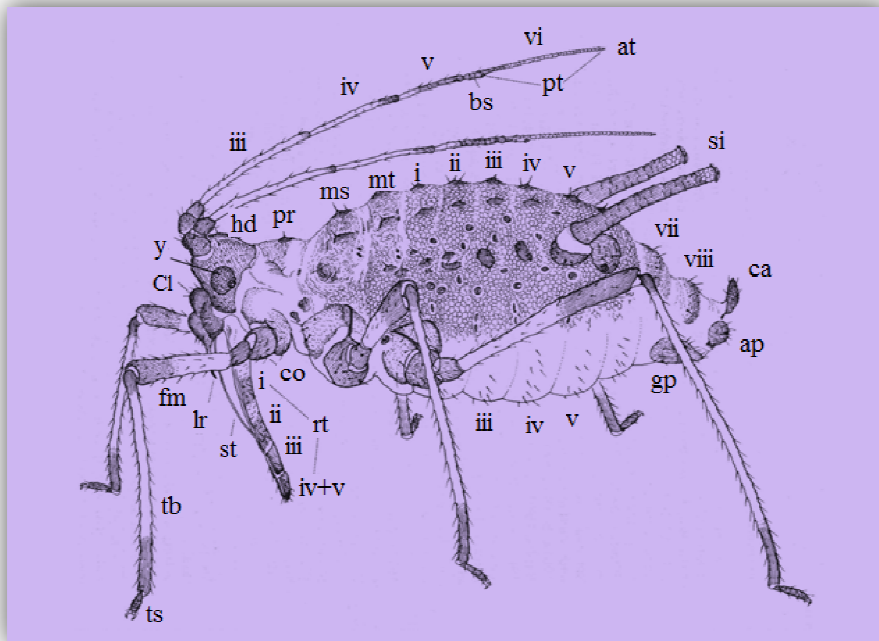
**Fig. 14 : Anatomie générale d'un puceron : Femelle vivipare aptère.**

Schéma de l'anatomie d'un puceron. La tête (**hd**) contient le cerveau et porte les principaux organes sensoriels : une paire d'antennes (**at**) qui leur permet d'explorer leur environnement de manière tactile et Olfactive, une paire d'yeux composés (**y**), et des pièces buccales de type piqueur-suceur, constituant le rostre (**rt**) qui porte les stylets (**st**), leur permet de «gouter »et de se nourrir du phloème de la plante hôte. Le thorax, divisé en 3 segments (**ms**, mésothorax ; **mt**, métathorax ; **pr**, prothorax), porte les organes de locomotion : 3 paires de pattes (coxa (**co**), fémur (**fm**), tibia (**tb**), tarse (**ts**)) et une paire d'ailes quand ces dernières sont présentes. L'abdomen, constitué de 10 segments, porte les organes de la reproduction et de l'excrétion : à la jonction des segments **V** et **VI**, émerge une paire de cornicules (**si**) sur la face dorsale qui permet d'excréter des défenses et des phéromones d'alerte ; la face dorsale de l'abdomen peut également porter des soies de différents types, des plaques pigmentaires et des opercules ; à l'extrémité de l'abdomen le segment X forme la queue ou cauda (**ca**), juste en dessous duquel se trouve la plaque anale (**ap**), l'anus d'où est excrète le miellat, et enfin la plaque génitale (**gp**). L'abdomen contient le système digestif et bien sur les organes reproducteurs internes. (Autres abréviations : **bs**, base ; **cl**, clypeus ; **lr**, labre ; **pt**, processus terminalis. Les chiffres romains indiquent la segmentation). D'après (**Miyazaki 1987**).

II.2. Action des pucerons aphidiens sur les plantes hôtes

L'association puceron-plante hôte ne se fait pas au hasard, les pucerons peuvent avoir une ou plusieurs espèces de plantes hôtes qui ne sont pas forcément exclusives. Certaines familles botaniques comprennent une sur représentation d'associations plante-puceron, comme les Astéracées (plus de 600 espèces de pucerons en association), les Apiacées (~600), les Rosacées (~300) et les Conifères (~350) (Blackman & Eastop, 2006), alors que d'autres grandes familles de plantes (Cactacées, Euphorbiacées, Orchidacées, Lauracées, Moracées, Myrtacées) sont associées à un nombre restreint d'espèces de pucerons (Dixon, 1998).

Les pucerons sont totalement dépendants de leur plante hôte, car ils sont tous phloemophages. Grâce à leur rostre ils percent les couches supérieures de l'épiderme des tissus végétaux puis déploient leurs deux paires de stylets fins et souples entre les cellules végétales pour atteindre la sève élaborée. Suite à l'installation des stylets la salive est injectée afin d'inhiber les mécanismes de défense de la plante, et l'ingestion de phloème peut avoir lieu (Powell et *al.*, 2006).

Chaque espèce est en général inféodée à une partie de la plante : aérienne (feuille et/ou tige) ou souterraine (collet ou racines). Les individus peuvent être libres ou former des galles : lors de la prise alimentaire, les stimulations mécaniques et chimiques provoquent un changement dans la différenciation des tissus végétaux (Forrest, 1987) dont la réaction initie une déformation à morphologie caractéristique. Ces galles sont des protubérances, souvent pauvres en chlorophylle, mais riches en tanins et en anthocyanes qui leur donnent, alors, de vives couleurs.

Pour l'aphide, la galle fournit aux larves « le gîte et le couvert » : la réaction de l'hôte constitue un nid fait de tissus vivants, nutritifs et protecteurs, permettant l'hibernation et la métamorphose printanière des larves.

Le cécidogène dépose, avec ses œufs, différentes molécules (dont des substances auxiniques) qui provoquent la multiplication cellulaire et l'hypertrophie (Roland et *al.*, 2008).

Hormis les dégâts directs qu'ils infligent aux cultures lors de leur pullulation, les pucerons ont en outre la capacité de transmettre des virus phytopathogènes qui provoquent la chute des rendements et la dégradation de la qualité des semences (Remaudière et *al.*, 1985).

Selon Godfray (1994), ses pucerons sont parasitoïdes. Ils se distinguent des vrais parasites en ce sens qu'ils ne tuent pas nécessairement leurs hôtes car leurs larves s'en nourrissent. Un seul hôte est nécessaire pour le développement complet du parasitoïde.

Tous les pucerons sont des producteurs d'un miellat sucré consommé par les fourmis. Une autre voie, est la production de structures alimentaires par la plante destinées aux fourmis. Les nectaires extra-floraux sont des glandes productrices d'exsudations sucrées, qui comme le nom l'indique, ne se situent pas au niveau des fleurs et n'ont pas de rôle dans la pollinisation. Leur localisation est variable d'une espèce à l'autre (Passera et Aron, 2005).

II.3. Les taxons inféodés au genre *Pistacia*

Les aphides du genre *Pistacia* présentés par Holman (2009) sont les suivants :

Tableau n°4 : Espèces inféodées du genre *Pistacia* (Holman, 2009)

<i>Pucerons</i>	<i>Références</i>	<i>P.</i> <i>t.</i>	<i>P.</i> <i>a.</i>	<i>P.</i> <i>l.</i>	<i>P.</i> <i>v.</i>	<i>P.</i> <i>p.</i>	<i>P.</i> <i>c.</i>	<i>P.</i> <i>k.</i>	<i>P.</i> <i>i.</i>
<i>Aphis (A.) gossypii</i>	Glover, 1877								
<i>Aploneura lentisci</i>									
<i>Asiphonella cynodonti</i>	B. Das, 1918								
<i>Asiphonella dactylonii</i>	Theobald, 1923								
<i>Baizongia pistaciae</i>	Linnaeus, 1767								
<i>Baizongia</i>									
<i>Brachyunguis (Br.) nevskyi</i>									
<i>Chaetogeioica</i>									
<i>Chaetogeioica ovagalla</i>	G. Zhang, 1995								
<i>Chaetogeioica foliidentata</i>	Tao, 1947								
<i>Geoica</i>									
<i>Geoica utricularia</i>	Passerini, 1856								
<i>Geoica rungsi</i>	Davatchi & Remaudiere, 1957								
<i>Geoica lucifuga</i>	Zehntner, 1897								
<i>Geoica harpazi</i>	Brown & Blackmann, 1994								
<i>Geoica mimeuri</i>	Gaumont, 1930								
<i>Geoica muticae</i>	Mordvilko, 1928								
<i>Geoica swirskii</i>	Remaudiere & Inbar, 2004								

<i>Slavum</i>	Mordvilko, 1927								
<i>Slavum mordvilkoii</i>	Kreutzberg, 1953								
<i>Slavum esfandiarii</i>	Davatchi & Remaudiere, 1957								
<i>Slavum lentiscoides</i>	Mordvilko, 1927								
<i>Slavum wertheimae</i>	Hille Ris Lambers, 1957								
<i>Slavum esfandiarii</i>									
<i>Paracletus cimiciformis</i>	Von Heyden, 1837								
<i>Paracletus donisthorpei</i>	Theobald, 1929								
<i>Forda</i>									
<i>Forda pawlovae</i>	Mordvilko, 1901								
<i>Brachyunguis (Br.) nevskii</i>	Kreutzberg, 1940								
<i>Forda hirsuta</i>	Mordvilko, 1928								
<i>Forda formicaria</i>	Von Heyden, 1837								
<i>Forda marginata</i>	Koch, 1857								
<i>Forda kaussarii</i>	Davatchi & Remaudiere, 1957								
<i>Forda riccobonii</i>	Stefani, 1899								
<i>Forda sichangensis</i>	Remaudiere & Tao, 1957								
<i>Rectinasus buxtoni</i>									
<i>Smynthuodes betae+</i>									

P. t. *Pistacia terebinthus* ; *P. a.* *Pistacia atlantica* ; *P. l.* *Pistacia lentiscus* ; *P. v.* *Pistacia vera* ; *P. p.* *Pistacia palestina* ; *P. c.* *Pistacia chinensis* ; *P. k.* *Pistacia khinjuk* ; *P. i.* *integerrima*.

Ces espèces sont présentes dans les zones d'origine des pistachiers (Moyen-Orient) mais n'ont pas été reconnues en France (Corse) sur *Pistacia vera*. Certaines espèces peuvent néanmoins se développer sur *Pistacia terebinthus* (espèce spontanée) dans la région méditerranéenne (Leclant, 2000).

Pistacia Lentiscus L., *Pistacia terebinthus L.* et *Pistacia atlantica L.* présentent un grand nombre de galles qui appellent l'attention par leurs formes variées, leurs dimensions

souvent considérables et leurs teintes vives. Ces galles abritent presque toutes des Hémiptères (Houard, 1922).

Koach & Wool (1977) expriment qu'il y a un groupe d'aphides (Homoptera: Fordinae) qui induisent des galles remarquablement variable sur la pistache sauvage. Ces galles sont formées sur de divers organes et diffèrent dans la taille, la forme, et la phénologie.

Les *Fordinae* déterminent sur les pistachiers l'apparition de galles, sur les folioles ou les rameaux, dont la forme est en général strictement spécifique. On se référera donc à la forme de la galle formée sur les folioles ou à l'extrémité des rameaux. Lorsqu'une espèce est susceptible de vivre sur plusieurs espèces de Pistachiers, elles provoquent sur chacune d'elles la formation de galles du même type (Leclant, 2000).

Un grand nombre de galles de Pistachiers sont employées dans la préparation des cuirs comme matières tannantes et désignées depuis longtemps dans le commerce sous le nom de Caroube de Judée, galle de Bokhara, etc. (Avanzato & Quatra, 2004).

Actuellement, Le nombre des cécidozoaires qui parasitent des Anacardiacees sont décrits et nommés, et sont assez considérable : il comprend plusieurs représentants du groupe des Pemphigides ainsi que des diptères.

II.4. Galles du pistacher térébinthe :

Le pistachier térébinthe est particulièrement sensible aux parasites (pucerons) qui utilisent ses feuilles pour y abriter leurs larves. Cette espèce est largement connu parce qu'elle accueille une galle remarquable rougeâtre qui ourlent leurs feuilles ou prolifèrent en forme de cornes décoratives brun rougeâtre qui atteint parfois jusqu'à 20 centimètres de longueur (Courchet, 1878 ; Bodenheimer, 1935 ; Blackman & Eastop, 1994).

Ses galles si curieuses, sont produites par la piqûre des pucerons. Elles contiennent une plus grande quantité de tanins dans les feuilles. C'est pourquoi elles ont servi à fabriquer une teinture noire. On remarque plusieurs types de galles sur cette espèce:

II.4.1. Galle due au puceron *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767)

C'est une très grande galle, plastique et fusiforme (Figure 16 (D)). Elle est de 10 à 22 cm de long, sous forme de corne sont induites par les aphides de *Baizongia* (Leclant, 2000). C'est un insecte arthropode hémiptère (Figure 15) qui transforme entièrement la foliole en

une énorme production « corne de chèvre », situé au sommet d'un rameau et qui reste relié à celui-ci une fois a eu lieu la chute des feuilles (Figure 15 (E)) (Houard, 1922).

La surface est cannelée parallèlement à la longueur de la galle (Web master 7, 2014).



Fig. 15 : *Baizongia pistaciae* femelles vivipares aptères (A) et ailées (b) (Web master3).

Tableau n°5 : Classification de *Baizongia pistaciae* (Linnaeus, 1767)

Nom complet du taxon	<i>Baizongia pistaciae</i> (Linnaeus, 1767)
Classement taxonomique	Insecte
Classification	<u>Animalia</u> , <u>Eumetazoa</u> , <u>Arthropoda</u> , <u>Hexapoda</u> , <u>Insecta</u> , <u>Hemiptera</u> , <u>Sternorrhyncha</u> , <u>Aphidoidea</u> , <u>Aphididae</u> , <u>Baizongia</u> , <u>Baizongia pistaciae</u>
Synonymes	1. <i>Baizongia</i> (Wilson, 1910) 2. <i>Pemphigella</i> 3. <i>Dasia van der</i> (Goot, 1918) 4. <i>Aphis pistaciae</i> (Linnaeus, 1767)



Fig. 16 : Galles jeune (a), médianes (B, C) et mature (D) et desséchée (E) dues au puceron *Baizongia pistaciae* sur *Pistacia terebinthus* (Ferrán Turmo Gort, Ángel Umaran del Campo et Nicolas Pérez-Hidalgo, 2014 (Web master7)).

II.4.2. Galle due au puceron *Geoica utricularia* (Passerini, 1856)

C'est une galle d'une autre forme sur les folioles, elle est en forme de sac (Leclant, 2000), *Geoica utricularia* (Figure 17) épaissie l'extrémité de la nervure médiane sur une longueur de 5-10 mm, cette nervure est incurvée vers le bas. Les deux moitiés du limbe, fortement hypertrophiées dans la région avoisinante, se replient vers la face supérieure : il se constitue ainsi une galle ovoïdale verte ou rousse (Figure 18 (C, D)). Faisant saillie à la face inférieure et s'ouvrant en fente à la face supérieure (Figure 19) (Houard, 1922).

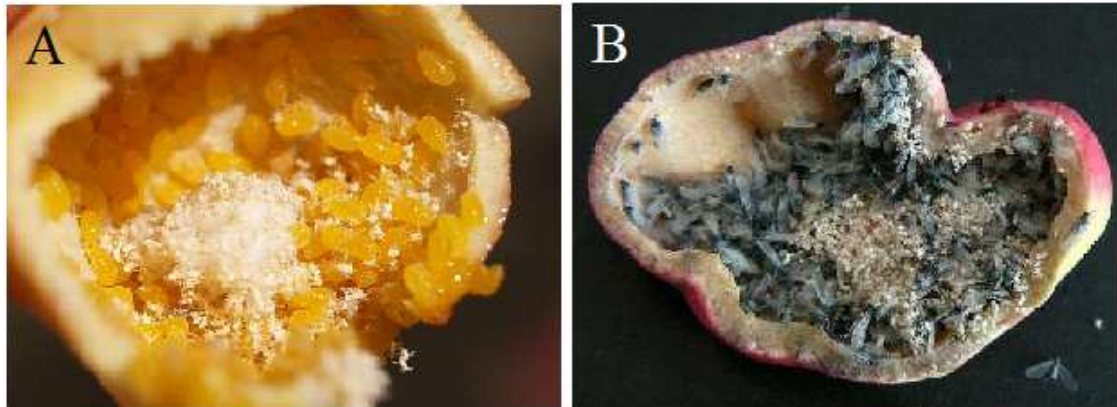


Fig. 17: Galles en bourses (utricules) sur *Pistacia terebinthus* causé par *Geoica utricularia* montrant des pucerons aptères (A) et d'autres ailées (B) (Web master 6).

Tableau n°6 : Classification de *Geoica utricularia* (Passerini, 1856)

Nom complet du taxon	<i>Geoica utricularia</i> (Passerini, 1856)
Classement taxonomique	Aphide
Classification	<u>Animalia</u> , <u>Eumetazoa</u> , <u>Arthropoda</u> , <u>Hexapoda</u> , <u>Insecta</u> , <u>Hemiptera</u> , <u>Sternorrhyncha</u> , <u>Aphidoidea</u> , <u>Aphididae</u> , <u>Geoica</u> , <u>Geoica utricularia</u>
Synonymes	1. <i>Pemphigus utricularia</i> (Passerini, 1856) 2. <i>Pemphigella utricularia</i> (Passerini, 1856)



Fig. 18: *Geoica utricularia* Pass. inféodée au *Pistacia terebinthus* (Galles jeune (a), médianes (B, C), mature (D) et desséchée (E)) (Nacho Cabellos Cano, David Molina, Nicolás Pérez Hidalgo (Web master7), 2014).

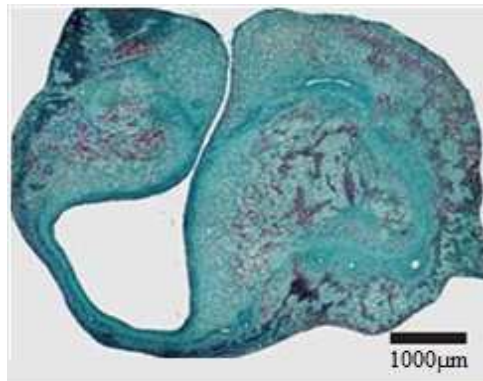


Fig. 19: Forme histologique générale de la bourse du *Geoica utricularia* Pass. (Alvarez, 2011)

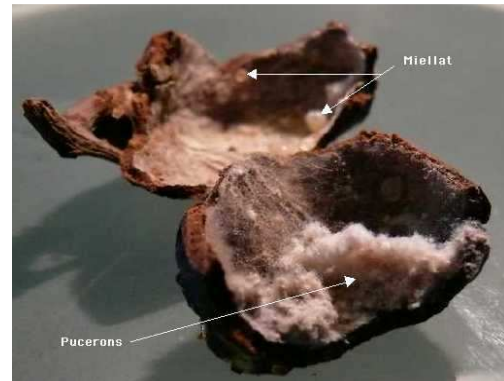


Fig. 20: Galle desséchée, restes des pucerons *Geoica utricularia* Pass. et leurs miellat (Web master 6)

II.4.3. Galle due au puceron *Paraclsetus cimiciformis* (Von Heyden, 1837)

C'est un enroulement marginal très serré vers le haut de la foliole (Figure 22) (Houard, 1922), *Paraclsetus cimiciformis* (Figure 21) s'installe au niveau des folioles jeunes (Figure 22 (A)), car les aphides tendent à émerger avant le débourrement (Wool et Manheim, 1986). Macroscopiquement cette galle montre respectivement l'aspect aplatis (Figure 23) (Alvarez, 2009).

Tableau n°7 : Classification de *Paraclsetus cimiciformis* (Von Heyden, 1837)

Nom complet du taxon	<i>Paraclsetus cimiciformis</i> (Von Heyden, 1837)
Classement taxonomique	Aphide
Classification	Animalia, Eumetazoa, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphidoidea, Aphididae, <i>Paraclsetus cimiciformis</i> .
Synonymes	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Forrda skorkini</i> (Mordvilko, 1935) 2. <i>Fordona italica</i> (Mordvilko, 1935) 3. <i>Paraclsetus cimiciformis</i> sp. <i>derbesi</i> 4. <i>Paraclsetus cimiciformis</i> sp. <i>harukawai</i> 5. <i>Paraclsetus cimiciformis</i> sp. <i>pallidoides</i> 6. <i>Paraclsetus cimiciformis</i> sp. <i>pallidus</i> 7. <i>Paraclsetus cimiciformis</i> sp. <i>rotunda</i> 8. <i>Paraclsetus portschinskyi</i> (Mordvilko, 1921)

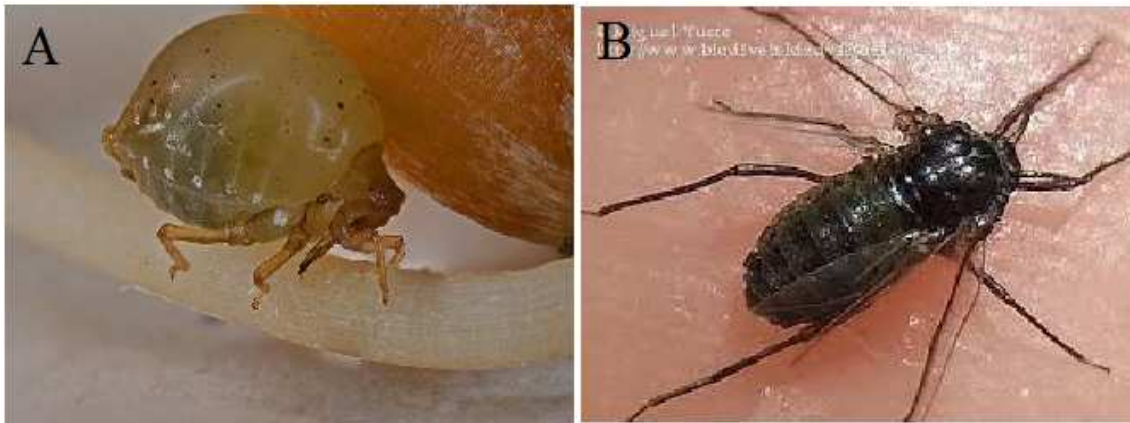
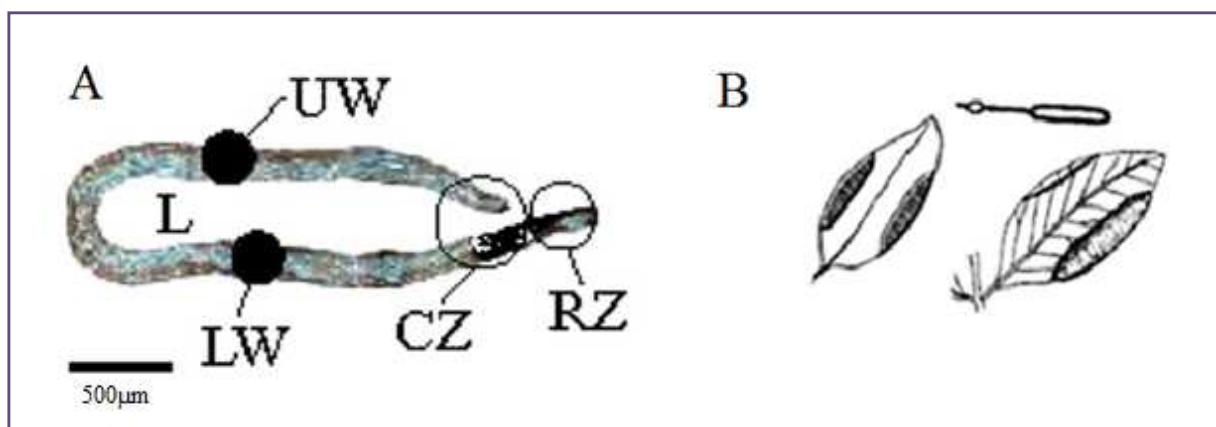


Fig. 21: *Paracletus cimiciformis* aptère (A) et ailé (B) (Web master 7).



Fig. 22 : Galles jeune (a), en développement (B, C), mature (D) et desséchée (E) dues au puceron *Paracletus cimiciformis* sur *Pistacia terebinthus* (Nicolas Pérez-Hidalgo (Web master7), 2014).



L. Chambre de la galle ; UW. Mur supérieur ; LW. Mur inférieur ; CZ. Zone de fermeture ; RZ. Zone de réaction

Fig. 23 : Brochure de *Paracletus cimiciformis* sur *Pistacia terebinthus* : forme générale et coupe transversale ((A) Alvarez, 2009 ; (B) Leclant, 2000).

II.4.4. Galle formée par la piqûre du puceron *Forda formicaria* (Von Heyden, 1837)

C'est une galle formée par le repliement du bord du limbe (Figure 25 (A)), contournée en croissant de lune ou en spirale (festonnée) (Figure 25 (D)), à bord irrégulier, n'intéressant que la bordure du limbe, sans contournement de la nervure médiane (Leclant, 2000). Le tout

se replie le plus souvent sur la face inférieure (Figure 26). La paroi épaissie de la cécidie est d'un vert plus clair que le reste du limbe (Figure 25 (C)) (Houard, 1922).

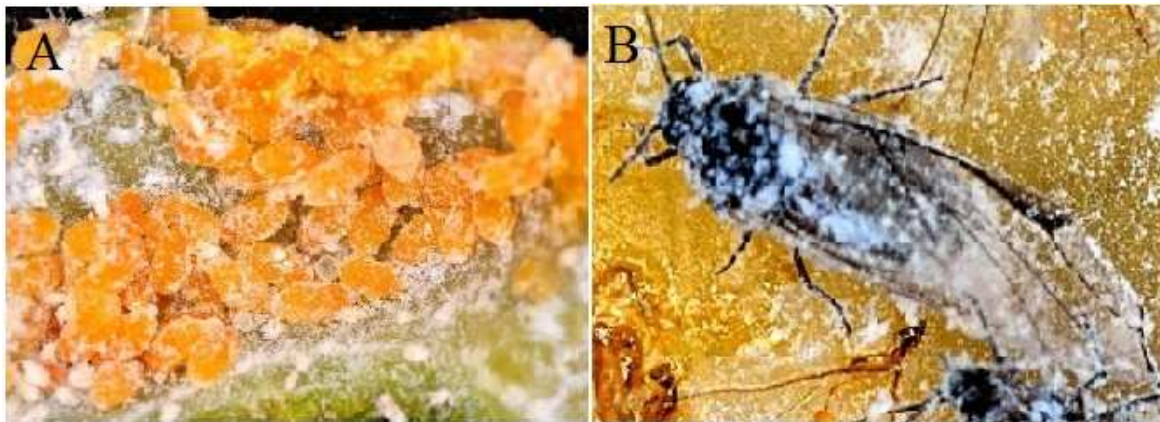


Fig. 24 : Pucerons aptères (A) et ailées (B) de *Forda formicaria* (Web master 6).

Tableau n°8 : Classification de *Forda formicaria* (Von Heyden, 1837)

Nom complet du taxon	<i>Forda formicaria</i> (Von Heyden, 1837)
Classement taxonomique	Insecte
Classification	Animalia, Eumetazoa, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphidoidea, Aphididae, Forda, <i>Forda formicaria</i>
Synonymes	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Forda villosa</i> (Daniyarova, 1978) 2. <i>Forda formicaria</i> sp. <i>intermixta</i> Börner 1952 3. <i>Forda formicaria</i> sp. <i>subnuda</i> Börner, 1952 4. <i>Forda meridionalis</i> 5. <i>Forda occidentalis</i> Hart, 1894 6. <i>Forda semilunaria</i> 7. <i>Forda semilunoides</i> 8. <i>Forda viridana</i> Buckton, 1883 9. <i>Forda viridis</i> 10. <i>Pentaphis viridescens</i> Del Guercio, 1921 11. <i>Rhizoterus vacca</i> Hartig, 1841

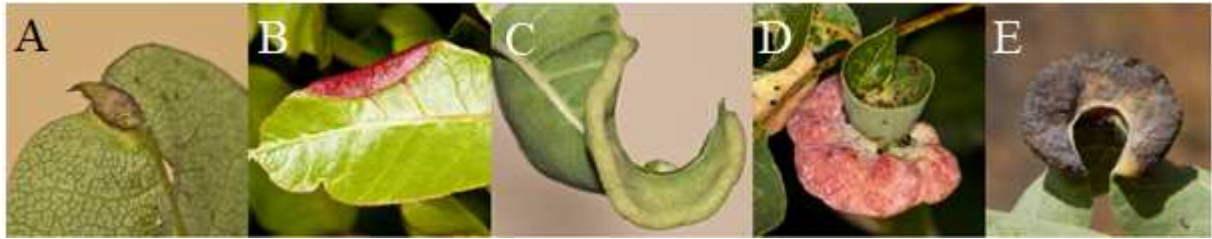
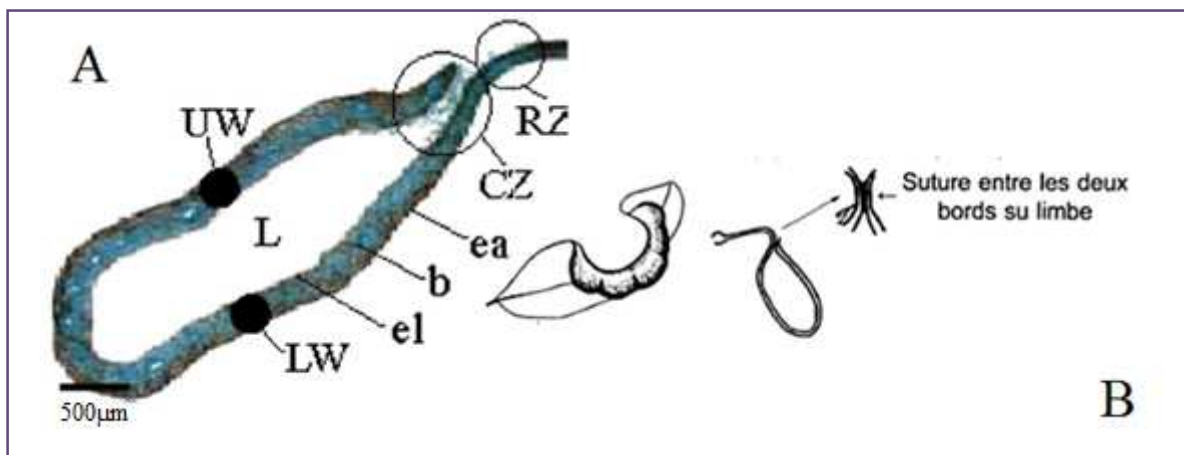


Fig. 25 : *Forda formicaria* sur *Pistacia terebinthus* : Galles jeune (a), en développement (B, C), mature (D) et desséchée (E) (Ángel Umaran del Campo (Web master7), 2014).



L. Chambre de la galle ; UW. Mur supérieur ; LW. Mur inférieur ; el. Epiderme interne ; ea. Epiderme externe ; b. Corps de la galle ; CZ. Zone de fermeture ; RZ. Zone de réaction

Fig. 26 : *Forda formicaria* ; coupe transversale de la galle festonnée ((A) Alvarez, 2009 ; (B) Leclant, 2000).

II.4.5. Galle du puceron *Forda marginata* (Koch, 1857)

Cette galle est fusiforme, lisse sans ornement (Figure 28 (D)), c'est un enroulement marginal de la foliole vers le haut (Figure 29 (A)). Les galles jeunes sont de forme assez régulière (cylindrique), tandis que les galles matures deviennent ovales puis en lignes parallèles plus ou moins ondulées avec l'épaississement du limbe (Figure 28 (E)) (Houard, 1922 ; Leclant, 2000).

Forda marginata (Figure 27) ne se rencontre pas en France sur le pistachier térébinthe, et l'hôte primaire de cet aphide est *Pistacia atlantica* (Houard, 1922).

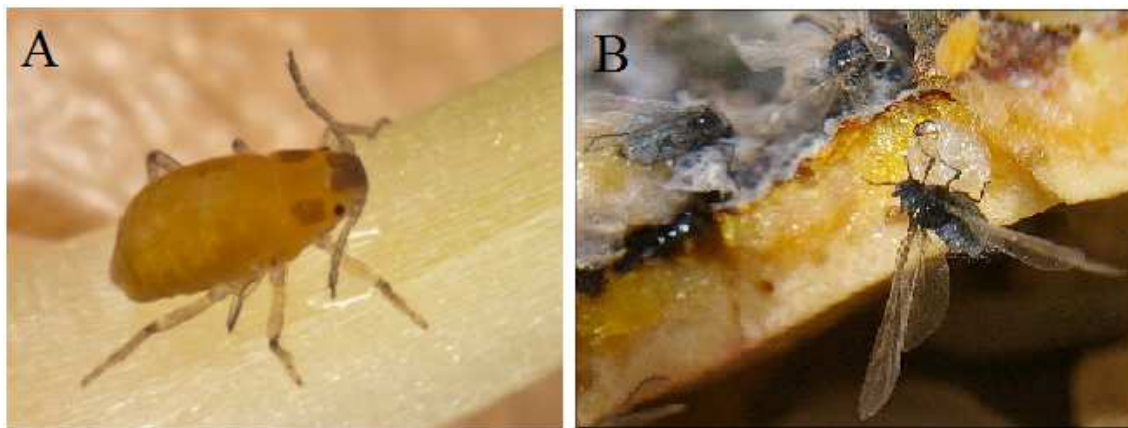


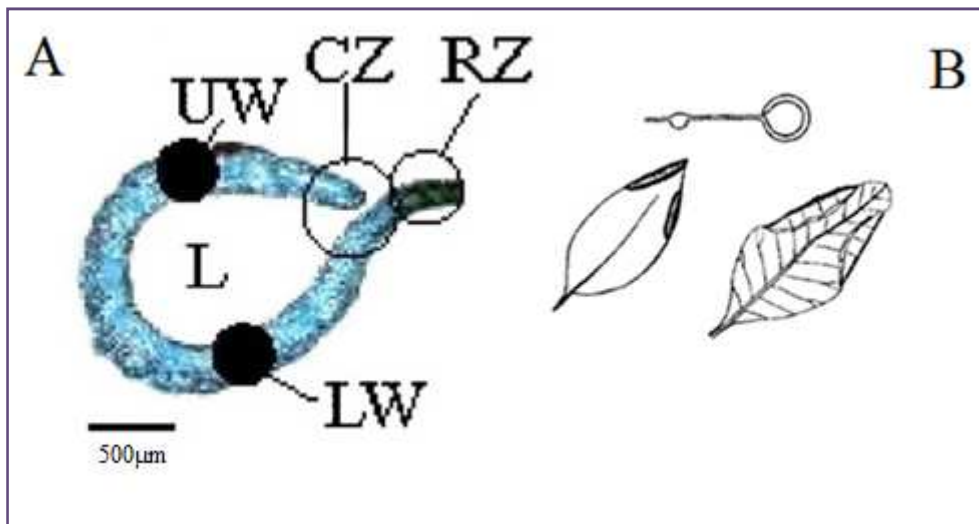
Fig. 27: Pucerons aptère (A) et ailés (B) de *Forda marginata* (Web master6).

Tableau n°9 : Classification de *Forda marginata* (Coch, 1857)

Nom complet du taxon	<i>Forda marginata</i> (Coch, 1857)	
Classement taxonomique	Aphide	
Classification	Animalia, Eumetazoa, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphidoidea, Aphididae, Eriosomatinae, Fordini, <i>Forda marginata</i>	
Synonymes	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Forda follicularia</i> 2. <i>Forda follicularioides</i> 3. <i>Forda hexagona</i> 4. <i>Forda interjecta</i> 5. <i>Forda kingii</i> 6. <i>Forda mokrzecky</i> 7. <i>Forda olivacea</i> 8. <i>Forda polonica</i> 9. <i>Forda proximalis</i> 10. <i>Forda pskovenis</i> 11. <i>Forda pskovensis</i> 12. <i>Forda retroflexa</i> 13. <i>Forda trivialis</i> 14. <i>Forda wilsoni</i> 15. <i>Pemphigus follicularius</i> 16. <i>Pemphigus folliculoides</i> 17. <i>Pemphigus retroflexus</i> 18. <i>Pentaphis apuliae</i> 19. <i>Pentaphis marginata</i> 20. <i>Tetraneura follicularia</i> 21. <i>Tychea trivialis</i> 	



Fig. 28: *Forda marginata* inféodée au *Pistacia terebinthus* (Galles jeune (a), médianes (B, C), mature (D) et desséchée (E)) (Nicolás Pérez Hidalgo (Web master7), 2014).



L. Chambre de la galle ; UW. Mur supérieur ; LW. Mur inférieur ; CZ. Zone de fermeture ; RZ. Zone de réaction
Fig. 29 : *Forda marginata* ; coupe transversale de la galle jeune sans épaissement ((A) Alvarez, 2009 ; (B) Leclant, 2000).

Sur *P. terebinthus* L. (Anacardiaceae) les galles diffèrent dans la forme, la taille, la couleur et les transformations structurales de l'organe atteint. Toutes les galles du pistachier térébinthe sont glabres et sans ornements. Certaines galles sont de forme cylindrique, tandis que d'autres sont ovales, allongées et plus ou moins ondulées avec épaissement du limbe à l'exception de la galle produite par *G. utricularia* et *B. pistaciae* (Leclant, 2000).

Les galles induites par *Forda formicaria*, *Forda marginata*, *Paracletus cimiciformis* modifient les marges des folioles, par contre, *Geoïca utricularia* modifie la nervure principale du limbe, tandis que celles de *Baizongia pistaciae* atteint les ébauches foliaires du bourgeon (Inbar et al., 2004) et modifient par la suite la foliole entière (Alvarez et al., 2008 & Inbar et al., 2004).

En fait, une des principales caractéristiques des feuilles du *Pistacia terebinthus* est l'accumulation de grandes quantités de ces composés. Les galles en forme de klaxon et les feuilles ont traditionnellement été utilisées comme des sources poly phénoliques pour le tannage des peaux brutes (Fernandez et al., 2000).



Chapitre III : Histologie
des galles et leurs
métabolites secondaires.

III.1. Les changements histologiques au niveau des tissus infectés par les aphides

Le végétal fournit à l'insecte l'abri et la nourriture nécessaire pour son développement, pour son évolution, et l'insecte semble profiter gratuitement de la nourriture et de l'abri. C'est, en un mot, la formule évidente du parasitisme (Nabias, 1886).

La formation d'une galle est avant tout une réaction de l'hôte indispensable au développement du cécidozoaire ou du cécidophyte. Réaction le plus souvent précocement trophique : création d'un tissu nourricier ; puis nidificateur (phénomène de croissance enveloppant le parasite) puis irrigation conductrice. Le parasite ne peut être niché que par une série d'hôtes, plus ou moins restreinte et susceptible de répondre favorablement aux inductions cécidogènes spécifiques et nécessaires à la conservation de l'espèce (Meyer, 1983).

Les galles se développent fraîchement dans l'épaisseur des organes comme sous l'écorce de la tige ou au sein du mésophylle de la feuille, ensuite à l'extérieur et ne restent attachées au tissu d'origine que par un pédicule. Ce n'est que la larve qui en sort qui peut provoquer la formation de la galle.

De nombreuses hypothèses scientifiques ont été émises pour expliquer la formation des galles. Il est souvent difficile de suivre le comportement larvaire des premières manifestations cécidogènes, car le puceron dépose généralement les œufs sur un organe jeune et les larves dès leur éclosion s'enfoncent entre les parties enroulées ou plissées du jeune limbe (Nabias, 1886).

Déjà en 1873, le professeur Thomas, s'est prononcé contre l'explication de la formation des galles par une sécrétion particulière à chaque insecte chez les Cécidogènes qui sont gallicoles, il ne peut être question d'une lésion des tissus végétaux, puisque ces insectes n'ont point d'aiguillon. Ils ne peuvent que pousser les œufs entre les écailles des bourgeons avec le tuyau flexible qui termine leur abdomen.

Quel est le point de départ de cette prolifération des tissus dont le terme est la formation gallaire. Le docteur Adler (1881) a pu saisir chez *lenticularis* et *Biorhiza aptera* le moment précis où la larve apparaît, où le développement de la galle commence. « Au moment où la larve vient à briser la coque de l'œuf, dit l'auteur, et attaque avec ses fines mandibules les cellules qui l'entourent », c'est alors que le processus commence.

Mais en entaillant la feuille, Peu d'heures après la lésion, le limbe de la feuille change d'aspect, et il se déclare une abondante formation de nouvelles cellules qui forme bientôt un

épaississement nettement circonscrit de la feuille quelques jours après, la galle est complètement formée, de couleur verte et rouge.

Dans ce cas, c'est bien la lésion produite par le puceron qui a provoqué l'activité cellulaire nécessaire à la formation de la galle. Mais le docteur Hennequy, préparateur au Collège de France, a observé aussi que le phylloxera, avant de se fixer définitivement dans une galle, pique plusieurs fois la même feuille. A chaque piqûre correspond toujours une formation gallaire plus ou moins développée.

III.1.1. Cas du Phylloxera (*Dactulosphaira viticola*)

Le phylloxera (*Dactulosphaira viticola*) est un petit puceron qui a failli venir à bout de la culture de la vigne (*Vitis vinifera*, Vitaceae) en Europe à la fin du XIX^{ème} siècle. Celle-ci a été sauvée par le greffage sur des porte-greffes résistants d'origine américaine.

Cet insecte peut avoir deux actions, l'une sur les racines, la plus dangereuse par ses prélèvements et l'entrée qu'il ouvre à différents parasites, l'autre plus négligeable qui est la formation de galles sur les feuilles jeunes.

Les galles jeunes visibles à la face inférieure de la feuille (Figure 30 (A)) renferment les œufs du puceron. La coupe transversale d'une galle (Figure 30 (B)) montre que celle-ci est constituée par un épaississement des tissus du limbe où l'on retrouve un grand nombre de faisceaux vasculaires. A ce stade la loge est fermée (les œufs ont ici été éliminés par le traitement de la coupe).

La figure 31 montre à droite on peut constater la présence de nombreux poils sécréteurs à tous les niveaux de la galle (Bernard, 2011).

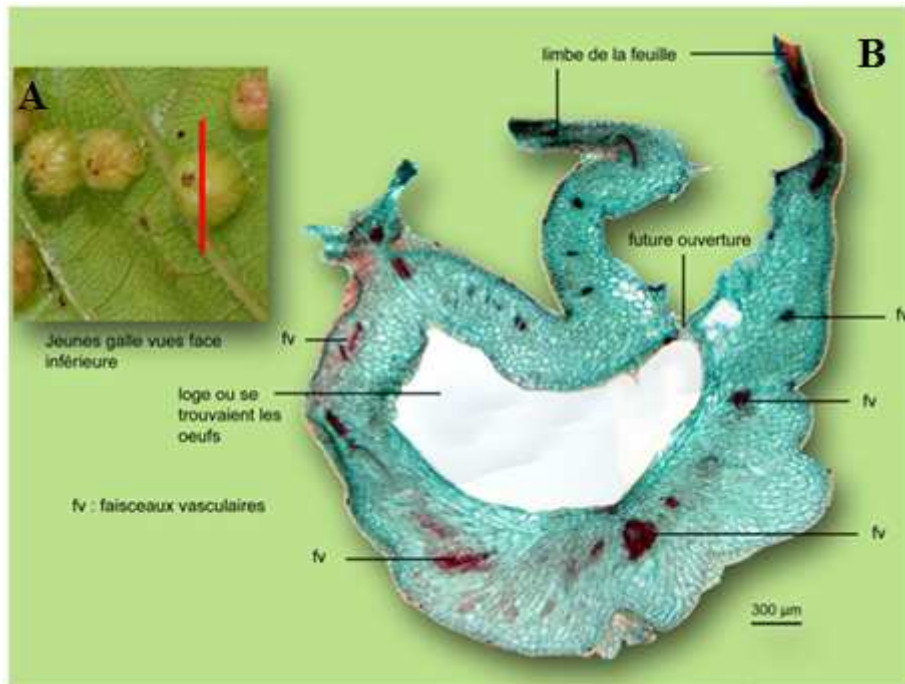


Fig. 30: *Vitis vinifera*, coupe de feuille parasitée par *Dactulosphaira viticola* (Phylloxéra) (galle jeune) (Bernard, 2011).

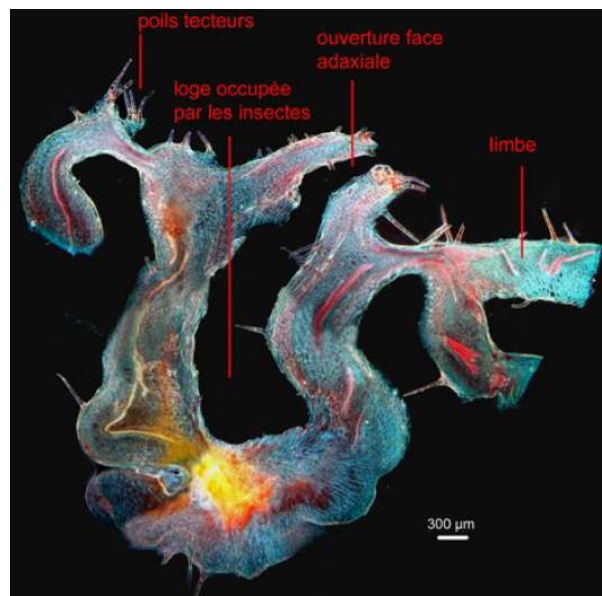


Fig. 31: Coupe transversale d'une feuille parasitée par *Dactulosphaira viticola* sur *Vitis vinifera* (Phylloxéra) (galle mature) (Bernard, 2011).

III.1.2. Cas d'*Odinadiplosis odinae* (Diptera : Cecidomyiidae)

Albert et *al.* (2013), dans leurs étude sur L'anatomie et l'ontogénèse foliaire de la galle induite par *Odinadiplosis odinae* (Diptera : Cecidomyiidae) sur *Lannea coramandelica* (Anacardiaceae) ont expliqué les changements morphologiques pendant les différentes étapes développementales de la galle par un déclenchement de la formation gallaire dès le dépôt

d'œufs d'insecte près des faisceaux conducteurs. En premier, il y a un rougissement de l'emplacement où les œufs sont déposés.

Cette excitation chimique provoque la dégénération des cellules environnantes formant une petite cavité nécrotique sur la foliole. Graduellement, le secteur décoloré augmente dans la taille et forme une petite structure arrondie. Par la suite, les larves qui hachent des œufs déposés sur la nervure médiane, ou près de lui se développent dans le tissu formant de petits puits elliptiques avec un contour semblable au liège.

Par l'alimentation, mordant et perçant, les larves s'installent dans la région centrale de la côte et les cellules environnantes deviennent méristématiques ayant pour résultat l'hypotrophie des cellules, ayant pour résultat le tour dans une augmentation de la taille et la formation de la galle mature.

Au niveau du limbe, les chambres larvaires ne sont pas situées complètement dans une zone, et des cavités hypertrophiées perçant un tunnel tout le long du limbe et peuvent s'étendre jusqu'à la montée. Les cellules du parenchyme palissadique sont en grande partie non modifiées mais les cellules du parenchyme spongieux sont prolongées. Ces cellules se divisent formant les nouvelles couches de cellules. Les cellules entourant la chambre gallaire semblent distinctement être en masse et arrangées dans les dossiers radiaux, une condition semblant conséquence sur l'occurrence de divisions de cellules parallèle à la chambre d'insecte, et en grande partie par l'activité remplacée du parenchyme spongieux.

De nouveaux éléments sont également notés. La pénétration du virus pathogène se produit par l'épiderme inférieur perturbant les dispositifs anatomiques normaux. En évidence, il y a hypertrophie et hyperplasia du tissu entourant le secteur de l'entrée de virus pathogène au niveau de la feuille.

Les phénomènes d'hyperplasie des tissus végétaux sous l'action du parasite et de réaction de la part de la plante se retrouvent aussi bien dans les feuilles que dans les pétioles et dans les tiges (Houard, 1903), Mais il s'en faut de beaucoup que la morphose cécidienne se ramène exclusivement à une hypertrophie et à une hyperplasie cellulaire. De nombreuses cécidies complexes reconnaissent, en outre, des phénomènes d'inhibition des différenciations histologiques normales et des phénomènes de différenciations nouvelles (Bugnicourt, 2016).

La production morbide, à un moment donné, soulève l'épiderme de la feuille et le déchire. Un épiderme nouveau se reconstitue à la surface de la galle.

La couche épidermique de la chambre gallaire est fortement modifiée. Une augmentation du nombre de cellules et leurs divisions répétées cassent cette couche. Les cellules formées sont ovales et orientées dans des rangées radialement disposées. Par la suite, ces derniers perdent leur contenu en tannins et subissent la division.

En parallèle, la courbure développe une surface semblable au liège, et développe des canaux schizogènes. Couvert de sécrétion, la couche épidermique devient multicouche et le périderme est formé.

Certaines des cellules deviennent nécrotiques tandis que certains autres au-dessus d'elles le contenu dense d'exposition et par la suite la galle devient desséchée, sa couche externe sera déchirée par la nouvelle génération de pucerons ailés.

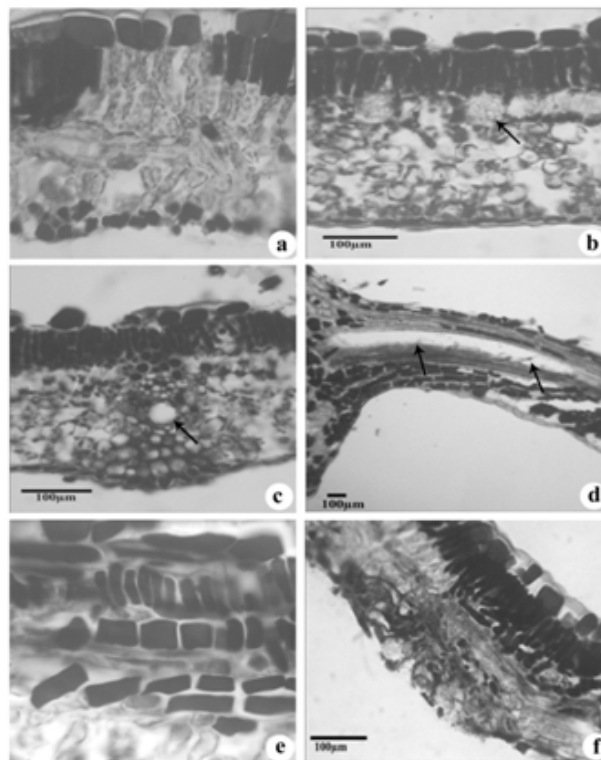


Fig. 32: a. déformation de foliole ; b. Présence de tannin en cellules épidermiques, présence de salive dans le parenchyme palissadique ; c. Présence de canal schizogène de phloème ; d. Formation de grandes cavités tous le long du limbe ; e. Cellules de parenchyme palissadique déformé; f. Pénétration de virus pathogène dans l'épiderme inférieur (Bugnicourt, 2016).

III.2. Les métabolites secondaires chez les galles

Les relations entre les espèces entomologiques et les plantes hôtes sont conditionnées par différents caractères physiques des végétaux tels que la taille, la forme, la présence de cires épicuticulaires et de trichomes, le stade phénologique et la couleur de la plante

(Mangold, 1978 ; Berenbaum, 1995) mais aussi par des facteurs chimiques tels que la présence de métabolites secondaires (Vet et Dicke, 1992 ; Harborne, 1993).

Les composés phytochimiques, dont beaucoup s'accumulent en concentrations étonnamment élevées chez certaines espèces, sont considérés comme des métabolites secondaires. Ceux-ci ont des structures diverses et nombreuses et sont repartis entre un nombre très limité d'espèces dans le règne végétal. dont plus de 200000 molécules ont été identifiées et le nombre réel dans la nature est certainement beaucoup plus élevé parce que jusqu'à présent, seulement 20-30% des plantes ont été étudiées en phytochimie (Da Rocha *et al.*, 2010).

On désigne par « métabolite secondaire » toute substance présente chez un organisme et qui ne participe pas directement aux processus de base de la cellule vivante. Ce concept est historiquement attribué à Kossel (Kossel, 1891). Les métabolites secondaires sont aussi très exploités par l'Homme dans les différents domaines : dans le domaine culinaires comme colorants, fibres, colles, huiles, cires et arômes, dans le domaine cosmétique comme parfums, dans le domaine agricole comme insecticides et herbicides et ils sont considérés comme des sources potentielles de nouveaux médicaments naturels comme antibiotiques, antioxydants, drogues... (Krief, 2003 ; Eddy, 2010).

Ses substances chimiques sont des produits en très faible quantité, Classés selon leur appartenance chimique en trois grands groupes : composés phénoliques, alcaloïdes et terpénoïdes (Amas, 1997). Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine (Raven *et al.*, 2000).

Les métabolites secondaires exercent un rôle majeur dans l'adaptation des végétaux à leur environnement. Ils assurent des fonctions clés dans la résistance aux contraintes biotiques (phytopathogènes, herbivores, etc.), comme ils participent à des réponses allélopathiques (compétition entre les plantes pour la germination et croissance), Certains assurent une protection contre les radiations solaires et d'autre encore facilitent la dispersion du pollen et des graines (Jeaun *et al.*, 2005).

Sur le plan agronomique, le rôle de ces composés dans la protection des cultures est connu (résistance aux maladies cryptogamiques, aux infections bactériennes, à certains insectes), mais a été relativement peu exploité pour ce qui concerne le développement de variétés résistantes. Ces métabolites secondaires constituent, aujourd'hui, un des leviers d'une possible intensification écologique de l'agriculture, en substituant notamment l'usage

d'intrants chimiques par des mécanismes de défense naturelle des plantes (Kumpawat *et al.*, 2010).

III.2.1. Les composés phénoliques chez les galles

La biosynthèse du noyau aromatique est un processus fondamental de la biochimie végétale. Par conséquent, la définition des composés phénoliques prend en compte, à la fois des éléments structuraux et l'origine biogénétique des composés. Les polyphénols sont largement distribués et comportant au moins 9000 structures connues différentes (Bahorun, 1997), ils sont des produits de la condensation de molécules d'acétylcoenzyme A et de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe ou d'un tissu particulière (Nkhili, 2009).

Ces corps jouent un rôle fondamental car ils sont des éléments importants de qualités sensorielles (couleur et caractères organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux, tels que les légumes, les fruits, les céréales ou les fruits secs, ainsi que dans les boissons, le café, le cacao ou le thé. Une alimentation équilibrée fournit à l'Homme environ un gramme de polyphénols chaque jour, soit dix fois plus que de vitamine C et 100 fois plus que de caroténoïdes ou vitamine E (Scalbert *et al.*, 2005).

Le terme flavonoïde est générique (de flavus, «jaune» en latin) désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Bouakaz, 2006). Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (Havasteen, 2002).

On les trouve, d'une manière générale, dans toutes les plantes vasculaires (Erlund, 2004), où ils peuvent être localisés dans divers organe : racine, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruits. Et jouent un rôle important dans la protection des plantes (Bruneton, 1993).

Les flavonoïdes se trouvent également dans plusieurs plantes médicinales. Des remèdes à base de plantes renfermant ces composés sont utilisés en médecine traditionnelle à travers le monde entier (Delporte *et al.*, 1999).

La plupart des plantes qui contiennent des substances secondaires sont fixées au sol et occupent le premier niveau dans les chaînes trophiques. Cependant, la production de substances sémiocchimiques est coûteuse en énergie et toute activité de la plante répond à une situation de dilemme entre la croissance ou la défense contre les ravageurs phytophages (Herms et Mattson, 1992).

Certains insectes peuvent s'adapter biochimiquement à différentes classes de métabolites secondaires (Harborne, 1993) et au développant des mécanismes de détoxification qui leur permettent de neutraliser la toxicité de certaines substances (Yu et Hsu, 1993). Ils peuvent également s'en servir comme précurseurs de phéromones ou de substance de défense (Harborne, 1993).

La plante, source de nourriture pour les insectes, a évolué en limitant sa destruction par les phytophages. Le moyen de défense le plus significatif est la présence de composés chimiques dans la plante. La réduction des attaques d'insectes peut être due à une diminution de la valeur nutritive ou à la présence de toxines, de substances répulsives ou d'un goût déplaisant dans les tissus de la plante (Vet et Dicke, 1992) Douze classes de toxines produites par les plantes peuvent être utilisées par les ravageurs phytophages et être stockées pour se protéger de leurs prédateurs naturels (Harborne, 1993).

Différentes théories ont été formulées depuis plus de 40 ans afin d'expliquer la production de métabolites secondaires par les plantes comme moyen de défense chimique contre les attaques des ravageurs phytophages (Berenbaum, 1995).

Dans ce cadre là, de nombreuses familles de métabolites secondaires ont fait l'objet de recherches actives lors des 30 dernières années et certains processus de synthèse sont aujourd'hui bien décrits, comme dans le cas des flavonoïdes (Pfeiffer et Hegedus, 2011 ; Tanaka *et al.*, 2008), des dérivés d'acide caféique (Weng et Chapple, 2010), des coumarines et furocoumarines (Karamat *et al.*, 2012), des terpènes et stérols, ou de certains alcaloïdes (Lee *et al.*, 2012).

Cependant, dans la mesure où les plantes élaborent des dizaines de milliers de composés secondaires, de nombreuses voies restent encore à découvrir. Aussi, l'étude des voies de biosynthèse des métabolites secondaires suppose d'identifier les différentes molécules chimiques intermédiaires et de comprendre les fonctions des différentes enzymes ainsi que les processus de régulation associés.

La majorité des plantes ont la capacité de se défendre face à l'attaque des phytophages qui leur sont inféodés. Certaines toxines sont dangereuses pour tous les animaux, phytophages ou non, d'autres ont des organismes cibles bien spécifiques. La réponse de l'animal varie donc considérablement en fonction de l'espèce considérée. Certains insectes peuvent s'adapter à différentes classes de métabolites secondaires, ils peuvent également s'en servir comme précurseurs de phéromones ou de substance de défense. Douze classes de toxines

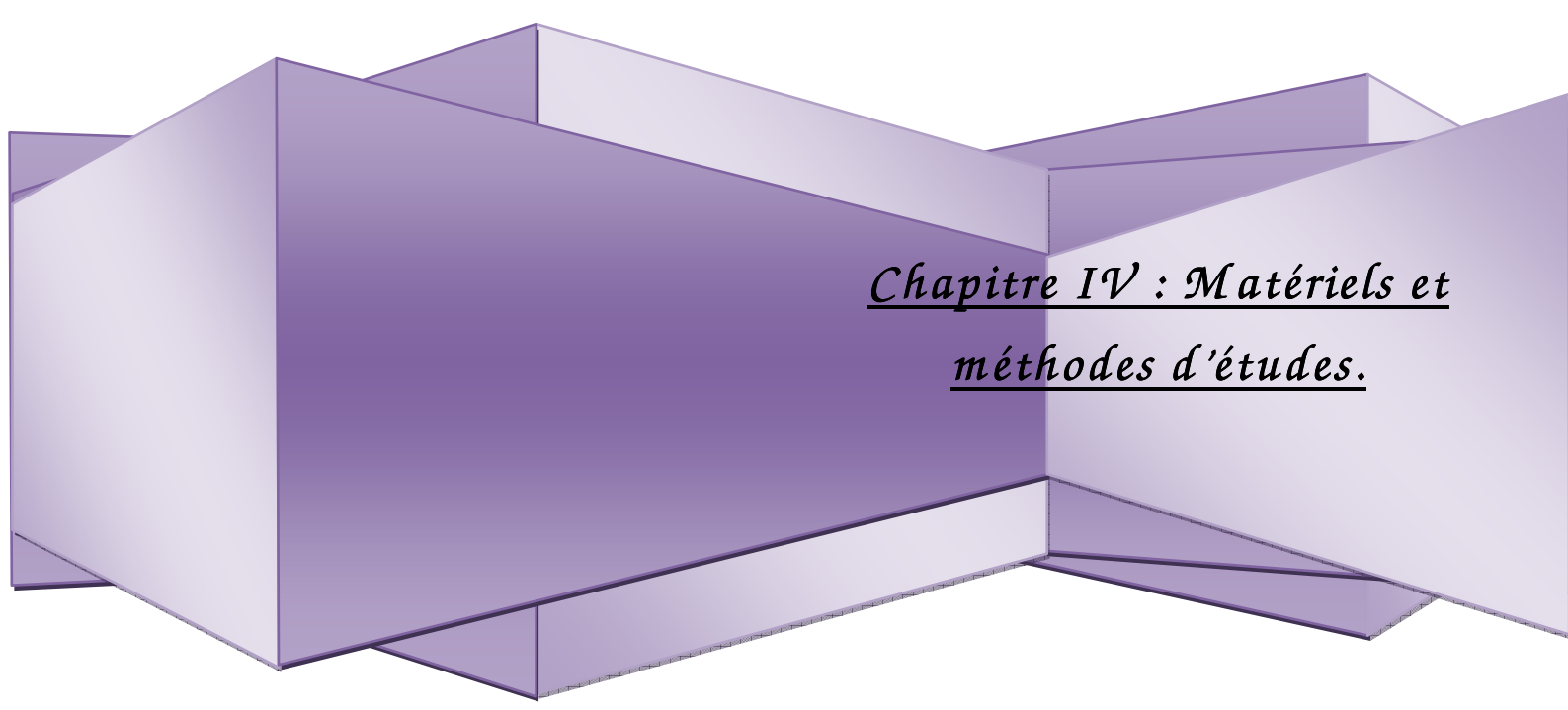
produites par les plantes peuvent être utilisées par les ravageurs phytophages et être stockées pour se protéger de leurs prédateurs naturels (Tableau 10).

Tableau 10 : Classes de métabolites secondaires retrouvés dans divers organismes (Harborne 1993)

Classes de substances secondaires	Exemples de molécules	Organismes hôtes
Aflatoxines	Aflatoxine B1	<i>Aspergillus flavus</i>
Alcaloïdes	Senecionine	<i>Senecio jacobaea</i>
Furanocoumarines	Xanthotoxine	<i>Pastinaca sativa</i>
Glucosinolates	Sinigrine	<i>Brassica sp</i>
Glycosides cyanogéniques	Linamarine	<i>Lotus corniculatus</i>
Iridoïdes	Aucubine	<i>Aucuba japonica</i>
Isoflavonoïdes	Roténone	<i>Derris elliptica</i>
Lectines	Phytohaemagglutinine	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Polyacétylènes	Oenanthetoxine	<i>Oenanche crocata</i>
Quinones	Hypéricine	<i>Hypericum perforatum</i>
Saponines	Acide médicagénique	<i>Medicago sativa</i>
Sesquiterpène lactones	Hymenovine	<i>Hymenoxys odorata</i>

Les deux types de protagonistes, le ravageur et le végétal, s'adaptent de manière différente aux conditions changeantes. D'autres pressions environnementales (comme le microclimat) peuvent aussi avoir un effet dans ces interactions en influençant les cycles de développement et de croissance tant des ravageurs que des plantes hôtes (Schoonhoven, 1981).

Les insectes ont évolué face à ces systèmes de défense chimique végétale. Etant des organismes très spécialisés, l'entomofaune a une large gamme de réponses disponibles. Les insectes peuvent s'adapter biochimiquement en développant des mécanismes de détoxification qui leur permettent de neutraliser la toxicité de certaines substances (Yu et Hsu, 1993). Des adaptations anatomiques peuvent également être initiées pour assimiler de nouvelles nourritures végétales. Les ravageurs peuvent développer de nouvelles habitudes alimentaires (Monge et Cortesero, 1996), s'adapter à un nouveau goût (Harborne, 1993).



*Chapitre IV : Matériels et
méthodes d'études.*

La démarche adoptée dans ce travail se divise en deux volets:

- Un premier volet de travail qui s'effectue sur terrain en utilisant :
 - une carte d'état major au 1/25 000 pour délimiter la zone d'étude.
 - un GPS* (type GARMIN 12) de positionnement pour l'orientation et la prise des coordonnées géographiques à l'intérieur du site d'étude.
- Un deuxième volet consiste en un travail de laboratoire puis une synthèse

La zone d'étude culmine à une altitude moyenne de 933 m sur le mont de Tessala (Wilaya de Sidi Bel Abbés), où se trouve une population éparse de *Pistacia terebinthus* en phase de dégradation avancée.

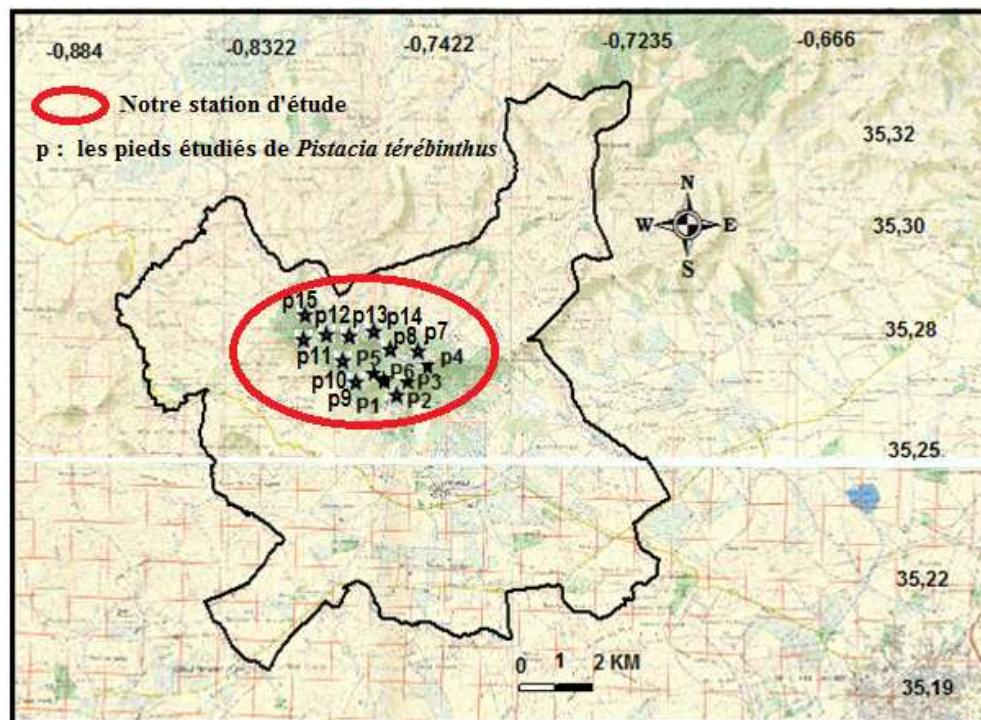


Fig. 33: Localisation de *Pistacia terebinthus* L. dans le mont de Tessala (Wilaya de Sidi Bel Abbés) (Map-info, 2015).

Légende : P : Pied ; N: Nord; E: Est; S: Sud; O: Ouest ; KM : Kilomètre.

VI.1. Technique de prélèvement des feuilles

Quinze (15) pieds adultes de térébinthe ont été choisis. Au niveau de chaque sujet, dix (10) feuilles (à folioles saines et galées) ont été aléatoirement récoltées et ce, à différentes intervalles de dates : ((02/05/2014), (14/06/2014), (26/07/2014) et (23/09/2014)), dans la matinée.

Nous avons noté la ou les galles se trouvant sur chaque foliole. En parallèle, nous avons aussi récolté les galles de *Baizongia pistaciae* sur *Pistacia terebinthus* L. trouvées lors de notre sortie (voir annexe1). Pour l'étude histologique, les échantillons ont été placés *in-situ* dans un fixateur.

VI.2. Méthodes d'études de la répartition des galles dans le site d'étude

Des tableaux relatifs à la répartition des galles par pied, date, feuilles et folioles ont été dressés (Annexe 1). A partir de ces tableaux, nous avons fait : le décompte de chaque galle par pied et par date, et le décompte des folioles galées par rapport aux folioles prélevées par date.

Depuis, nous avons établi les graphes des répartitions de chaque galle par date, Les graphes du taux d'occupation des folioles galées par rapport aux folioles des feuilles prélevées et un graphe de répartition de toute les galles par pied y compris la galle *Baizongia pistaciae* car cette dernière ne touche pas la foliole.

VI.3. Techniques histologiques

La technique utilisée est celle des coupes semi-fines, à l'aide d'un microtome.

VI.3.1. Fixation des échantillons

Les échantillons (folioles saines et galles) ont été fixés *in-situ* dans du F.A.A. (Formaldéhyde, Acide acétique, Alcool éthylique) pendant 48 heures.



Fig. 34: Fixation des échantillons dans du F.A.A. (Cliché Mellah, 2013).

VI.3.2. Déshydratation des échantillons

La première étape au laboratoire est l'élimination du fixateur des échantillons par rinçage avec de l'eau distillée, qui sont ensuite déshydratés dans une série croissante de bains d'alcool. Ensuite on imprègne les échantillons dans des bains de Paraffine durant 90 minutes dans un four à 64°C.



Fig. 35: Etape de la déshydratation des échantillons (Cliché Mellah, 2013).

VI.3.3. Inclusion de blocs

Dans cette étape, il faut préparer la paraffine fondue, des moules et des cassettes d'inclusion en plastique, puis confectionner les blocs en plaçant les échantillons fixés de façon régulière et correcte de préférence ; dans un sens horizontal (coupes transversales) pour les feuilles saines et dans un sens soit horizontal, soit vertical (coupes transversales ou longitudinales) selon les formes et les dimensions des galles.



Fig. 36: Inclusion des blocs (Cliché Mellah, 2013).

L'enrobage est fait sur un appareil appelé « **Groupe Thermoélectrique** » (GTE). Cette technique consiste à plonger les cassettes dans un bain de paraffine liquide contenu dans la

première partie du GTE. On prend une cassette, qu'on ouvre et dans la quelle on met les échantillons. Chaque échantillon est mis dans un moule en acier qui a la même taille. Chaque moule est posé au dessous du robinet de paraffine, puis on met ce moule dans la troisième partie du GTE afin d'obtenir un bloc de moule solide.

VI.3.4. Réalisation des coupes

Des coupes semi-fines de 10 μm d'épaisseur ont été réalisées. Ces dernières sont placées soigneusement sur les lames.



Fig. 37: Microtome et accessoires pour réalisation des coupes (Cliché Mellah, 2013).

VI.3.5. Déparaffinage et réhydratation

Après déparaffinage au xylène, la réhydratation des coupes redémarre avec une série de bains d'alcool éthylique à concentration décroissante (100%, 95%, 70%), ensuite rincer avec de l'eau distillée et enfin sécher les lames une nuit dans une étuve à 37°C.



Fig. 38: techniques des bains pour le déparaffinage (Cliché Mellah, 2013).

VI.3.6. Coloration

Les coupes préparées sont colorées avec de l'hématoxyline de Mayer-éosine (coloration HEMALUM DE MASSON-PICRO-INDIGO CARMIN (PIC)) et de la Safranine « O » / Fast-green (méthode de routine) et déshydratées dans deux bains d'éthanol absolu ensuite deux bains de xylène.

Les préparations vont être par la suite plongées dans du xylème puis montées avec un EU-KITT (Entel-LAN) pour conservation.



Fig. 39: Conservation des lames (Cliché Mellah, 2013).



Fig. 40: Lames prêtes pour observations (Cliché Mellah, 2013).

VI.3.7. La lecture des lames

La lecture à été faite sur un microscope optique : Bentley OBSERVER 50, et la prise de photos avec un microscope optique : OPTIKA, DM-15&20.

VI.4. Techniques de dosage des composés phénoliques

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la variation quantitative de quelques polyphénols des feuilles saines et les galles jeunes et matures dues à *Geoica utricularia* et à *Baizongia pistaciae* de *Pistacia terebinthus* L.

VI.4.1. L'extraction

0,2 gr de poudre végétale sont broyées à froid (4°C) dans le méthanol à 80%. Après agitation au vortex, le mélange est centrifugé à une vitesse de (4000t ×10 mn) par une centrifugeuse (Hettich UNIVERSAL/ K2S) et ainsi le surnageant est récupéré. Cette opération est répétée 5 fois pour épuiser le contenu en composés phénoliques solubles de l'échantillon. Les surnageants sont regroupés et constituent l'extrait hydroalcoolique conservé à (- 20°C) pour les analyses. Les différentes étapes d'extraction sont faites selon le protocole présenté par Singleton et Rossi (1965).

VI.4.2. Dosage des phénols totaux par spectrophotométrie

Les composés phénoliques totaux ont été déterminés en utilisant une méthode colorimétrique modifiée de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965). C'est l'une des méthodes les plus usitées pour déterminer la teneur en polyphénols, des plantes médicinales (Abdel-Hameed, 2009).

50 µl de l'extrait hydroalcoolique sont dilués dans 2,5 ml d'eau distillée additionnée de 250 µl de réactif de Folin-Ciocalteu. Le mélange ainsi obtenu est soumis à une agitation au vortex suivie d'un repos de 5 mn à la température ambiante. Après une seconde d'agitation, 0,5 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (20%) ont été ajoutés au mélange. Après incubation à 45°C pendant 30 mn, le mélange est gardé à la température ambiante et à l'obscurité pendant 60 mn. Sa densité optique (D.O) est lue au spectrophotomètre UV-VIS à une longueur d'onde (λ) de 650 nm.

➤ La courbe d'étalonnage

L'acide gallique est le standard le plus souvent employé dans la méthode de Folin-Ciocalteu (Maisuthisakul et *al.*, 2008).

Une courbe d'étalonnage réalisée par l'acide gallique à différentes concentrations (0-10- 30- 60 milligrammes par litre (mg/l) pratiquée dans les mêmes conditions opératoires que les extraits analysés servira à la quantification des phénols totaux (El Hadrami et *al.*, 1997).

La solution courante a été préparée en dissolvant 50 µg/ml d'acide gallique dans du méthanol à 80%.

VI.4.3. Dosage des flavonols totaux par spectrophotométrie

La quantification du contenu flavonique des feuilles et des galles de l'espèce étudiées est déterminée par la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl₃), selon Chang et *al.* (2002).

500 µl d'extrait hydroalcoolique sont mélangés à 1500 µl d'eau distillée et 150 µl de nitrate de sodium à 5%. On laisse reposer le mélange pendant 24h à 4°C et à l'obscurité. Après centrifugation (4000t ×10 mn), parties aliquotes (UL 30) de surnageants ont été diluées à 2 ml avec du méthanol absolu et ensuite séquentiellement mélangées à 0.1 ml de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) à 10 %. Après un repos de 30 mn à l'obscurité ; 0.1 ml de soude (1M) est ajouté. Le mélange est soumis à une agitation au vortex. La densité optique est lue à une longueur d'onde (λ) de 415 nm.

➤ La courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage à été réalisée par la rutine à différentes concentrations (0, 12.5, 25 et 50 µg/ml) pratiquée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons servira à la quantification des flavonols totaux.

VI.4.4. Dosage de la Lignine:

Ce dosage est fait selon la méthode de Klason (1880), du nom du chercheur qui l'a appliquée à des échantillons de bois ou aussi nommée lignine insoluble dans l'acide.

Le matériel végétal sec a été incubé pendant 1h à 30 °C dans 2 ml H₂ SO₄ 72%. Les échantillons ont été dilués avec de l'eau distillée à l'acide sulfurique 2.5% puis stérilisés à l'étuve (121°C, 2atm) pendant 1h. Le granule produit a été filtré en utilisant des filtres en fibres de verre (millipore) et séché à 60°C pendant 24h et pesé.

VI.4.5. Dosage des anthocyanines totales :

Les anthocyanines totales ont été déterminées selon Laitinen et *al.* (2008). 50 mg de la poudre végétale a été extraite dans 1 ml (au moyen) du solvant d'extraction (méthanol, eau, acide chlorhydrique, 7:2:1)

On laisse reposer le mélange pendant 24h à 4°C, puis le centrifuger (20 minutes, 10000 t/mn, 4°C). L'absorbance de Surnageants a été mesurée à 530 nm.

➤ **La courbe d'étalonnage**

La teneur en anthocyanine est exprimée en $\mu\text{g mg DW-1}$ sur la base d'une courbe d'étalonnage en utilisant du chlorure de cyanidine (0, 2, 4, 6 $\mu\text{g / ml}$) comme étalon et la solution mère a été préparée en dissolvant du chlorure de cyanidine dans un solvant d'extraction (méthanol, eau, acide chlorhydrique, 7: 2: 1) à 100 $\mu\text{g / ml}$.

Les résultats ont été présentés sous forme de moyenne \pm la déviation standard (Concentrations moyennes des paramètres dosés des feuilles et des galls de l'espèce étudiée (en mg/g de matière sèche))



Résultats

V.1. Répartition des galles dans la zone étudiée

V.1.1. Répartition des galles par pied et date d'apparition au niveau de la zone d'étude

On note:

FF	<i>Forda formicaria</i>	Date	
FM	<i>Forda marginata</i>	20/05/2014	1
GU	<i>Geoica utricularia</i>	14/06/2014	2
PC	<i>Paracletus cimiciformis</i>	26/07/2014	3
BP	<i>Baizongia pistaciae</i>	23/09/2014	4

V.1.1.1. Galles dues au puceron *Forda formicaria*

La figure 41 montre que ce genre de galle est rare chez le pistachier térébinthe dans notre site d'étude. Elle est présente uniquement sur le pied N° 15, et elle n'apparaît qu'à partir du mois de Juin et avec une moyenne de 1%.

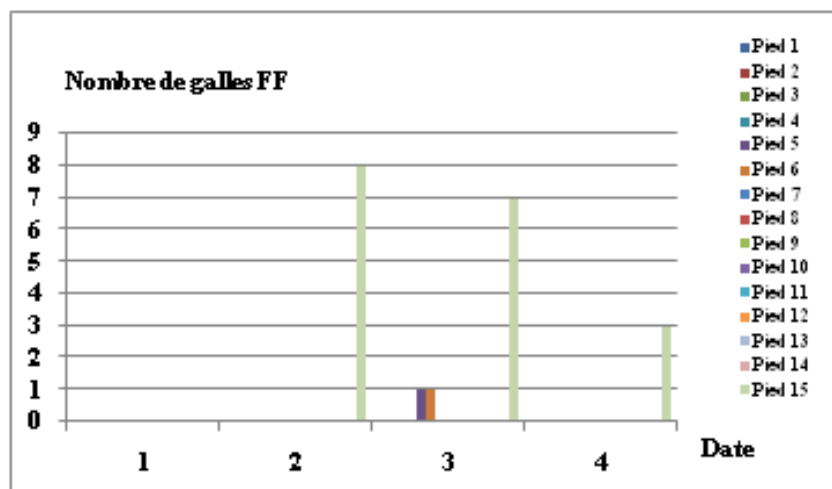


Fig. 41: Répartition de la galle *Forda formicaria* par pied et date d'apparition.

V.1.1.2. Galles dues au puceron *Forda marginata*

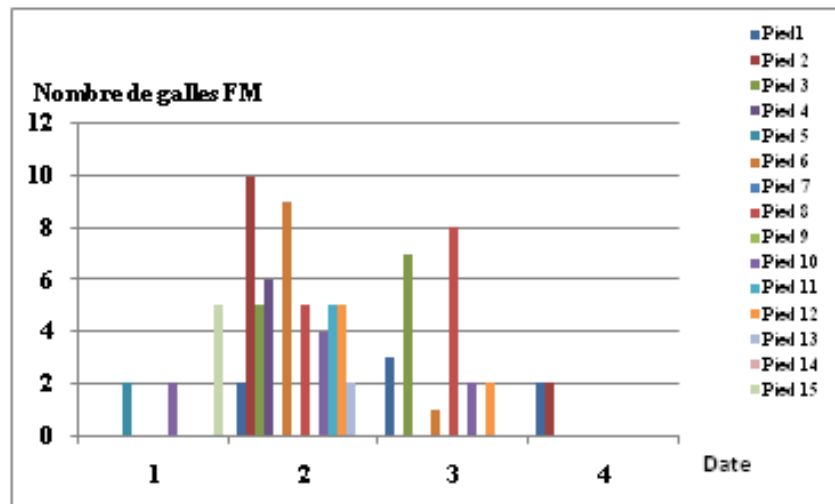


Fig. 42: Répartition de la galle *Forda marginata* par pied et date d'apparition.

La galle *Forda marginata* est à son maximum durant le deuxième prélèvement (mois de juin) et elle devient inexistante durant le quatrième prélèvement (mois de septembre).

V.1.1.3. Galles dues au puceron *Geoica utricularia*

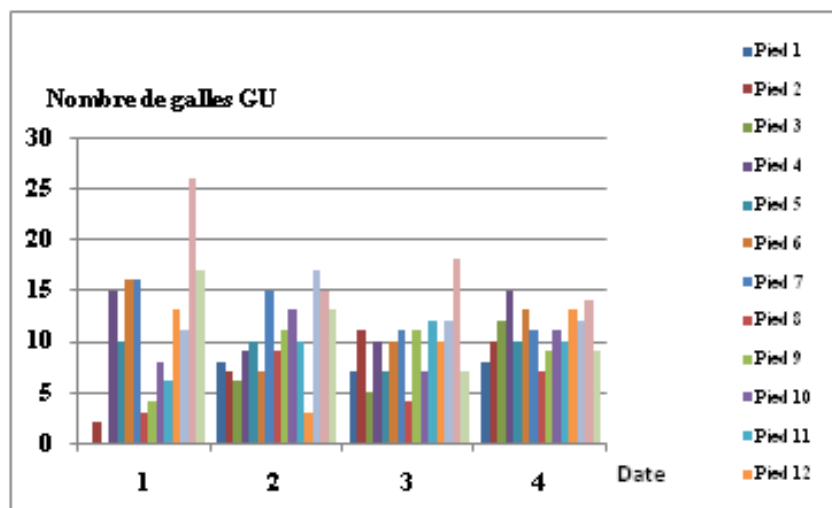


Fig. 43: Répartition de la galle *Geoica utricularia* par pied et date d'apparition.

V.1.1.4. Galles dues au puceron *Paracletus cimiciformis*

Les galles *Paracletus cimiciformis* et *Geoica utricularia* ont été prélevées dès le mois de mai. La présence de la galle *Paracletus cimiciformis* diminue avec le temps, la galle *Geoica utricularia* est présente uniformément durant les quatre périodes de prélèvements.

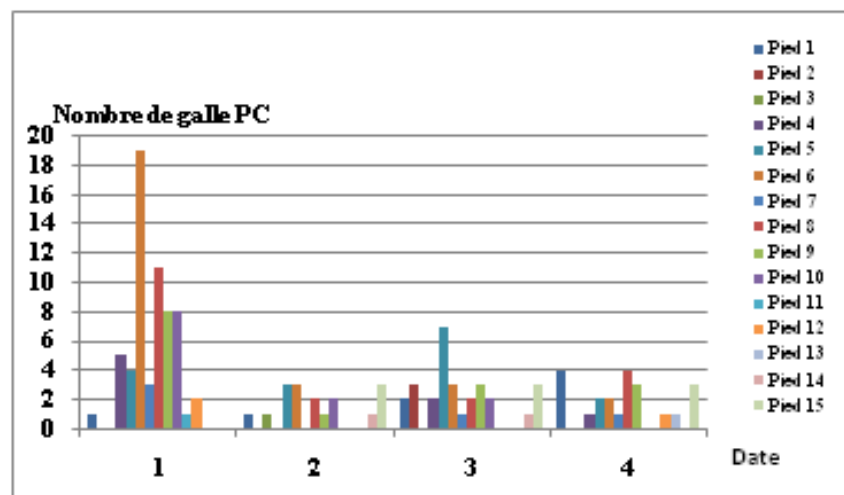


Fig. 44: Répartition de la galle *Paracletus cimiciformis* par pied et date d'apparition.

V.1.1.5. Galles dues au puceron *Baizongia pistaciae*

La galle induite par *Baizongia pistaciae* n'apparaît qu'à partir du mois de juin et sa présence est uniforme durant les trois périodes de prélèvements. Elle est inexistante sur certains pieds

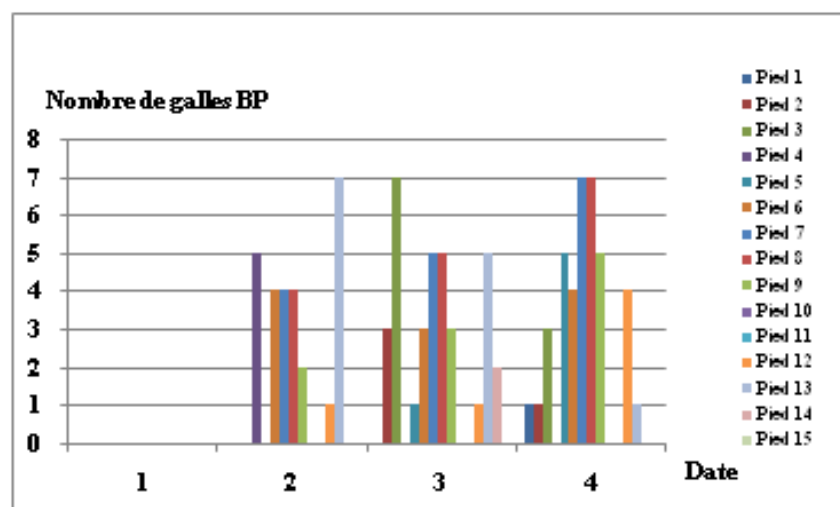


Fig. 45: Répartition de la galle *Baizongia pistaciae* par pied et date d'apparition.

V.1.2. Nombre moyen des galles par pied et date d'apparition

Le tableau N°11 montre que la galle due à *Geoica utricularia* est prédominante à 63%, la galle due à *Paracletus cimiciformis* vient en deuxième position à 14%, les galles causées par *Baizongia pistaciae* et *Forda marginata* à 10% et la plus faible présence est attribué à celle induite par *Forda formicaria*.

Tableau 11 : Nombre moyen des galles par pied et par date

Date	1	2	3	4	Total	Taux
Galle	Nombre moyen de galles par pied					
FF	0	1	1	0	2	3,32 %
FM	1	4	2	0	6	9,23 %
GU	10	10	9	11	40	62,86 %
PC	4	1	2	2	9	14,21 %
BP	0	2	2	3	7	10,34 %
					60	100 %

Tableau 12 : taux d'occupation des galles par rapport aux folioles prélevées, et par rapport au nombre de galles trouvées

	Taux par rapport aux folioles prélevées	Nombre total de galles	Taux de galles
folioles non occupées	80,62 %		
FF	0,46 %	20	2 %
FM	2,05 %	89	11 %
GU	13,98 %	608	71 %
PC	3,17 %	138	16 %

Taux d'occupation des folioles par les galles

80% des folioles prélevées sont inoccupées par les galles:

Les 20% restante sont répartis comme suit : $\approx 14\%$ pour la galle *Geoica utricularia* (71% par rapport à la présence des galles), $\approx 3\%$ et $\approx 2\%$ respectivement pour les galles *Paracletus cimiciformis* et *Forda marginata* par contre la galle *Forda formicaria* n'occupe les folioles qu'à $\approx 0.5\%$.

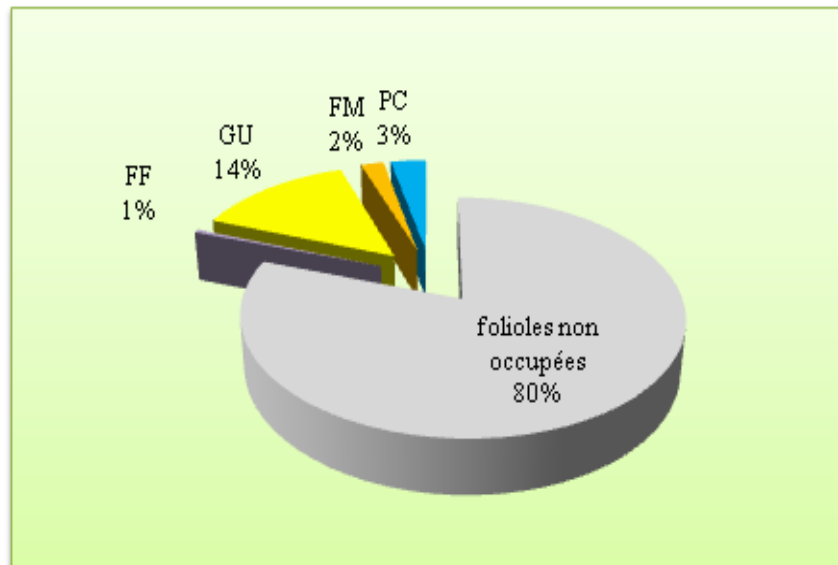


Fig. 46: Taux d'occupation des galles par rapport aux folioles prélevées

La galle la plus abondante dans notre station et celle de *Geoica utricularia* avec un taux de 71%, classant après *Paracletus cimiciformis* et *Forda marginata* avec un pourcentage de 16% et 11% respectivement, et en dernier lieu se place la galle la plus rare qui est due à *Forda formicaria* avec un taux très bas (2%).

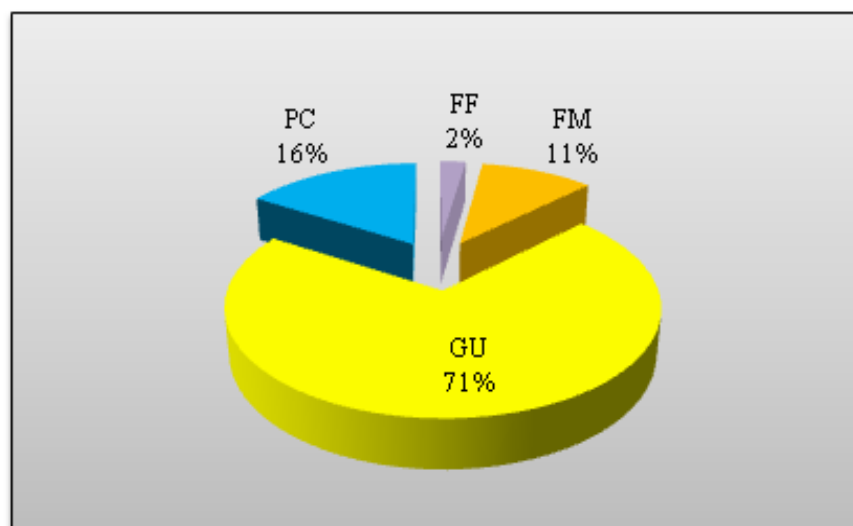


Fig. 47: Taux d'occupation des galles par rapport au nombre de galles trouvées.

V.2. Résultats d'étude histologique

V.2.1. Histo-anatomie des folioles saines

Les coupes transversales des folioles saines de *Pistacia terebinthus* L. montrent au niveau du limbe les structures anatomiques suivantes (planche I):

Une couche de cire épi-cuticulaire à apparence plissée tapisse l'épiderme. Ce dernier est constitué d'une couche des cellules allongées et géométriquement semblables.

Peu de stomates de type anomocytiques sont rencontrés. Leur nombre est élevé sur la face abaxiale. Notons, la présence de trichomes de type capités sur la face abaxiale, absent sur la face adaxiale. Juste sous l'épiderme se trouve le parenchyme palissadique constitué de quatre rangées de cellules prismatiques régulièrement alignées et riches en chloroplastes (figure B).

Les vaisseaux conducteurs des nervures secondaires se localisent au centre du limbe. Le xylème est orienté vers le côté adaxial et le phloème vers le côté abaxiale de la foliole. Tous deux sont entourés d'une gaine péri-vasculaire.

On constate aussi la présence de dépôts inorganiques au niveau des cellules sub-épidermiques appelés macles d'oxalate de calcium ou « druses » (figure C).

Les mêmes structures d'espèces dicotylédones citées plus haut se retrouvent au niveau de la nervure principale à l'exception du parenchyme palissadique qui est absent. Un collenchyme annulaire situé juste après l'épiderme supérieur. Le tissu vasculaire qui est constitué par des faisceaux conducteurs dont le phloème est incrusté au centre de canaux sécréteurs schizogènes (2 à 3) (figures A-E). Xylème et phloème sont nettement identifiés et sont entourés par une gaine péri-vasculaire.

Peu de parenchyme lacuneux est noté. De nouveau, un collenchyme apparaît suivi par l'épiderme inférieur qui à son tour ne présente pas de stomates.

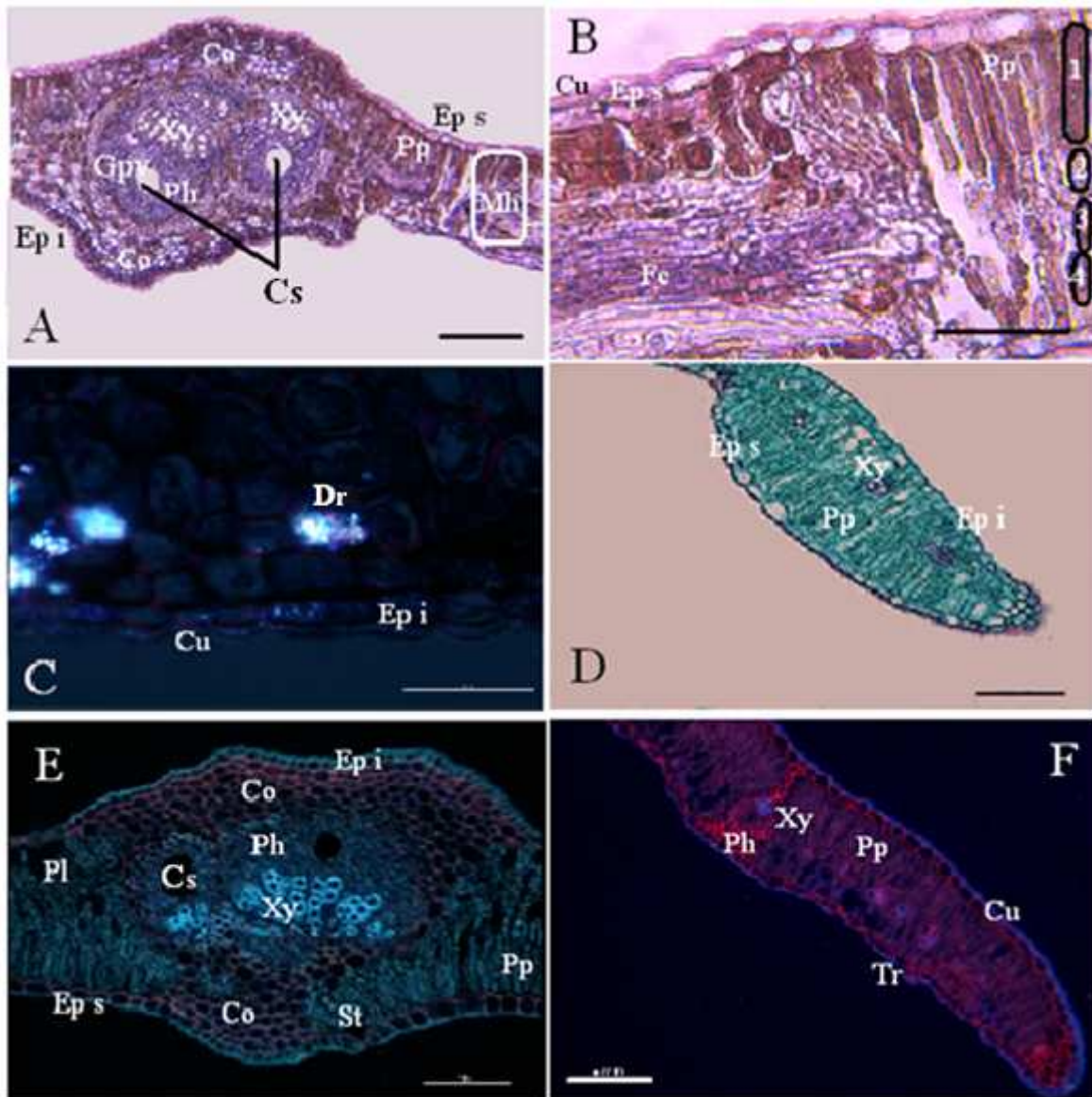
Planche I

Planche I : Coupes transversales sériees réalisées au niveau des folioles saines de *Pistacia terebinthus* L. (Cliché Mellah, 2013).

(A-E) la nervure principale de la foliole saine. (B-C) le limbe de la foliole. (D-F) l'extrémité de la foliole. Colorations: (A-B) hématoxyline-éosine; (C-D-E-F) Safranine-Fast green. Observations : (A-B-D) microscope optique à champ lumineux ; (E-F) microscope optique à champ lumineux sous U.V ; (C) microscope à polarisation. Abréviations : **Ep s.** épiderme supérieur ; **Ep i.** épiderme inférieur ; **Cu.** Cuticule ; **Pp.** parenchyme palissadique ; **Pl.** parenchyme lacuneux ; **Mh.** mésophylle hétérogène ; **Co.** collenchyme ; **Ph.** phloème ; **Xy.** Xylème ; **Gpv.** gaine périvasculaire ; **Cs :** Canaux schizogènes ; **St.** Stomate ; **Tr.** Trichome non différencié ; **Dr.** Druse ; **Fc.** Faisceau conducteur ; (1, 2, 3, 4) Les strates du parenchyme palissadique. Échelle: (A-D-E-F)= 100 µm; (B-C) = 50µm.

V.2.2. Anatomie et histologie de la galle due aux pucerons *Paracletus cimiciformis* (Von Heyden, 1837)

Les coupes transversales des galles dues à la piqure du puceron *P. cimiciformis* sur les folioles *P. terebinthus* L., montrent ce qui suit (planche II):

Autour de la galle, on note la présence d'un épiderme externe tapissé d'une couche de cire épi-cuticulaire épaisse. Il est orné sur tout le long par des stomates de type anomocytiques. Juste au dessous de l'épiderme, un ensemble de cellules parenchymateuses isodiamétriques prend naissance (figures A-B-F).

Des faisceaux vasculaires constitués de canaux sécréteurs schizogènes équidistants occupent le milieu du limbe. Les canaux sécréteurs à l'origine simple sont développés surtout au niveau des zones de courbures. Toujours au niveau du limbe, le phloème est orienté de manière centripète dans le mur supérieur de la galle tandis que le xylème est orienté vers l'épiderme interne. Les stomates sont absents dans cette partie.

La figure E, montre que La nervure principale ne subit aucune modification.

L'épiderme supérieur devient une structure qui tapisse l'intérieur de la chambre. Cette dernière est allongée et légèrement elliptique. D'une manière sporadique une couche de cellules subérifiées prend naissance. Aucune différence histo-anatomique n'est observée entre les deux murs (figure D).

Le contact des deux extrémités (supérieure et inférieure) de la foliole représente la zone de fermeture (figure. A). La zone de réaction prend position juste avant (figures A-F).

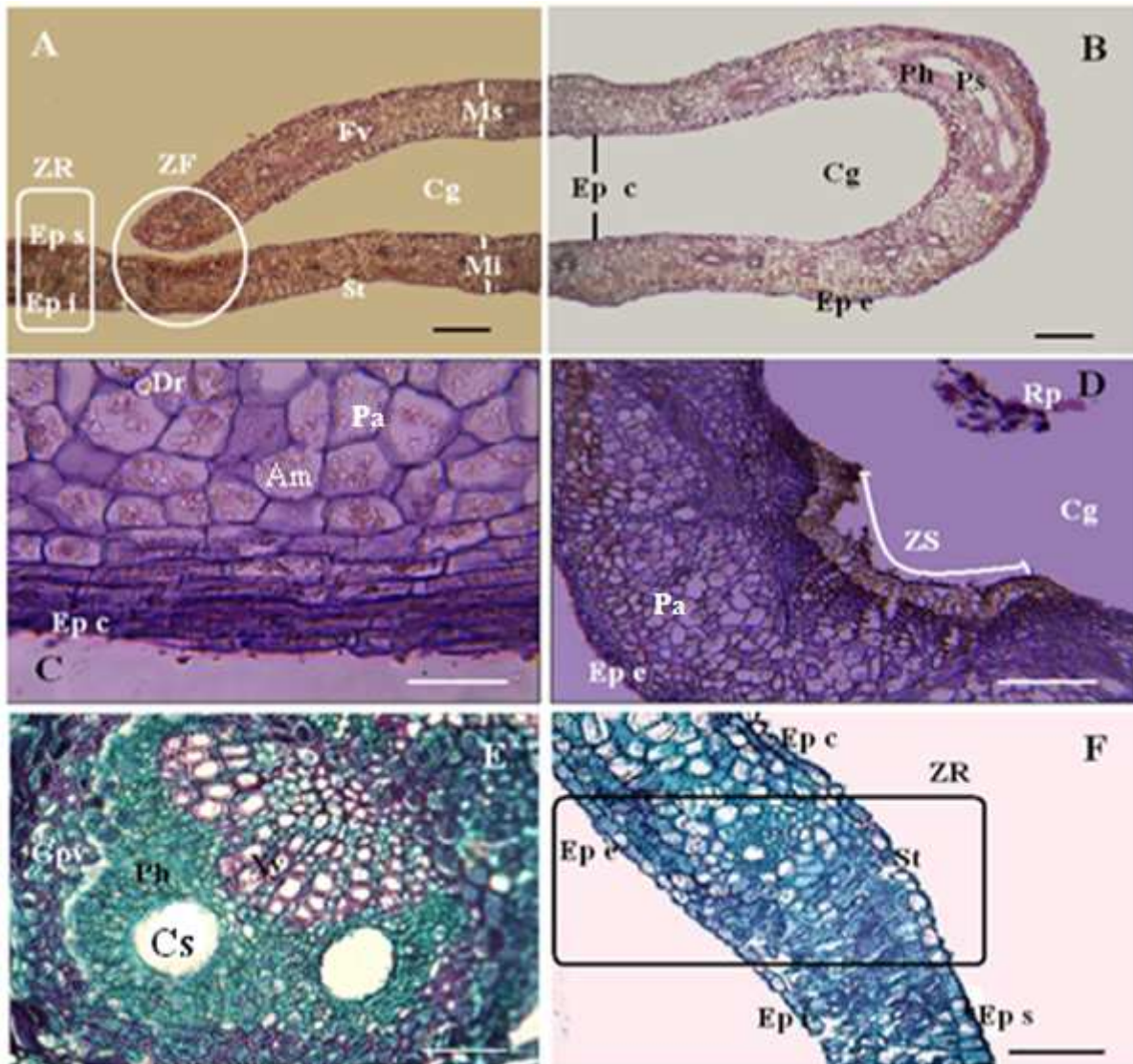
Planche II

Planche II : Coupes transversales séries réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par l'aphide *Paracletus cimiciformis* (Cliché Mellah, 2013).

(A-F) la zone de fermeture et la zone de réaction de la galle due au puceron *P. cimiciformis*. (B) la courbure et la chambre de la galle. (C) le mûr supérieur de la galle ; (D) la zone subérifiée au niveau de l'épiderme de la chambre; (E) la nervure principale saine. Colorations: (A-B-C-D) hématoxyline-éosine; (E-F) Safranine-Fast green. Observations : microscope optique à champ lumineux. Abréviations : **Ep s.** Epiderme supérieur ; **Ep i.** Epiderme inférieur ; **Ep c.** Epiderme de la chambre ; **Ep e.** Epiderme externe ; **Pa.** Parenchyme ; **Cg.** Chambre ou galerie ; **St.** Stomate; **Ms.** M r supérieur ; **Mi.** M r inférieur ; **Xy.** Xylème ; **Cs.** Canal schizogène ; **Dr.** Druse ; **Am.** Amyloplastes ; **Gpv.** gaine périvasculaire ; **Fv.** faisceaux vasculaires ; **Ph.** phloème ; **Rp.** Restes de pucerons ; **ZF.** Zone de fermeture ; **ZR.** Zone de réaction ; **ZS.** Zone subérifiée.  chelle: (A-B) = 200 μm ; (D-F) = 100 μm ; (C-E) = 50 μm .

V.2.3. Anatomie et histologie de la galle due aux pucerons *Forda marginata*

Les coupes transversales des galles dues à la piqure du puceron *Forda marginata* sur les folioles *P. terebinthus* L., présentent ce qui suit (planche IV):

Autour de la galle, on note la présence d'un épiderme externe tapissé d'une couche de cire épi-cuticulaire épaisse. Il est orné sur tout le long par des stomates de type anomocytiques. Juste au dessous de l'épiderme, un ensemble de cellules parenchymateuses de formes différentes prend naissance (figures A-B).

Des faisceaux vasculaires constitués de canaux sécréteurs schizogènes équidistants occupent le milieu du limbe. Les canaux sécréteurs à l'origine simple sont développés surtout au niveau des zones de courbures (figures A-B-E). Toujours au niveau du limbe, le phloème est orienté de manière centripète dans le mur supérieur de la galle tandis que le xylème est orienté vers l'épiderme interne.

La figure E, montre que La nervure principale ne subit aucune modification.

L'épiderme supérieur devient une structure qui tapisse l'intérieur de la chambre. Cette dernière est sphérique. Aucune différence histo-anatomique n'est observée entre les deux murs (figure A).

Le contact des deux extrémités (supérieure et inférieure) de la foliole représente la zone de fermeture (figures F-G).

Notons l'absence de la zone de réaction au niveau de cette galle.

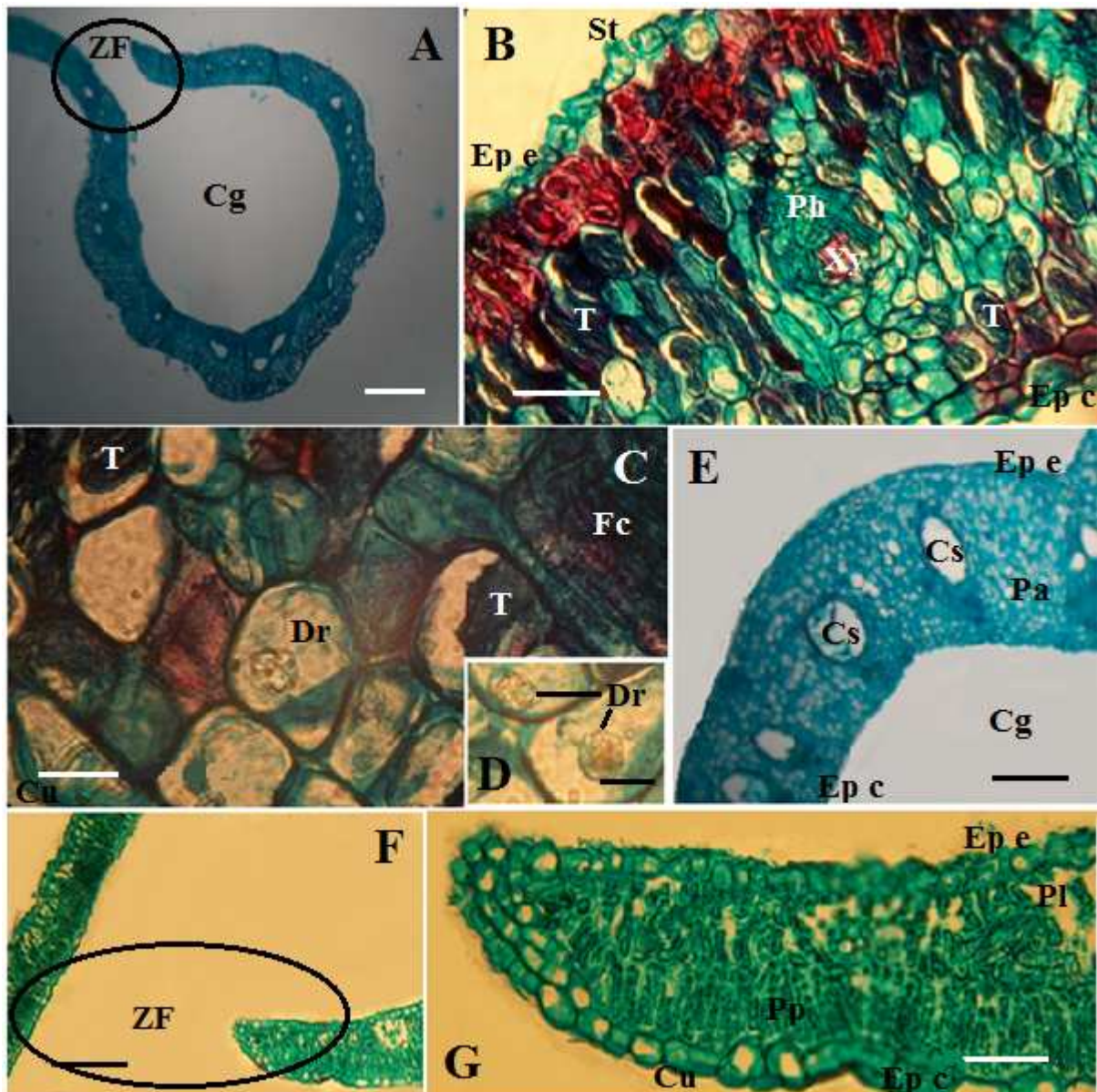
Planche III

Planche III : Coupes transversales sériées réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par le puceron *Forda marginata* (Cliché Mellah, 2015).

(A) Forme générale de la galle ; (B) Présence de stomates ; (C-D) Présence de druses et des tanins dans le corps de la galle réaction de la galle due au puceron *Forda marginata* ; (E) la zone de courbure ; (F, G) La zone de fermeture. Colorations: Safranine-Fast green. Observations : microscope optique à champ lumineux. Abréviations : **Ep c.** Epiderme de la chambre ; **Ep e.** Epiderme externe ; **Ph.** Phloème ; **Xy.** Xylème ; **Cu.** Cuticule ; **Pa.** Parenchyme ; **St.** Stomate ; **Nt.** Naissance d'un trichome ; **Am.** Amyloplastes ; **Dr.** Druses ; **T.** Tannins ; **Cg.** Chambre ou galerie ; **Pp.** Parenchyme palissadique ; **Zf.** Zone de fermeture. Échelles: (A-D) = 200 µm; (B-C-E) = 100 µm.

V.2.4. Anatomie et histologie de la galle due aux pucerons *Forda formicaria*

Les coupes transversales des galles dues à la piqure du puceron *Forda formicaria* sur les folioles *P. terebinthus* L., présentent ce qui suit (planche V):

Autour de la galle, on note la présence d'un épiderme externe tapissé d'une couche de cire épi-cuticulaire épaisse. Juste au dessous de l'épiderme, un ensemble de cellules parenchymateuses de formes différentes prend naissance (figures A-B).

Les stomates sont absents, notant la présence des trichomes ciliés (figure F).

Des faisceaux vasculaires constitués de canaux sécréteurs schizogènes équidistants occupent le milieu du limbe. Les canaux sécréteurs à l'origine simple sont développés surtout au niveau des zones de courbures (figures A-E). Toujours au niveau du limbe, le phloème est orienté de manière centripète dans le mur supérieur de la galle tandis que le xylème est orienté vers l'épiderme interne.

La figure B, montre que La nervure principale ne subit aucune modification (figure F).

L'épiderme supérieur devient une structure qui tapisse l'intérieur de la chambre. Cette dernière est allongée et ovale. Aucune différence histo-anatomique n'est observée entre les deux murs (figures A-B).

Le contact des deux extrémités (supérieure et inférieure) de la foliole représente la zone de fermeture et la Zone de réaction se trouve juste après (figures B-C-D).

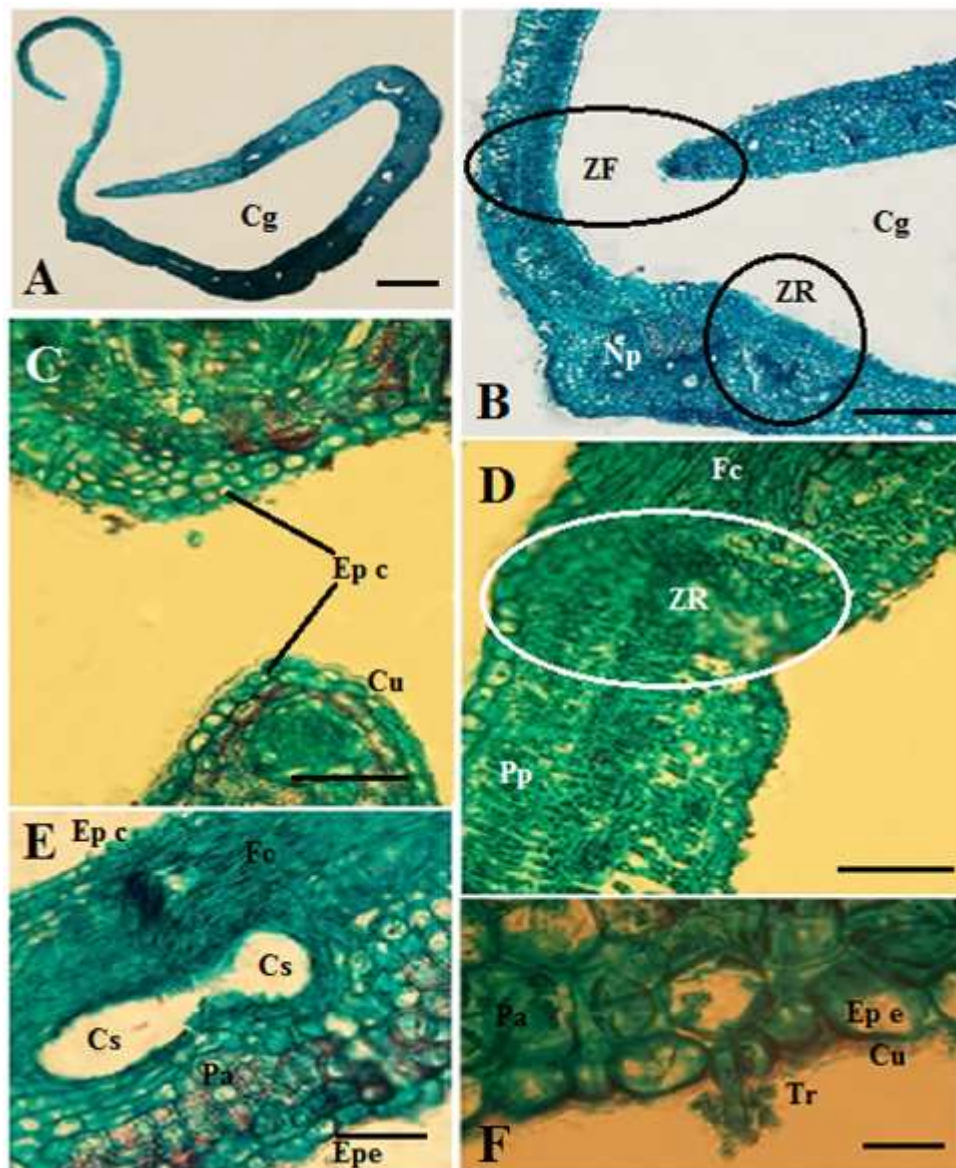
Planche IV

Planche IV : Coupes transversales sériées réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par l'aphide *Forda formicaria* (Cliché Mellah, 2015).

(A) Forme générale de la galle due au puceron *Forda formicaria* ; (B-C-D) Zones de fermeture et de réaction au niveau de la galle *Forda formicaria* ; (E) Dédoulement des canaux schizogènes ; (F) Présence des trichomes dans la chambre de la galle réaction de la galle due au puceron *Forda formicaria* ; Colorations: Safranine-Fast green. Observations : microscope optique à champ lumineux. Abréviations : **Ep c.** Epiderme de la chambre ; **Ep e.** Epiderme externe ; **Fc.** Faisceau conducteur ; **Cu.** Cuticule ; **Pa.** Parenchyme ; **Tr.** Trichome ; **Np.** Nervure principale ; **Cg.** Chambre ou galerie ; **Cs.** Canal schizogène ; **ZF.** Zone de fermeture ; **ZR.** Zone de réaction. Échelle: (A) = 200 µm ; (E-F) = 100 µm ; (B-C-D) = 50µm.

V.2.5. Anatomie et histologie de la galle due aux pucerons *Geoica utricularia* (Passerini, 1856)

Le puceron *G. utricularia* cause sur les folioles de *P. terebinthus* L. les déformations suivantes (planche III)

L'axe médian de la nervure principale subit une déformation suite à des modifications histologiques.

Une hypertrophie est visible après un développement des faisceaux conducteurs (les deux phloèmes sont orientés vers les épidermes adaxiale et abaxiale, tandis que les xylèmes occupent le centre de la nervure principale) (figure A).

Remarquons la présence d'un parenchyme entre les deux faisceaux conducteurs. Des trichomes unicellulaires de type capités et ciliés sont présents au niveau de l'épiderme interne de la chambre de la galle (figure C-D) où s'installe une zone subérifiée (figure E).

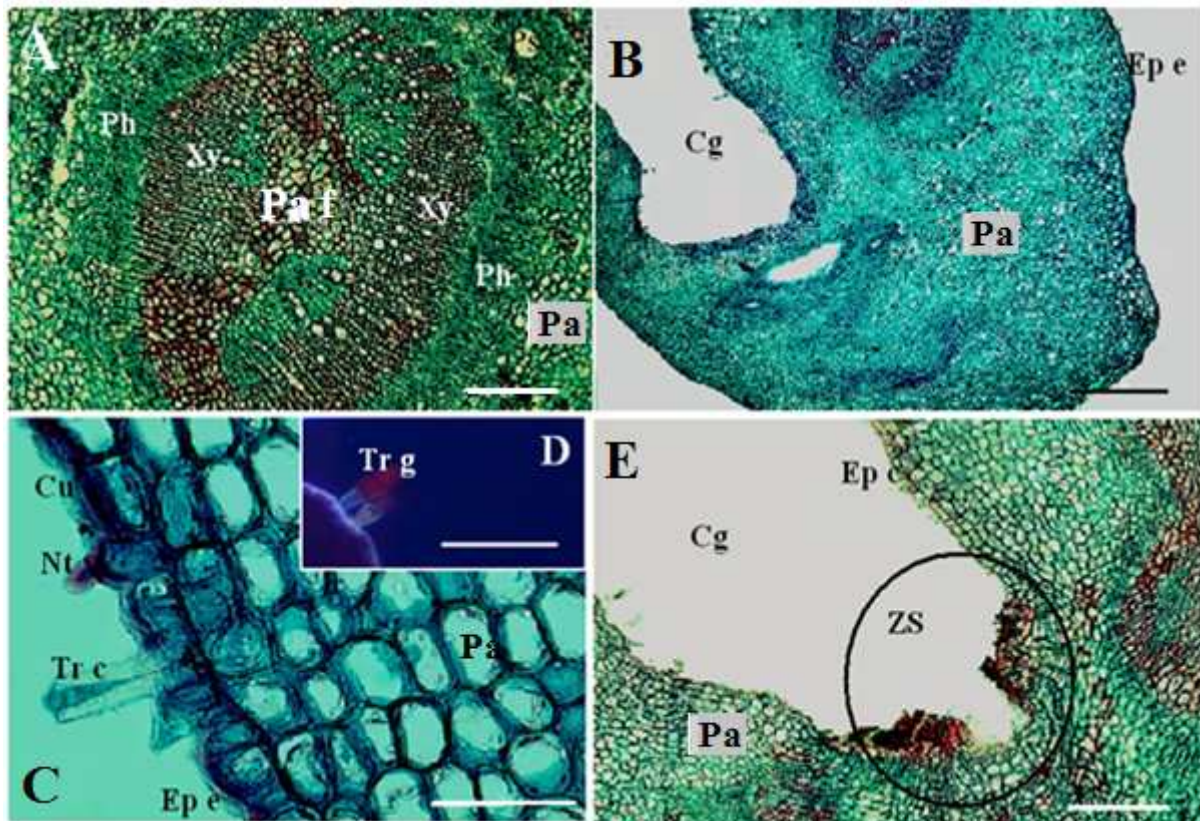
Planche V

Planche V : Coupes transversales séries réalisées au niveau des galles du pistachier térébinthe, causées par l'aphide *Geoica utricularia* (Cliché Mellah, 2013).

(A) Déformations au niveau de la nervure principale ; (B) la courbure et la chambre de la galle ; (C-D) Présence des trichomes dans la chambre de la galle réaction de la galle due au puceron *P. cimiciformis* ; (E) la zone subérifiée au niveau de l'épiderme de la chambre. Colorations: Safranine-Fast green. Observations : (A-B-C-E) microscope optique à champ lumineux ; (D) microscope optique à champ lumineux sous U.V. Abréviations : **Ep c.** Epiderme de la chambre ; **Ep e.** Epiderme externe ; **Ph.** Phloème ; **Xy.** Xylème ; **Cu.** Cuticule ; **Pa.** Parenchyme ; **Tr g.** Trichome glandulaire ; **Tr c.** Trichome cilié ; **Nt.** Naissance d'un trichome ; **Cg.** Chambre ou galerie ; **Pa f.** Parenchyme entre faisceaux vasculaires ; **ZS.** Zone subérifiée. Échelle: (B) = 200 µm ; (A-D-E) = 100 µm ; (C) = 50µm.

V.2.6. Anatomie et histologie de la galle due aux pucerons *Baizongia pistaciae*

Le puceron *Baizongia pistaciae* origine des déformations suivantes sur les folioles de *P. terebinthus* L. (planche VI) :

Une déformation entière et aucune relation avec l'histologie d'une foliole saine suite à des modifications histologiques que fait ce puceron sur le bourgeon terminale de l'espèce (figure A).

Autour de la galle, on note la présence d'un épiderme externe tapissé d'une couche de cire épi-cuticulaire épaisse. Juste au dessous de l'épiderme, un ensemble de cellules parenchymateuses de formes différentes prend naissance (figures A-B-C-D).

Absence de stomates et de trichomes, et présence abondante des tanins (figure D).

Une hypertrophie est visible après un développement (Dédoublément et triplement) des faisceaux conducteurs (figure E).

On note la présence d'un aphide *Baizongia pistaciae*, à l'intérieur de la chambre gallaire (figure B).

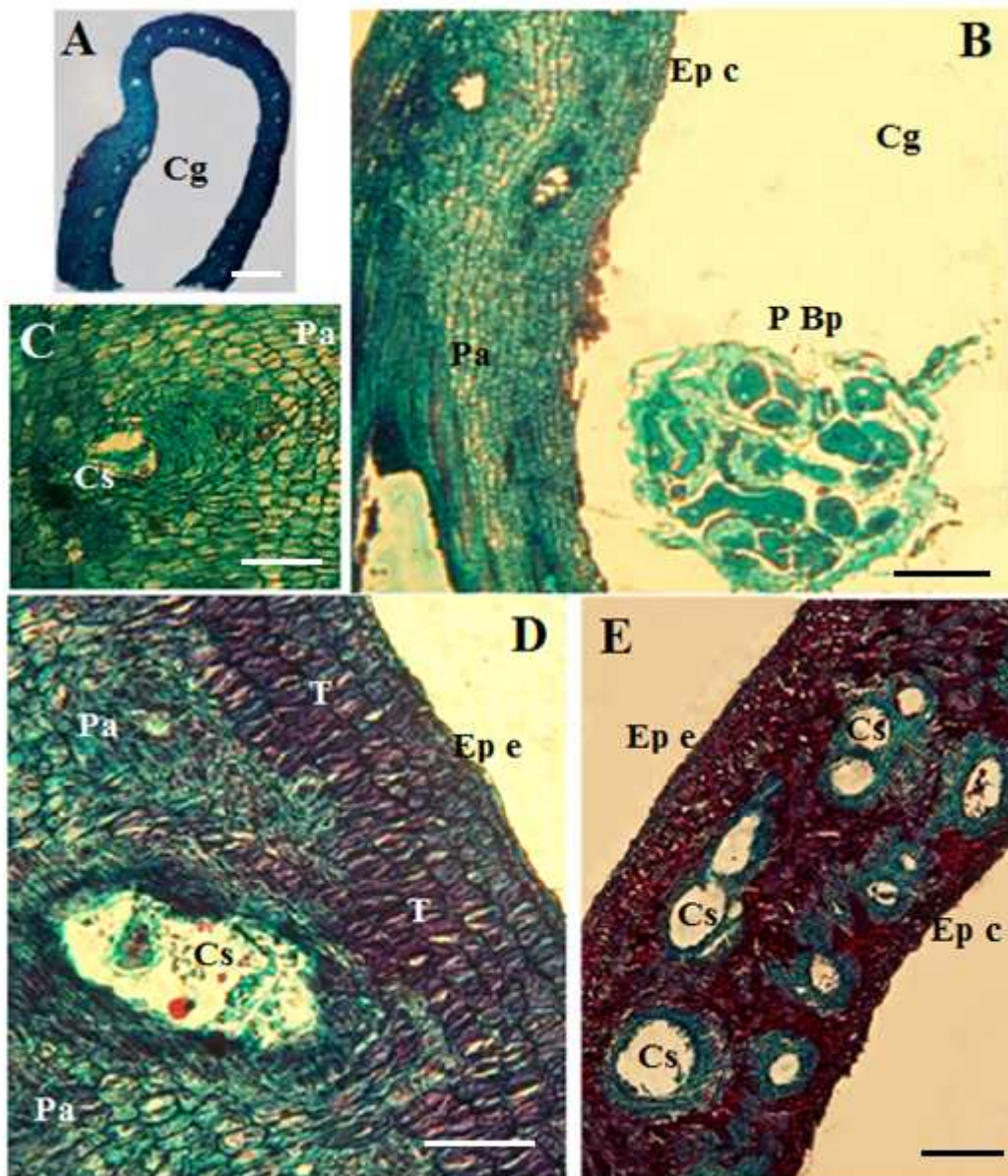
Planche VI

Planche VI : Coupes longitudinales sériées réalisées au niveau des galls du pistachier térébinthe, causées par le puceron *Baizongia pistaciae* (Cliché Mellah, 2015).

(A) Forme générale de la galle ; (B) Le puceron *Baizongia pistaciae*; (C-D) Présence des canaux schizogènes et des tannins ; (E) la zone subérifiée au niveau de l'épiderme de la chambre. Galle lignifiée Colorations: Safranine-Fast green. Observations: (A-B-C-E) microscope optique à champ lumineux. (Abréviations : **Ep c.** Epiderme de la chambre ; **Ep e.** Epiderme externe ; **Ph.** Phloème ; **Cu.** Cuticule ; **Cg.** Chambre ou galerie ; **Pa.** Parenchyme. Échelle: (A) = 200 μm ; (C-E) = 100 μm ; (B-D) = 50 μm .

V.3. Résultats des dosages de certains métabolites secondaires

Les résultats illustrés sur le tableau 20 et représentés par les figures (48, 50, 52 et 54) correspondent aux concentrations moyennes en phénols solubles, en flavonoïdes, en anthocyanes et en lignines de Klason déterminés sur les feuilles saines, les galls jeunes et matures dues aux pucerons *Geoica utricularia* et *Baizongia pistaciae* de *Pistacia terebinthus* L.

Ces derniers ont été présentés sous forme de moyenne \pm déviation standard (d.s ; n=5) pour chaque échantillon.

Tableau n°20: Concentrations moyennes en paramètres dosés des feuilles et des galls jeunes et matures dues aux pucerons *Geoica utricularia* et *Baizongia pistaciae* de *Pistacia terebinthus* L.

(mg /g)	Concentrations moyennes en phénols solubles	Concentrations moyennes en flavonols	Concentrations moyennes en anthocyanes	Concentrations moyennes en lignine
<i>G.u.j.</i>	3,62 \pm 0,12	0,10 \pm 0,00	0,47 \pm 0,02	204,00 \pm 22,14
<i>G.u.m.</i>	3,18 \pm 0,34	0,10 \pm 0,01	0,44 \pm 0,03	219,20 \pm 26,82
<i>B. p.j.</i>	3,28 \pm 0,54	0,05 \pm 0,01	0,19 \pm 0,00	251,80 \pm 27,39
<i>B. p.m.</i>	3,39 \pm 0,21	0,01 \pm 0,00	1,35 \pm 0,02	559,40 \pm 42,54
<i>F.s.</i>	2,07 \pm 0,13	0,13 \pm 0,01	0,61 \pm 0,03	354,00 \pm 52086

G.u.j. *Geoica utricularia* jeune ; *G.u.m.* *Geoica utricularia* mature ; *B. p.j.* *Baizongia pistaciae* jeune ; *B. p.m.* *Baizongia pistaciae* mature ; *F.s.* Folioles saines

V.3.1. Concentrations moyenne en phénols solubles

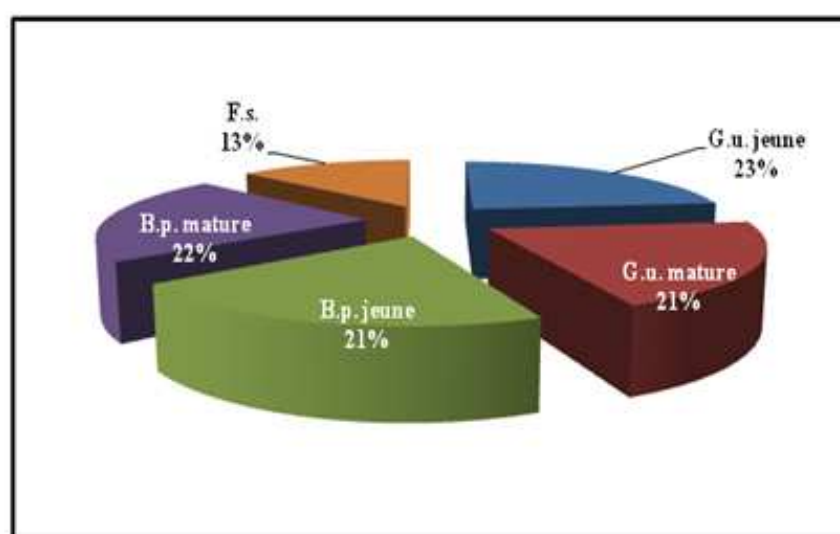


Fig. 48: Concentrations moyenne en phénols solubles

Nos résultats montrent que les galls jeunes dues à *Geoica utricularia* sont les plus riches en phénols solubles (23%), venant après les galls matures dues à *Baizongia pistaciae* (22%). Respectivement, les galls jeunes et matures dues à *Baizongia pistaciae* et *Geoica utricularia* viennent après avec une proportion de 21%. Enfin, seulement 13% des phénols solubles sont présents au niveau des folioles saines.

Les concentrations moyennes en phénols solubles caractérisant les extraits obtenus de nos échantillons ont été évaluées à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique d'une concentration de 0 à 80 mg/l et sont exprimés en mg/l (Figure 49).

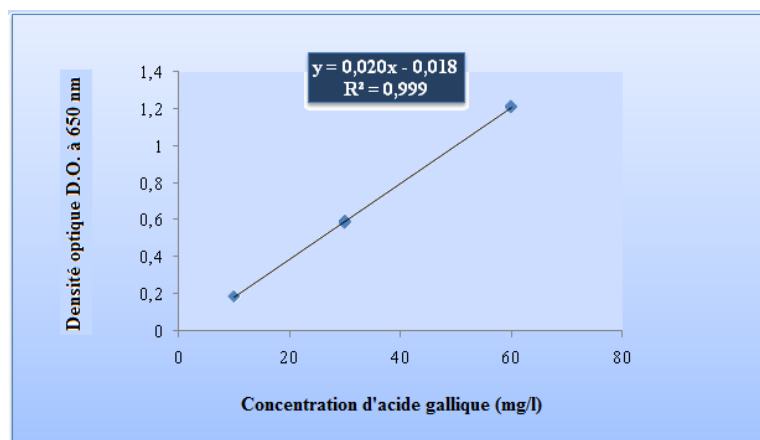


Fig. 49: Courbe d'étalonnage pour dosage des phénols solubles

V.3.2. Concentrations moyenne en flavonols

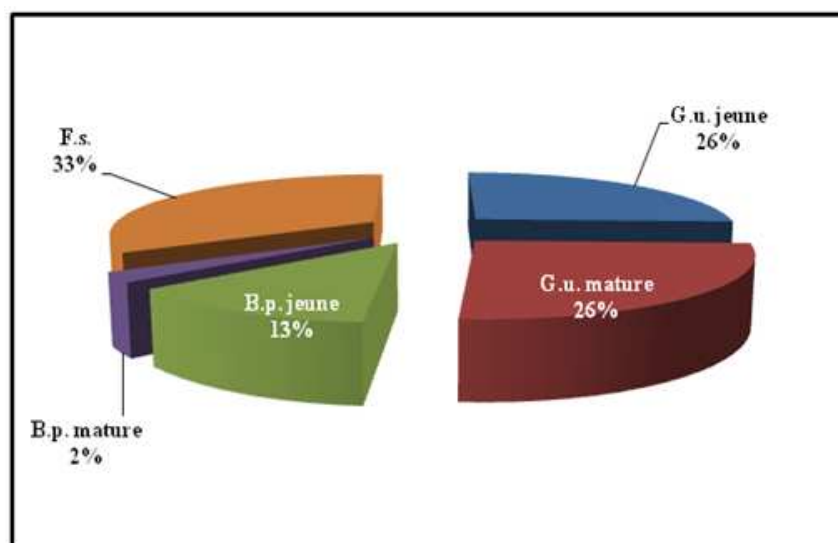


Fig. 50: Concentrations moyenne en flavonols

La figure 50 montre que les galles matures de *Baizongia pistaciae* sont les plus pauvres en flavonols (2%) et les folioles saines sont les plus riches (33%). Tandis que les galles de *Geoica utricularia* (jeunes et matures) sont moyennement composées en flavonols (26%)

Les quantités des flavonols ont été déterminées par la courbe d'étalonnage établie à partir de solutions de différentes concentrations de rutine d'une concentration de 0 à 60 µg/ml et sont exprimés en µg/ml (Figure 51).

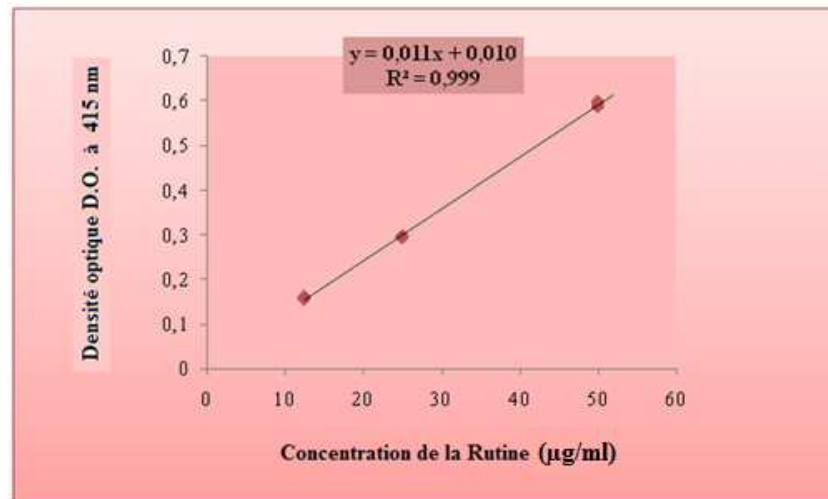


Fig. 51: Courbe d'étalonnage pour dosage des flavonols

V.3.3. Concentrations moyenne en anthocyanes

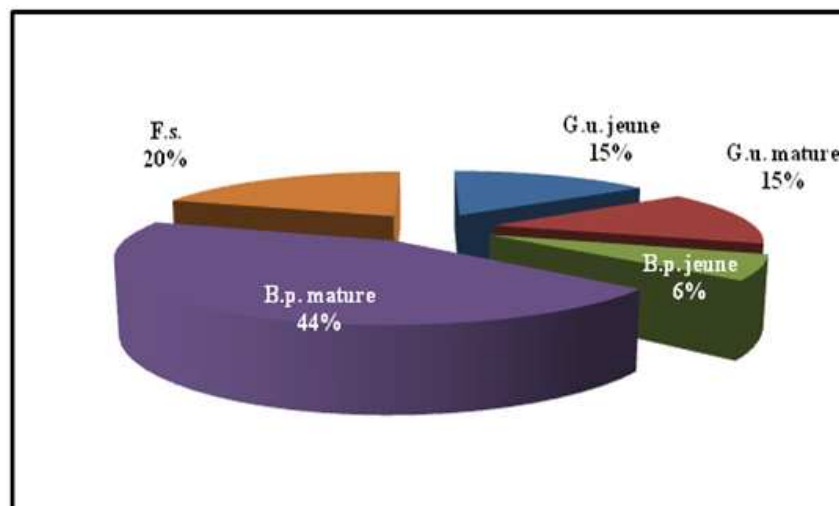


Fig. 52: Concentrations moyenne en anthocyanes

Les résultats dans cette partie présentent une forte présence d'anthocyanes au niveau des galles matures de *Baizongia pistaciae* (44%), contrairement à ces galles jeunes qui sont très pauvres en ce métabolite (6%). Les galles jeunes et matures de *Geoica utricularia* présentent seulement 15% d'anthocyanes et les folioles saines moyennement avec 20%

Les concentrations moyennes en anthocyanes caractérisant les extraits obtenus de nos échantillons ont été évaluées à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'extrait du chlorure de cyanidine à 100 µg/ml, d'une concentration de 0 à 80 µg/ml et sont exprimés en mg/ml (Figure 53).

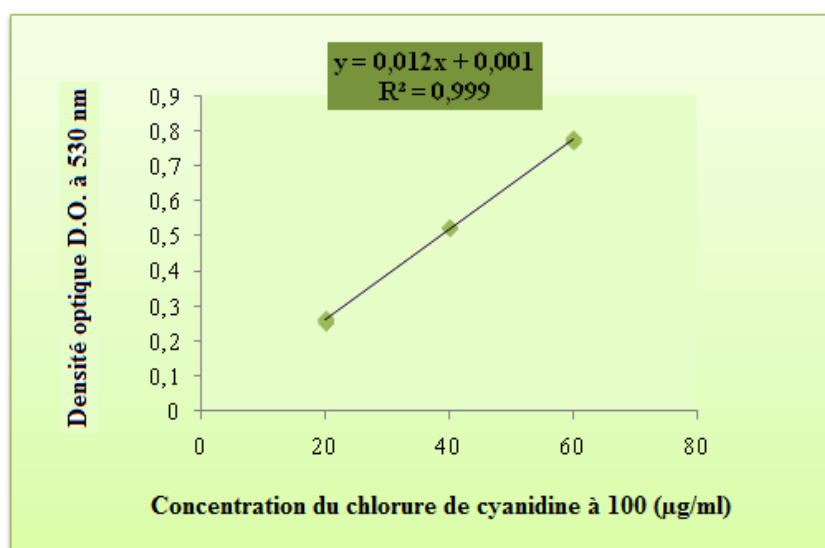


Fig. 53: Courbe d'étalonnage pour dosage des anthocyanes.

V.3.4. Concentrations moyenne en lignines de Klason

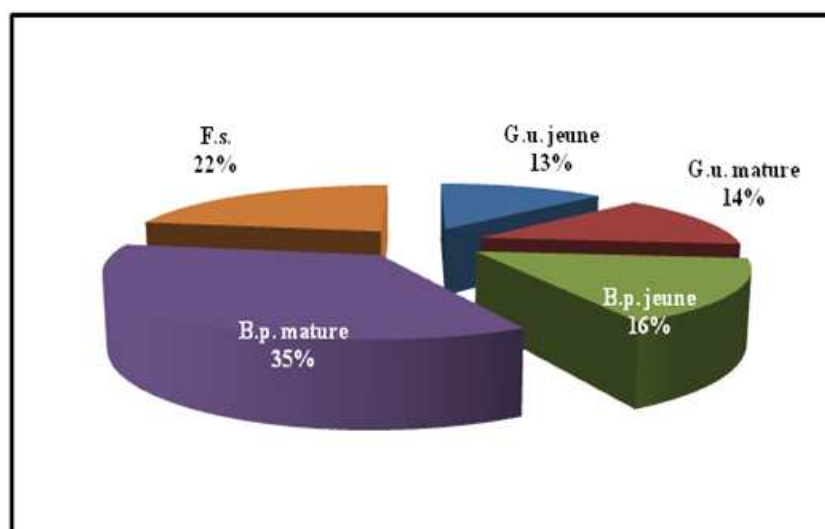


Fig. 54: Concentrations moyenne en lignines de Klason

Les dosages de lignines présentent que la galle la plus lignifiée est celle de *Baizongia pistaciae* matures avec 35% de lignines, les folioles saines les suivent avec 22%. Les autres dosages montrent des moyennes proportions (13%, 14%, 15%) respectivement pour les galles jeunes et matures de *Geoica utricularia* et les jeunes de *Baizongia pistaciae*.



Discussion

VI.2. Répartition des galles dans la station d'étude par pied et par feuilles :

A travers les résultats relatifs à la répartition des galles par date et par pied dans la zone d'étude, on constate que la galle *Forda formicaria* est présente uniquement sur un seul pied (N°15). Elle n'apparaît qu'à partir du mois de juin. La galle de *Forda marginata* se trouve en nombre élevé durant le mois de juin (date du deuxième prélèvement) et elle est disparait durant le mois de septembre (date du quatrième prélèvement). Par contre, les galles dues à *Paracletus cimiciformis* et *Geoica utricularia* apparaissent précocement et ce, dès le mois de mai.

La galle *Geoica utricularia* est prédominante à 63%, contre 14% pour la galle *Paracletus cimiciformis*. On note 10 % d'infestation pour les galles de *Baizongia pistaciae* et *Forda marginata*. Le plus faible taux de présence est enregistré à 6% pour la galle *Forda formicaria*.

Concernant le taux d'occupation des folioles par les galles : 80% des folioles prélevées sont inoccupées par les galles. Les 20% restante sont répartis comme suit : 14% pour la galle *Geoica utricularia* (71% par rapport à la présence des galles), 3% et 2% respectivement pour les galles *Paracletus cimiciformis* et *Forda marginata*. Par contre, la galle *Forda formicaria* n'occupe les folioles qu'à 0.5%.

VI.2. Etude Histo-anatomique

VI.2.1. Etude Histo-anatomique des folioles saines

Les résultats des coupes transversales des folioles saines de *Pistacia terebinthus* L. ont montré une structure simple de feuilles de dicotylédones. Elles révèlent un ensemble de tissus variés d'une structure primaire selon leur origine=).

La face adaxiale et abaxiale des folioles de *Pistacia terebinthus* L. sont tapissées par une seule couche de cellules épidermiques. Toutes les structures primaires d'une feuille sont issues de l'anneau centrale (Raven et al., 2007). Une épaisse cuticule abondamment ornée de stries épi-cuticulaire ou crêtes s'installe sur l'épiderme. Ceci corrobore les travaux de Simpson (2006) & Alvarez et al. (2008). L'épaisseur de la cuticule est une réponse au stress car elle réduit la transpiration et le réfléchissement de la lumière (Roland et al., 2008). Parfois, la cuticule est absente ou très mince chez *Pistacia Terebinthus* L. (Al-Saghir et al., 2006).

D'après nos résultats, les stomates trouvés chez *Pistacia Terebinthus* L. sont de type anomocytiques et se trouvent sur le long de la nervure principale. Leurs répartitions indiquent le type amphi-stomatique. Ceci est en accord avec les travaux d'Al-Saghir & Porter (2005) et de Özeker & Misirli (2001). Toutefois, le type hypo-stomatique peut être présent chez *Pistacia terebinthus* (Alvarez et al., 2008).

Les tissus fondamentaux de la foliole prennent place entre l'épiderme supérieur et l'inférieur. Nos résultats montrent que le mésophylle de *Pistacia terebinthus* est caractérisé par un parenchyme palissadique avec 4 strates. C'est un tissu photosynthétique apparent dans le limbe (Alvarez et al., 2008), qui représente près de 40% de ce dernier (Al-Saghir et al., 2006). Le mésophylle devient plus épais quand les folioles deviennent adulte (Simpson 2006 & Alvarez et al., 2008). Ce développement du parenchyme est un caractère d'adaptation à l'aridité et au stress environnementaux qui accompagnent la sécheresse de l'air et /ou le manque d'eau croissant (Stocker, 1961). C'est un caractère xérophyte répandue chez les espèces du genre *Pistacia* (Al-Saghir et al., 2006). Ceci est le cas de notre zone d'étude qui est sous bioclimat semi-aride à hiver frais.

Le parenchyme lacuneux spongieux est constitué par des cellules plus courtes que celles du parenchyme palissadique et développé d'une façon très dense surtout aux extrémités des folioles. Ceci est aussi confirmé par les travaux d'Al-Saghir et al. (2006) & Alvarez et al. (2008).

Au niveau de la nervure principale, le xylème et le phloème sont orienté vers les côtés adaxial et abaxial, respectivement. Ces faisceaux conducteurs sont entourés d'une épaisse couche de fibres formant la gaine périvasculaire autour de laquelle se trouve le collenchyme. Cette gaine sert d'intermédiaire pour le transport des composés du mésophylle vers les faisceaux conducteurs (Fernandez et al., 2003 & Costa et al., 2001).

La présence de canaux sécréteurs associés au phloème est une des caractéristiques générales du genre *Pistacia* (Watson & Dallwitz, 2008). Dans le cas de *Pistacia terebinthus*, ces canaux accumulent une oléorésine, qui, en plus des tannins joue un rôle de dissuasion des insectes (Costa et al., 2001 & Alvarez et al., 2009) et sont répulsifs pour les herbivores (Costa et al., 2001). Ils sont considérés comme protecteurs par leurs activités anti-nutritionnelles et antioxydantes (Cornell, 1983; Allison et Schultz, 2004).

Nos résultats montrent des inclusions cristallines observées dans le mésophylle des folioles de *Pistacia terebinthus*, c'est les macles d'oxalate de calcium. Ceci est en accord avec les travaux de Fernandes et al. (1987) et Arduin & Kraus (1995). Toutefois, ces mêmes

auteurs signalent aussi la présence de ces macles dans les cellules épidermiques ce qui n'est pas notre cas.

D'une manière générale, les caractéristiques des folioles de *P. terebinthus* indiquent les traits d'une espèce sclérophylle (Metcalfé & Chalk, 1985 ; Simpson, 2006).

VI.2.2. Etude histo-anatomique des galles

À part quelques rares exceptions, la fondatrice est la seule à pouvoir induire la galle (Wool, 2005). La perforation des folioles et l'injection d'une salive liquide dans les tissus végétaux peuvent avoir des effets toxiques responsables de perturbations de nature physiologique se traduisant par des crispations, des dépigmentations des feuilles et la formation de galles (Miles, 1989).

Le térébinthe est largement connu par ses galles remarquables rougeâtres (Blackman & Eastop, 1994). Les causes et la signification adaptative de cette fonctionnalité n'ont pas été déterminées même si certains auteurs l'expliquent par l'accumulation des pigments en réponse à des facteurs abiotiques ou biotiques (Dias et al., 2013).

L'environnement à l'intérieur des galles fermées est plus stable et évite aux pucerons de souffrir des périodes de sécheresse. La protection contre les ennemis est due aux murs de la galle, par ses composants physiques ou chimiques et structures externes, y compris les poils enduisant et résine collante (Stone & Schönrogge, 2003).

Les galles étudiées s'installent au niveau des folioles jeunes, sauf pour *Baizongia pistaciae* qui l'initie au niveau du bourgeon végétatif, car les aphides tendent à émerger avant le débourrement (Wool & Manheim, 1986). Macroscopiquement *Paraclletus cimiciformis* et *Forda marginata* montrent respectivement l'aspect aplatis, et cylindrique et sont les plus petits des cinq types. Celles de *Forda formicaria* ont une section ovale, *Geoica utricularia* forme une sphère au niveau de la face abaxiale de la foliole du térébinthe tandis que *Baizongia pistaciae* ont la forme d'un klaxon ou d'une banane.

Les coupes anatomiques de la galle due au *Paraclletus cimiciformis* montrent qu'il y existe une similitude dans la structure et l'épaisseur entre le mur supérieur et inférieur. Dans leur étude Alvarez et al., (2009), notent que cette même galle due au même puceron a un mur supérieur plus épais.

Habituellement, toutes les galles du térébinthe sont précédées par le pliage de la foliole (Wagner & Raffa, 1993), se sont des pseudo-galles simples au sens de Crespi & Worobey (1998) et d'Alvarez et al. (2013). Elles sont dites mono thalamique parce qu'elles ont une simple chambre et sont initialement occupées par un seul individu (Mani, 1964) où

l'extrémité marginale des folioles est légèrement courbée vers la face adaxiale (cas de *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata* et *Forda formicaria*).

Macroscopiquement, la face externe de la galle due à *Paracletus cimiciformis* est lisse, onduleuse ou avec des fissures prononcées, tandis que la face interne est lisse ou plus ou moins sinueuse (courbée) avec un aspect en coussinet différent.

Sur les cinq galles, une épaisse ornementation cuticulaire prend place. Ceci est en adéquation avec les travaux d'**Alvarez et al. (2008)**. Elle tapisse la surface de la foliole permettant ainsi aux insectes de reconnaître la plante hôte (**Isaias et al., 2000**). Notons la présence de stomates qui sont dans tous les cas anomocytiques au niveau de *Paracletus cimiciformis* et absents à l'intérieur de la galle, sont fourrés par cette cuticule. Ceci est en parfaite adéquation avec les travaux d'**Alvarez et al. (2009)**.

Dans les murs des galles, les cellules du parenchyme sont en nombre plus élevé que dans les folioles saines. Leurs tailles sont également très grandes.

Cependant, suite au pliage de la foliole par les pucerons étudiés, plusieurs faisceaux vasculaires prennent naissance. Ainsi le phloème s'écarte attirant vers lui le xylème. Ce dernier est orienté vers l'épiderme de la chambre et le phloème vers l'épiderme externe de la galle et cela au niveau des galles situées dans la marge de la foliole. Ceci est déjà confirmé par **Alvarez et al. (2009)** et **Alvarez (2012)** qui mentionnent que cette réaction oblige le stylet des pucerons d'aller autour de ce faisceau afin de s'alimenter. Au niveau de la galle produite par *G. utricularia*, on remarque le développement du tissu vasculaire au niveau de la nervure principale et concernant les murs de la galle due à *Baizongia pistaciae* sont totalement occupés par les faisceaux vasculaires.

Par ailleurs, l'observation des canaux sécréteurs au niveau des galles montre qu'ils sont grands et bien développés. Vraisemblablement, ceci devrait être lié au grand développement du phloème. De tels conduits font partie intégrale du phloème (**Alvarez et al., 2009**). Une des hypothèses est qu'un déficit hydrique subi par la plante hôte altère la composition biochimique de la sève phloémienne de la plante (substrat alimentaire des aphides), entraînant ainsi une modification du taux de multiplication des pucerons (**Girousse, 1996**), ce qui prouve la réplique fabuleuse du phloème dans le corps de toute la galle.

Les résultats de **Watson & Dallwitz (2008)** et **Fahn (1974)** montre que dans le système de défense, il serait également nécessaire de signifier que les canaux résinifères liés au phloème secrète une oléorésine appelée à repousser les herbivores.

Les aphides effectuent des ponctions intercellulaires, mais également intracellulaires dans la plupart des cellules rencontrées. Les cellules proches des vaisseaux phloémiens sont

beaucoup plus ponctionnées que celles de l'épiderme ou du mésophylle, ce qui indiquerait que la recherche du phloème s'effectue par échantillonnage et que le puceron est capable de reconnaître la composition chimique des différents types de cellules rencontrées (**Tjallingh et Hogen-Esch, 1993**).

La diversification de la structure interne des galles doit être en rapport avec la nutrition de leur « habitants » car la cécidie crée une «force aspirante» qui pompe les nutriments de la plante, alors que les variations de la structure externe seraient liées à la défense contre les ennemis (**Stone et Schönrogge, 2003**). Les tissus qui composent toute galle offrent aux pucerons un rendement nutritif supérieur à celui d'une section non parasitée de la plante (**Forrest, 1987**).

Au niveau des galles qui touche la marge du limbe l'épaisseur des murs est presque identiques, sauf chez la galle de *Forda marginata*, car il ya un épaissement au niveau de quelques parties, aussi cet épaissement se trouve au niveau de la galle de *Geoica utricularia*. Ceci corrobore les résultats de **Wool et al. (1999)** qui indique que dans la galle de *Geoica wertheimae* qu'il est possible de noter une augmentation marquée de l'épaisseur de paroi due à la présence de beaucoup d'éléments de phloème très près de l'épiderme. Ces auteurs considèrent que le changement de tissu se produit pour favoriser l'accès des pucerons à leur source des aliments ; c.-à-d., le phloème.

Wool et Bar-EL (1995), ont rapporté que l'augmentation du nombre des pucerons à l'intérieur de la galle est accompagnée d'une augmentation de l'épaisseur de la paroi. Les murs de la galle sont occupés par des cellules du parenchyme marquant des espaces intercellulaires. Ces cellules parenchymateuses occupent le mur montrant l'hyperplasie et l'hypertrophie des folioles.

L'initiation de la multiplication anarchique des cellules parenchymateuses peut être d'origine interne ou externe. En effet plusieurs auteurs ont montré son origine externe et que les cellules épidermiques ne sont pas incluent (**Haensch, 2007**). Les différentes observations effectuées sur nos coupes histologiques réalisées au niveau des galles, montrent que l'initiation de cette multiplication est d'origine externe (pique du puceron).

La croissance d'une plante fortement infestée peut également être perturbée suite au prélèvement de nutriments par les pucerons (**Miles, 1989**) et la résistance chez les folioles de *P. terebinthus* L. s'exprime également par la réaction d'hypersensibilité. Ainsi, grâce a des signaux émis par les cellules qui sont en contact avec le puceron, d'autres cellules plus éloignées meurent et forment des nécroses pour stopper la progression du pathogène (**Haensch, 2007**). Par ailleurs et d'une manière sporadique nos résultats montrent la présence

d'une zone subérifiée qui s'installe sur le mur interne des galles dues aux pucerons : *Paracletus cimiciformis* et *Geoica utricularia*. D'après **Alvarez (2011)**, cette zone est seulement présente dans les galles mûres dues au puceron *Forda formicaria*.

Nos résultats sont identiques avec ceux d'**Alvarez et al. (2009)**, qui indique que les stomates sont absents dans la zone subérifiée (intérieur de la galle).

La présence de fibres de sclérenchyme dans la foliole saine et leur absence dans la galle suggèrent que l'initialisation de la galle se forme quand les folioles sont jeunes. Ceci rejoint les résultats trouvés par **Alvarez et al. (2009)** qui suggère qu'il est possible que les fibres de sclérenchyme du mur secondaire puissent être réabsorbées fortement et que le renouvellement de l'activité méristématique soit très bas.

Toutes les galles qui touchent la marge du limbe possèdent une zone de fermeture qui protège les pucerons des autres prédateurs herbivores (oiseaux, vaches, moutons.....) sauf *Geoica u000 ! tricularia* et *Baizongia pistaciae* où la manifestation se fait respectivement au niveau de la nervure principale et du bourgeon.

Dans la zone de fermeture de la galle étudiée, il y a formation de sclérites non limité dans la foliole saine et au niveau de la partie supérieure de la galle de *Forda marginata* (on les voit dans les cellules de parenchyme et des cellules non méristématiques). Cela est peut être attribuée à la participation des hormones ; en particulier, une diminution en auxine (**Dorchin et al., 2002**).

La portion marginale de la foliole au point de fermeture reste droite et ne manifeste aucune courbure. Par contre, **Alvarez (2011)** note que la portion marginale chez *Pistacia terebinthus* manifeste un léger mouvement en arrière ceci permet une fermeture efficace de la galle. Cet auteur confirme la présence des trichomes dans la zone de fermeture de la galle due à *Forda formicaria* mais ce n'est pas le cas dans notre étude, car les zones de fermetures chez nos trois galles ne possèdent pas de trichomes. Ces derniers se trouvent au niveau de l'épiderme interne de la galerie de *Geoica utricularia*.

Alvarez (2011) indiquent que seulement la galle due à *Forda formicaria* a vraiment montré une zone de réaction, mais dans nos résultats, les galles dues à *Paracletus cimiciformis* et *Forda marginata* montrent aussi cette zone.

La lignification des cellules formant une couche dure autour du mur de la galle est liée à la défense. C'est une observation habituelle dans beaucoup de galles (**Rohfritsch, 1992 & Nieves-Aldrey, 1998**), bien qu'ici on l'ait seulement observé dans *Forda marginata* et *Baizongia pistaciae*.

La protection contre les ennemis peut être directement due à la paroi Les composants physiques ou chimiques et les structures externes, y compris les poils de revêtement, les épines et la résine collante (**Stone et Schönrogge 2003**) ou le recrutement d'organismes protecteurs. Les tannins et les cristaux, dans la galle du *Forda marginata* sont très présent et plus efficaces contre l'attaque par des intrus entendant accéder à la galle de l'extérieur.

Il est clair que la galle assure la nutrition et la protection contre des variations bioclimatiques à leurs habitants. **Stone & Schönrogge (2003)** indiquent que c'est l'adaptation aux ennemis qui expliqueraient leur diversité, bien que cette hypothèse doive être confirmée.

VI.2.3. Dosages des métabolites secondaires

Face aux changements environnementaux d'origine anthropique, les problèmes liés aux pullulations d'insectes dans les écosystèmes forestiers sont devenus plus fréquents et leur impact économique et écologique s'est considérablement accru (**Dale et al., 2001**).

Les travaux sur la systématique, la biologie, la morphologie et l'histologie des cécidies abondent, mais la littérature demeure, quant au déterminisme même de ces formations, extrêmement pauvre (**Bugnicourt, 2016**). Parmi les différentes hypothèses qui ont été suggérées pour expliquer la signification adaptative des galles d'insectes, au moins trois mettent l'accent sur les avantages pour le galeur: l'hypothèse Nutrition, l'hypothèse Microenvironnement et l'hypothèse Ennemie (**Price et al., 1986, 1987** et **Stone & Schönrogge, 2003**).

Les aphides sont des herbivores parasites qui non seulement consomment des ressources végétales, mais aussi induisent des changements physiologiques et morphologiques dans le tissu de l'hôte. Ces transformations de croissance sont le résultat à la fois une excitation des pucerons et des réactions des plantes (**Tscharntke 1989, Wool 2005**).

Les plantes attaquées augmentent leur production de composées secondaires lorsqu'elles sont attaquées par l'insecte. Cette défense de la plante hôte est induite non seulement par la destruction des tissus végétaux, mais aussi par la présence de substances particulières dans la salive des insectes gallicoles, substances qui sont détectées par la plante et induisent une cascade et signalisation qui active la production des composées secondaires (**Turlings et al., 2000**).

Si les substances secondaires de plante démontrent un rôle informatif majeur sur les ravageurs phytophages (**Yu et Hsu, 1993**), elles peuvent également influencer les performances biologiques et les mécanismes biochimiques des prédateurs. Différents

mécanismes de détoxification contribuent à la métabolisation des substances xénobiotiques telles que les toxines d'origine végétale (**Sauvion et al., 2013**).

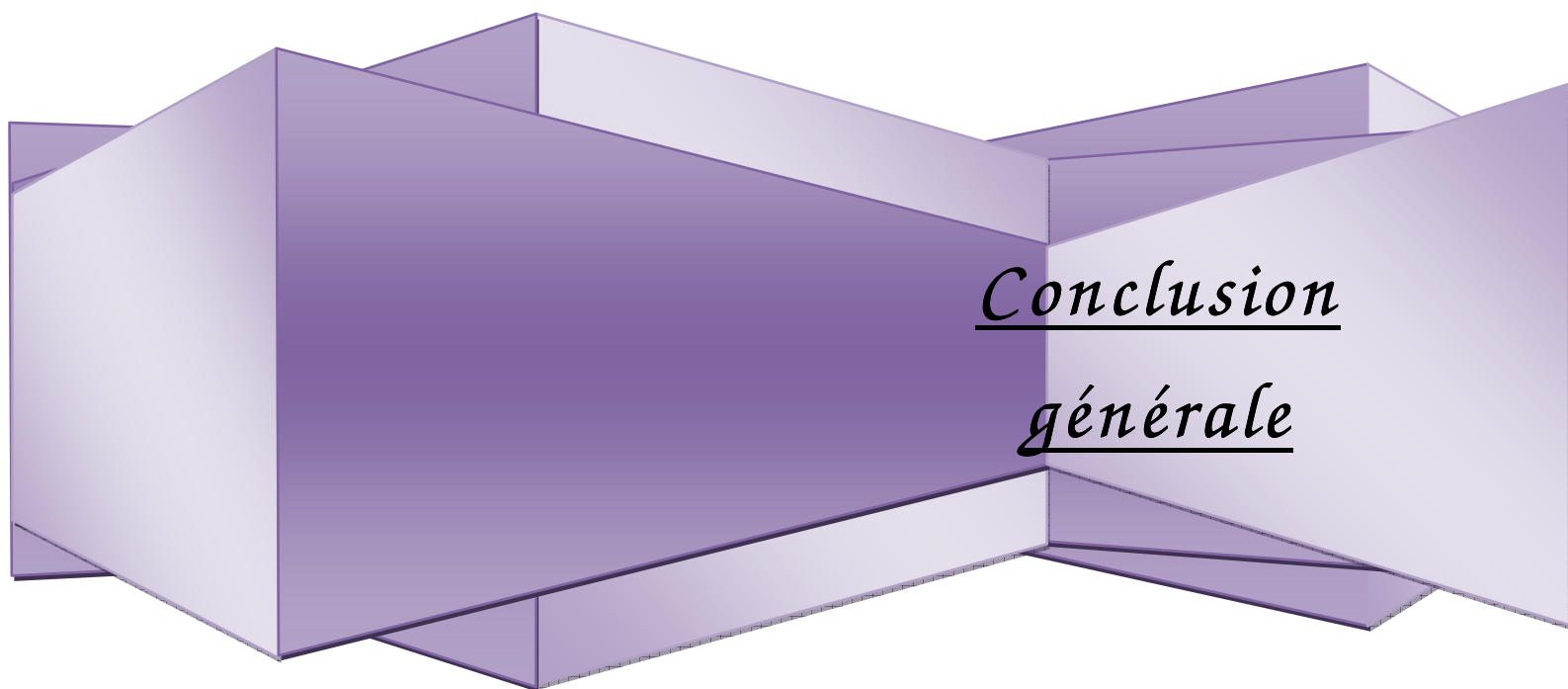
Les dosages des métabolites secondaires montrent que la galle due à *Baizongia pistaciae* (jeunes et matures) sont les plus riches en ces coproduits sauf que les jeunes sont pauvres en flavonols et en anthocyanes, respectivement (2% et 6%). Cela corrobore avec **Flamini et al. (2004)** qui ont trouvé que l'huile essentielle extraite de galles de *Baizongia pistaciae* est presque exclusivement composée de monoterpènes totaux parmi lesquels le sabinène, différemment des feuilles d'hôte *Pistacia palestina* qui étaient plus riches en alfa-pinène et en myrcène. **Burstein et Wool (1992)** ont également constaté que la composition chimique du tissu gallique diffère qualitativement et quantitativement des feuilles intactes, suggérant une meilleure défense chimique contre les oiseaux.

Les monoterpènes sont connus pour être toxiques et répulsifs pour les insectes (**Werner, 1995**). Il est possible que la richesse des conduits de latex dans les galles induites sur ces arbres protège aussi leurs habitants, mais nous ne savons pas si le tissu gallique est toxique pour les insectes. (**Martinez, 2008**).

Geoica utricularia (jeunes et matures), sont presque identiques dans leurs composition en ces métabolites. En les comparant avec les feuilles, ils sont moins riches. Les galles de *Geoica utricularia* qui se développent sur *Pistacia terebinthus* sont riches en tanins, en acide gallique, en résine, en huiles essentielles et en myricétine (**Font Quer, 1993 ; Hocking, 1997**).

La défense indirecte contre les parasitoïdes a été décrite par **Abe (1988)** dans *Andricus symbioticus* dont la surface de la galle sécrète la substance sucrée attirant et protégeant les fourmis.

Les aphides sont sensibles à certains types de composés qui jouent le rôle soit de stimulants, soit de composés inhibiteurs ou anti-appétant (**Tjallingh & Hogen-Esch, 1993**). Parmi les composés internes, seuls des inhibiteurs de protéases (IP) et des lectines ont été identifiés dans la sève phloémienne de la plante qui est l'aliment des pucerons (**Kehr, 2006**).



Conclusion
générale

Conclusion Générale

Le taxon *Pistacia terebinthus* L. sur lequel les travaux de recherche ont été effectués se trouve disséminé sur une petite superficie réduite sur le mont du Tessala. Cette espèce se développe sur des sols rocaillieux, souvent à base calcaire et à exposition ensoleillée. Le taux d'humidité est moyen ($\approx 60\%$) et croit dans un étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais jusqu'à une altitude de 1200 m.

Ce travail s'articule sur plusieurs aspects dont la répartition de cinq types de galles inféodées au térébinthe sur le site d'étude, l'histologie (anatomie des folioles saines et des galles) et les dosages de quatre types de métabolites secondaires (Phénols solubles, flavonols, anthocyanes et lignines).

D'après nos résultats, il ressort que la galle la plus dominante dans notre station est celle due au puceron *Geoica utricularia* avec un taux de 63%, qui vient après *Paracletus cimiciformis* à 14%, ensuite les galles *Baizongia pistaciae* et *Forda marginata* à 10% et la plus faible présence est attribué à celle due à *Forda formicaria*.

80% des folioles prélevées sont inoccupées par les galles et les 20% restante sont répartis comme suit : 14% pour la galle *Geoica utricularia* (71% par rapport à la présence des galles), 3% et 2% respectivement pour les galles *Paracletus cimiciformis* et *Forda marginata* par contre la galle *Forda formicaria* n'occupe les folioles qu'à 0.5%.

Les transformations des folioles saines en des galles (les cinq types des galles) de *Pistacia terebinthus* L. montrent que la galle forme un habitat pour les pucerons, assure leurs nutriments et leurs protections contre les variations climatiques des zones où ils prospèrent.

L'étude histologique des folioles saines de *P. terebinthus* L. a montré l'existence d'un épiderme couvert d'une cuticule épaisse, rugueuse et froissée. Les stomates révèlent une

distribution amphi-stomatique. Le mésophylle est très dense et épais. On trouve un parenchyme palissadique qui est échelonné sur plusieurs étages de cellules. En se rapprochant de la nervure principale, le parenchyme lacuneux prend place. Notons la présence de beaucoup de cristaux.

Au milieu de la coupe transversale, une veine centrale et des veines secondaires plus larges prennent place. Les faisceaux conducteurs sont encerclés par une gaine péri-vasculaire sclérenchymateuse et des canaux sécréteurs schizogènes dans le phloème. Des trichomes glandulaires sont présents.

D'autre part, Les folioles galées par *Paracletus cimiciformis* présentent des modifications au niveau du limbe. Les deux murs ainsi formés sont semblables et épais, couvert d'une dense cuticule. Des stomates et des zones subérifiées ornent respectivement l'épiderme externe et interne de la galle. Le parenchyme palissadique subit une multiplication anarchique des cellules donnant en finalité des cellules isodiamétriques plus grandes que celles des folioles saines pour former un parenchyme désordonné. Le xylème est orienté vers la partie interne de la galle avec un développement des canaux sécréteurs surtout dans les zones de courbures. L'histologie des deux galles dues à *Forda marginata* et *Forda formicaria* montre les mêmes tissus sauf que la première a une forme générale arrondie et les cellules du tissu anarchique ne sont pas isodiamétriques.

Les folioles galées dues au *Geoica utricularia* présente aussi une déformation mais au niveau de l'axe médian de la nervure principale suite à des modifications histologiques et un développement des tissus vasculaires au niveau de la nervure principale. Une hypertrophie du phloème est visible avec la présence d'un parenchyme entre les faisceaux conducteurs. Des trichomes unicellulaires capités et ciliés ornent l'épiderme interne de la chambre de la galle. Et enfin, l'histologie de la galle due à *Baizongia pistaciae* montre une hypertrophie remarquable où la zone de fermeture et celle de réaction sont introuvables en plus de présence notable des tannins, car ce puceron atteint le bourgeon avant le débourrement des feuilles.

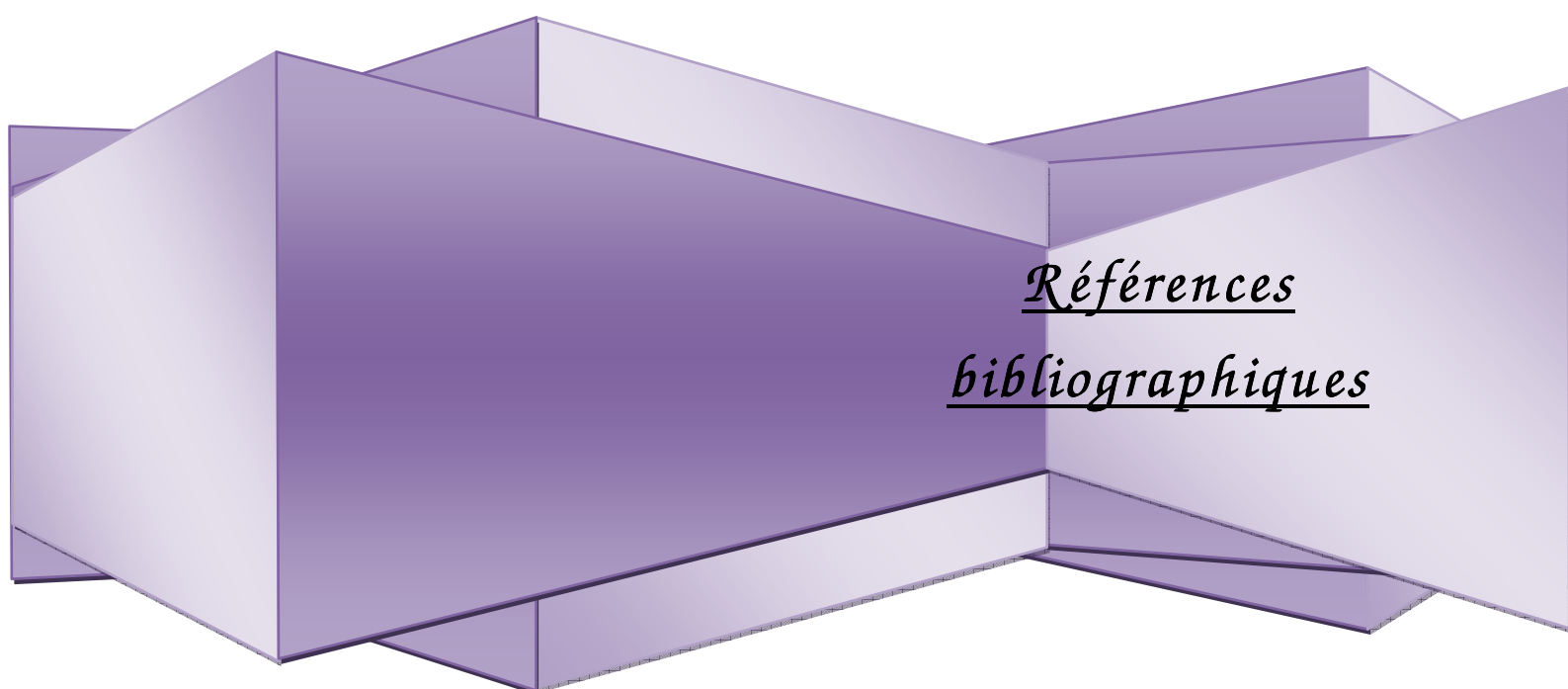
Les transformations anatomiques dues aux piqures de pucerons sont des procédés architecturaux pour arriver à construire un type de galles. Sous climat aride et semi-aride, ces formes particulières servent à la stabilisation d'un microclimat qui protège les insectes des conditions abiotiques défavorables tels que la haute température et une faible humidité.

Additivement à cela c'est une source de nutrition car le tissu de la galle fournit une abondance de nutriments de haute qualité et aussi la galle sert comme moyen de défense car la morphologie et la chimie du tissu de la galle protègent les insectes contre les divers ennemis naturels, y compris les prédateurs, parasitoïdes, les agents pathogènes et d'autres herbivores. Cette dernière notion est appelée hypothèse de l'ennemi.

Enfin, le dosage des métabolites secondaires montrent que la galle due à *Baizongia pistaciae* (jeunes et matures) sont les plus riches en ces coproduits sauf que les jeunes sont pauvres en flavonols et en anthocyanes, respectivement (2% et 6%). *Geoica utricularia* (jeunes et matures), sont presque identiques dans leurs composition en ces métabolites. En les comparants avec les feuilles, ils sont plus au moins pauvres.

En épilogue, la présente étude montre que les aphides gallicoles peuvent être parasites dans le cas où ils envahissent la région (taux des feuilles infectées supérieur au taux des feuilles saines). La présente situation doit nous inciter à prendre des mesures de mise en défens rigoureuses, à mettre en place un programme de valorisation et à œuvrer vers une législation qui protège et préserve cette ressource.

Les outils de protection sont donc très importants. Ils doivent être couplés à des actions de sensibilisation qui permettront progressivement de stopper l'ensemble des actes dégradant pour une bonne conservation de l'espèce en particulier et de l'écosystème montagnard de la région de Tessala en général.



Références
bibliographiques

Références bibliographiques

(Selon la norme AFNOR NF. Z. 41-006)

- ABE Y., 1988.** Two host races in *Andricus mukaigawae* (Mukaigawa)(Hymenoptera: Cynipidae). *Applied Entomology and zoology*, 23:381-387.
- ABRAHAMSON W.G. & WEIS A.E., 1997.** Evolutionary ecology across three trophic levels: goldenrods, gall makers, and natural enemies. *Princeton Univ. Press, Cambridge*.
- ADLER., 1881.** Génération alternante chez les Cynipides. Montpellier et Paris, traduit et annoté par J. Lichtenstein . *Zeit. Fier wis. Zool.*, Band XXXV, Heft 2.
- AFNOR NF. Z. 41-006.** Présentation des thèses et documents assimilés, *Paris*. Octobre 1983.
- ALBERT S., RANA S. & GANDHI D., 2013.** Anatomy and ontogenesis of foliar galls induced By *odinadiplosis odinae* (diptera: cecidomyiidae) On *lannea coramandelica* (anacardiaceae). *Acta entomologica serbica*, 18(1/2): 161-175.
- ALLISON B.N. & SCHULTZ J.B., 2004.** Parent-adolescent conflict in early adolescent. *Adolescence*, 39 (153): 101- 119.
- AL-SAGHIR M.G., & PORTER D.M., 2005.** Stomatal distribution in *Pistacia* species (Anacardiaceae). *Int. Jo. Ot*, 183 – 187.
- AL-SAGHIR M.G., PORTER D.M. & NILSEN E.T., 2006.** Leaf anatomy of *Pistacia* species (Anacardiaceae). *J. Biol ci*. Vol. 6: 242 – 244 p.
- ALVAREZ R., ENCINA A., & PEREZ HIDALGO N., 2008.** *Pistacia terebinthus* L. leaflets: an anatomical study. *Rev. Plant Syst. E*. 272, 107 – 118.
- ALVAREZ, R., ENCINA, A., & PEREZ HIDALGO, N., 2009.** Histological Aspects of Three *Pistacia Terebinthus* Galls Induced by Three Different Aphids: *Paracletus Cimiciformis*, *Forda Marginata* and *Forda Formicaria*. *Rev. Plant Science*, 17: 303 – 314.
- ALVAREZ N., 2011.** Initial Stages in the Formation of Galls Induced by *Geoica utricularia* in *Pistacia Terebinthus* Leaflets: Origin of the Two Vascular Bundles which characterize the Wall of the Galls. *American Journal of Plant Sciences*, 2: 175 – 179.
- ALVAREZ 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 *Fordinae*. *Arthropod-Plant Interact*. 6 (1):137–145
- ALVAREZ R., GONZALEZ-SIERRA S., CANDELAS A., & MARTINEZ ITZHAK J-J., 2013.** Histological study of galls induced by aphids on leaves of *Ulmus minor*:

- Tetraneura ulmi* induces globose galls and *Eriosoma ulmi* induces pseudogalls. *Arthropod-Plant Interactions*, 7(6): 643-650.
- AMAS. (1997).** *Food and Agricultural Research Council*, Réduit, Mauritius.
- ARDUIN M., & KRAUS J. E., 1995.** Anatomia e Ontogenia de Galhas Foliare de *Piptadenia Gonoacantha* (Fabales, Mimosaceae). *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 14: 109-130.
- AVANZATO D. & QUATRA R., 2004.** Monoecious *Pistacia terebinthus* found in Bulgaria. *Crop wild relative*. Vol. 2: 14 – 16 p.
- BAHORUN T., 1997.** Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne .une source d’approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research council Mauritias*. p83-94.
- 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. *Presse scientifique du CNRC Canada*, 86, 520-532.
- BENHASAINI H., 1998.** Importance Agro écologique et composition biochimique de quelques espèces du genre *Pistacia*. *Mem. Mag. En écologie appliquée. U.D.L. SBA*. 89P.
- BERENBAUM M.R., 1995.** The chemistry of defense: theory and practice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 92, 2-8.
- BLACKMAN R.L. & EASTOP V.F., 1994.** Aphids on the World’s trees: An identification and information guide. *CAB International*,
- BLACKMAN R. L. & EASTOP V. F., 2006.** Aphids on the world’s herbaceous plants and shrubs. 2 Vols. John Wiley & Sons Ltd., England. 1439 pp.
- BODENHEIMER F.S., 1935.** Animal life in Palestine. An introduction to the problems of animal ecology and zoogeography. *Ed. L. Mayer, Jerusalem*.
- BOUAKAZ, I., 2006.** Etude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*. Mémoire de magister, Batna.
- BRICHET M., 1931.** Compte rendu des journées de l’arbre fruitier. Alger : 735 p.
- BRODSKY L.M. & BARLOW C.A., 1985.** Escape responses of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae): influence of predator type and temperature. *Canadian Journal of Zoology*, 64, 937–939.
- BRUNETON J., 1993.** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 2ème Ed. Lavoisier, Paris.

- BURSTEIN M., WOOL D., 1992.** Great tits exploit aphid galls as a source of food, *Ornis Scand.* 23 (1) 107–109.
- BUGNICOURT F., Document généré le 30/03/2016.** Sur le déterminisme des galles. In: *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 19^e année, bulletin n°216, août 1939. pp. 569-575.
- COSTA M., DELGADO A.B. & MESA S., 2001.** La cornicabra: la corneta. *Ed. Exlibris.*
- COTTIER W., 1953.** Aphids of New Zealand. *Ed. N.Z. Department of Scientific & Industrial Research Bull:* 106 p.
- COURCHET L., 1878.** Etude sur le groupe des Aphides et en particulier sur les pucerons du Térébinthe et du Lentisque. *Ed. La Marge, Montpellier.*
- CRANE J.C., 1975.** The role of seed abortion and parthenocarpy in the production of blank pistachio nuts as affected by rootstock. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* Vol. 100: 267 – 70 p.
- CRESPI B. & WOROBEY M., 1998.** Comparative analysis of gall morphology in Australian gall thrips: the evolution of extended phenotypes. *Evolution*, 52:1686–1696.
- CORNELL N.W. & VEECH R.L. (1983)** *Anal. Biochem.* 132, 418-423
- DALE V.H., JOYCE L.A., MCNULTY S. & al., 2001.** Climate change and forest disturbances. *Bioscience*, 51, 723-734.
- DA ROCH J.C., GOMES, J.A.P., D'ELIA, E., CORROS., 2010.** *Sci.* (52) 2341–2348.
- DELPORTE. G., MASCOLO. N. & IZZO. A. A., (1999).** *Life. Scien.*, 65(4), 337-53.
- DIAS, G.G., FERREIRA, B.G., MOREIRA, G.R.P. et ISAIAS, R.M.S. 2013.** Contrasting developmental pathways for leaves and galls induced by a sap-feeding insect on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae). *An. Acad. Bras. Ciencias.* In press, 111-112.
- DIXON A.F.G., 1998.** *Aphid Ecology.* Chapman & Hall, London, UK.
- DIXON A. F. G., KINDLMANN P., LEPS J., HOLMAN J., 1987.** Why there are so few species of aphids, especially in the tropics. *The American Naturalist*, 129: 580-592.
- 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). *Rev. Can. J. Bot.*, 80: 1141 – 1150.
- EDDY, N.O., 2010.** *Pigm. Resin Technol.* 39, 348–354.
- ELLIS R.H., HONG T.D. & ROBERTS E.H., 1985.** Handbook of seed technology for genebanks: Compendium of specific germination information and test recommendations. *Rev. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.* Vol. 2: 405 p.

- ERLUND., 2004.** Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition Research* p 24, 851–74.
- FAHN A., 1974.** Anatomie Vegetale, H. Blume Ediciones, Madrid.
- FERERES A., KAMPMEIER G.E., & IRWIN M.E., 1999.** Aphid attraction and preference for soybean and pepper plants infected with Potyviridae. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92: 542-548.
- FERNANDES G.L., PRICE P.W. & WARRING G.W., 1987.** Adaptive nature of insect galls. *Rev. Env. Entomol.* Vol. 16: 15 – 24 p.
- FERNANDEZ A., CAMACHO A., FERNANDEZ C. & ALTAREJOS J., 2000.** Composition of the essential oils from galls and aerial parts of *Pistacia lentiscus* L. *Rev. J. Essent. Oil. Res.* Vol. 12: 19 – 23 p.
- FERNANDES G.W., DUARTE H. & LÜTTGE U., 2003.** Hypersensitivity of *Fagus sylvatica* L. against leaf galling insects. *Trees*, 17: 407–411.
- FORREST J.M.S., 1987.** Gallling aphids, 341-353. *In*: Minks, A. K., and P. Harrewijn., Aphids. Their biology, natural enemies and control. Elsevier, 2A .450.
- FOURNIER C., 1990.** Les quatre flores de France. *Ed. Le Chevalier, Paris*
- FOSTER W.A., 1990.** Experimental evidence for effective and altruistic colony defense against natural predators by soldiers of the gall-forming aphid *Pemphigus spyrothecae* (Hemiptera: Pemphigidae). *Rev. Behav. Ecol. Sociobiol.* Vol. 27 : 421 – 430 p.
- FONT QUER P., 1993.** Diccionario de Botánica.– Barcelona
- GERCHEVA P., ZHIVONDOV A., NACHEVA L. & AVANZATO D., 2008.** Transsexual forms of pistachio (*Pistacia terebinthus* L.) From bulgaria – biotechnological approaches for preservation, multiplication and inclusion in selection programs. *Rev. Bulgarian Journal of Agricultural Science.* Vol. 14: 449 – 453 p.
- GIROUSSE, C., 1996.** Composition biochimique de la sève phloémienne de la luzerne et performances du puceron du pois: effet d'un déficit hydrique. *Ed. I. INRA.*
- GRUNDWAG M., 1976.** Embryology and fruit development in four species of *Pistacia* L. (Anacardiaceae) *Rev. Bot. J. Linn. Soc.* Vol. 73: 355 – 70 p.
- GRUNDWAG, M. & FAHN, A.** The relation of embryology to the low seed set in *Pistacia vera* (Anacardiaceae). *Rev. Phytomorphology.* (1969). Vol. 19 : 225 – 35 p.
- GODFRAY H C.J., 1994.** Parasitoids: Behavioural and Evolutionary Ecology, Ed. by Krebs J.R. & Clutton-Brock T., Princeton University Press, Princeton, USA. 473 p.
- GUBB A.S., 1913.** La flore algérienne ; Naturelle et acquise, *Ed. Adolphe Jourdan Place du Gouvernement, Alger.:* 275 p.

- GUYOT M., 1992.** Systématique des Angiospermes. Lomé (Togo): Presses Editogo. *zoologie, Lusignan, France.* 75 – 77.
- HAENSCH K.T., 2007.** Influence of 2, 4-D and BAP on callus growth and the subsequent regeneration of somatic embryos in long-term cultures of *Pelargonium xdomesticus* cv. Madame Layal. *Electronic Journal of Biotechnology*, 1:1 – 9.
- HARBORNE J.B., 1993.** In *The flavonoids. Advances in Research since 1986.* Chapman and Hall, London, 121-129.
- HAVSTEEN B.H., 2002.** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeut.* p96, 67– 202.
- HEIE O.E., 1987.** Paleontology and phylogeny . In *Aphids: their biology, natural enemies, and control*, 2a:367-391. Elsevier. A. K. Minks & P. Harrewijn.
- HEIE O.E., 1994.** Why Are There so Few Aphid Species in the Temperate Areas of the Southern-Hemisphere. In *European Journal of Entomology*, 91:127-133.
- HERMS D.A. & MATTSON W.J., 1992.** The dilemma of plants: To grow or defend. - *Quart. Rev. Biol.* 67:283-335.
- HOCKING P.J., RANDALL P.J., & DEMARCO D., 1997.** The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. *Field Crops Research* 54:201-220.
- HOLMAN J. 2009.** Host Plant Catalog of Aphids Palaearctic region. *Ed. Springer Science and Business Media B.:* 1140 p.
- HOUARD C., 1903.** Recherches anatomiques sur les galles de tiges: Plucurocécidies. *Bull. Sei. France et Belg.*, 38, 140-419.
- HOUARD C., 1922.** Les zoocécidies des plantes d’Afrique, d’Asie et d’Océanie. Tome I, *Ed. Librairie scientifique Jules Hermann, Sorbonne, Paris:* 496 p.
- HULLE M., 1998.** Les pucerons des arbres fruitiers « cycle biologique et activités de vols ». *Ed. INRA, Paris :* 41 p.
- 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*. *Mol. Phylogen. Evol.*, 32:504–511.
- INBAR, M., IZHAKI, I., KOPLOVICH, A., LUPO, I., SILANIKOVE, N., GLASSER, T., GERCHMAN, Y., PEREVOLOTSKY, A. & LEV-YADUN, S., 2010.** Why do many galls have conspicuous colors? A new hypothesis. *Arthropod-Plant Interactions*, 4:1- 6.
- INGRID & PETER S. 1988.** Guide de la flore méditerranéenne. *Ed. 1. Stuttgart:* 314 p.

- ISAIAS R.M.S., SOARES G.J.G., CHRISTIANO J.C.S., & GONCALVES S.J.M.R., 2000.** Anaálise comparativa entre as defensas mecánicas equimicas de *Aspidosperma australe* Muell. Arg. E *Aspidosperma cylindrocarpon* Muell. Arg. (Apocynaceae) contra herbivoria. *Floresta Ambiente*, 7(1):19–30.
- JEAN J.M., ANNIE F., CHRYSTIAN J.L. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux, p203- 204.
- JORDANO P., 1989.** Pre-dispersal biology of *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae): cumulative effects on seed removal by birds. *Rev. Oikos*. Vol. 55: 375 – 86.
- KARAMAT F., OLRY A., DOERPER S., VIALART G., ULLMANN P., WERCK-REICHHART D., BOURGAUD F. & HEHN A., 2012.** A phenolic ester 3'-hydroxylase specialized in the synthesis of chlorogenic acid, as a new tool for enhancing the furanocoumarin concentration in *Ruta graveolens*. *Bmc Plant Biology*, 12. CYP98A22
- KEHR J., 2006.** Phloem sap proteins: their identities and potential roles in the interaction between plants and phloem-feeding insects. *J. Exp. Bot.* 57: 767-74.
- KHALIFI H., & SADKI N., 1994.** "Esquisse géobotanique des régions de Collo, Skikda, et Annaba (Nord-est algérien) ". Colloques Phytosociologiques XXIII. Bailleul, 615p.
- KOACH J. & WOOL D., 1977.** Geographic distribution and host specificity of gall-forming aphids (Homoptera, Fordinae) on *Pistacia* trees in Israel. *Rev. Marcellia*. Vol. 40: 207 – 216 p.
- KOKWARO J.O., 1986.** Anacardiaceae. In: Poihili, R. M. (Editor), 1986. *Flora of Tropical East Africa*. Rotterdam (Netherlands) : A. A. Balkema. 59 p.
- KOSSEL A., 1891.** – Über die Chemische Zusammensetzung der Zell. *Archiv für Physiologie*, 181–186.
- KRIEF S., 2003.** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32p.
- KRYN J.M., 1952.** The anatomy of the wood of the Anacardiaceae and its bearing on the phylogeny and relationships of the family. Ph. D. Thesis, University of Michigan.
- KUMPAWAT N., CHATURVEDI A. & UPADHYAY R.K., 2010.** A comparative study of corrosion inhibition efficiency of stem and leaves extract of *Ocimum sanctum* (Holy Basil) for mild steel in HCl solution. *Protect. Metals Phys. Chem. Surf.* 46267–270.
- LACROIX E., 2003.** Les anacardiés, Les noix de cajou et la filière anacarde à Bassila et au Bénin. *Projet de Restauration des Ressources Forestières de Bassila*: 75 p.

- LEE M.E., LIU Y.T. & WU T.K., 2012.** – Functional expression of the triterpenoid biosynthesis tailoring enzyme on enzymatic modification of sterol derivatives. *Febs J.*, **279**, 67-67.
- LECLANT F., 1978.** Etude bioécologique des aphides de la région méditerranéenne, *Université des Sciences et Techniques du Languedoc*: 183 p.
- LECLANT F., 2000.** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification: 3, 3: 128p.
- LEQUAY A., 2005.** La nature a horreur du vide (compte rendu de la sortie du 23 avril. *Rev. Bull. Soc. Mycol. Bot. Région Chambérienne*. Vol 11 : 7 – 10 p.
- LIEUTAGHI P., 2004.** Le livre des arbres, arbustes & arbrisseaux. *ED. Actes Sud.*: 1322 p.
- LIN T.S., CRANE J.C., RYUGO K., POLITO V.S. & DJONG T.M., 1984.** Comparative study of leaf morphology, photosynthesis and leaf conductance in selected *Pistacia* species. *Rev. J. Am. Soc. Hort. Sci.* Vol. 109: 325 – 330 p.
- MABBERLEY D.J., 1987** : "The Plant Book (A portable dictionary of the higher plants) ". Cambridge: University Press.
- MAGGS P.H., 1977.** Pollen dispersal of *Pistacia vera*. *Rev. CSIRO Div. Hort. Research. Australia.*: 11 – 15 p.
- MANGOLD J.R. 1978.** Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella* sp and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket. *Florida Entomol.* 61, 57-61.
- MANI M.S., 1964.** Ecology of Plant Galls. Dr. Junk Publisher, The Hague.
- MARTINEZ J.J.I., 2008.** Impact of a gall-inducing aphid on *Pistacia atlantica* Desf. Trees Article (PDF Available) in Arthropod-Plant Interactions 2(3):147-151 · September with 162 Reads DOI: 10.1007/s11829-008-9042-7
- METCALFE C.R. & CHALK, L., 1985.** Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction, *ed. 2. Clarendon-Press, Oxford.*
- METCALF C.L. ET W.P. FLINT., 1962.** *Destructive and Useful Insects Their Habits and Control.* p.646-647. 4e édition. Révisé par: R. L. Metcalf. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, San Francisco, Toronto, London.
- MEYER J., 1965.** Sur la valeur morphologique et le développement des émergences de la galle de *Rhizodite.~ mayri* Schl. *Marce/lia*, 32, 217-236.
- MEYER J. & MARESQUELLE H.J., 1983.** Anatomie des galles, Vol. XIII. *Handbuch der Pflanzenanatomie* , Gebrüder Borntraeger, Stuttgart, Germany, 662 pp.
- MILES P.W., 1989.** The responses of plants to the feeding of *Aphidoidea*: principles. In: **MINKS A.K. & HARREWIJN P.,** *Aphids, their biology, natural enemies and control.* Amsterdam (The Netherlands): Elsevier.

- MILES P.W., 1999.** *Aphid saliva*. Biol. Rev. 74:41-85.
- MIRCEA B., 2007.** Études sur la résistance d'accessions de solanum sauvages envers le puceron de la pomme de terre *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) et le puceron vert du pêcher *Myzus persicae* (Sulzer) (Aphidae). Chapitre1, Université du québec à montréal.40p.
- MONGE J.P., CORTESERO A.M., 1996.** Tritrophic interactions among larval parasitoids, bruchids and legumineusae seeds; influence of pre-and post-emergence learning on parasitoids response to host and host-plant cues. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 80:293–296.
- NABIAS B., 1886.** Les galles et leurs habitants. Ed. Octave Doin.Paris. 141p
- NIEVES-ALDREY J.L., 1998.** Insectos que inducen la formació n de agallas en las plantas: una fascinante interaccio n ecoló gica y evolutiva, Boletín SEA 23 3–12.
- NKHILI E.Z., 2009.** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de Doctorat en Sciences des Aliments. Université Cadi Ayyad, Marrakech. Maroc. 327 p.
- NYMAN T., WIDMER A. & ROININEN H., 2000.** Evolution of gall morphology and host-plant relationships in willow-feeding sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Rev. Evolution*. Vol. 54: 526 – 533 p.
- ÖZEKER E., & MISIRLI A., 2001.** Research on leaf properties and stomata distribution of some Pistacia spp. *Department of orticulture, faculty of agriculture, Ege University, Bornova_zmir, Turkey*. 237 – 241.
- OZENDA P., 1991.** Flore du Sahara. Ed. CNRS.: 625 p.
- PARFITT D.E. & BADENES M.L., 1997.** Phylogeny of the genus Pistacia as determined from analysis of the chloroplast genome. *Rev. Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* Vol. 94: 7987 –7992 p.
- PASSERA L. & ARON S. (2005).** Les fourmis : comportement, organisation sociale et évolution. (Ottawa : Conseil national de recherche Canada).
- PELL S.K., 2004.** Molecular systematics of the cashew family (Anacardiaceae). Thèse de Doctorat. St Andrews Presbyterian College, 207p.
- PESSON P. & LOUVEAUX J., 1984.** Pollinisation et productions végétales. Ed. INRA, Paris.: 179 p.
- PFEIFFER P. & HEGEDUS A., 2011.** Review of the molecular genetics of flavonoid biosynthesis in fruits. *Acta Aliment. Hung.*, 40: 150–163.

- PIERRE ANTOINE J.P. & PYRAMUS A., 1805.** La flore française : description succinctes de toutes les plantes qui croissent naturellement en France. Tome 4. *Ed. H. Agasse, Paris.* 400 p.
- POWELL G, TOSH CR & HARDIE J., 2006.** Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives. *Annual Review of Entomology* 51: 309–330.
- PRICE P.W., FERNANDES G.W., WARRING G.L., 1987.** Adaptive nature of insect galls, *Env. Entomol.* 16 : 15–24.
- QUÉZEL P., 1979.** La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. *Forêts méditerranéennes*, I, 1, 718.
- QUEZEL P. & SANTA S., 1962.** Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales, Tome I, Centre Nationale de la Recherche Scientifique, 611 p.
- QUEZEL P. & SANTA S., 1963.** Nouvelles flores de l'Algérie et des régions méridionales. Tome II. *Ed. CNRS, Paris.:* 605 p.
- REMAUDIERE G. & REMAUDIERE M., 1997.** Catalogue of the World's Aphididae. Paris, INRA, 473p.
- RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G., & GAUBERVILLE C., 2009.** flore forestière française guide écologique illustré. 3 régions méditerranéennes. *Institut pour le développement forestier - CNPPF.*
- RAVEN P.H., EVERT F.E., EICHHORN S.E., 2000.** Biologie végétale. 6eme Ed. De boeck. Paris, bruxcelles. 39p.
- RAVEN P.H., JOHNSON G.B., LOSOS J.B. & SINGER S.S., 2007.** Biologie. *Ed. De Boek Bruxelles.:* 1316 p.
- REMAUDIERE G. & AUTRIQUE A.** Avec la collaboration de **EASTOP V.F., STARY P., AYMONIN G., KAFURERA J. & DEDONDER R., 1985.** Contribution à l'écologie des aphides africains. *Et. FAO, production végétale et protection des plantes 64, Italie.:* 214 p.
- ROHFRITSCH O. & SHORTHOUSE J.D., 1992.** Biology of Insect-induced Galls. *Oxford University Press, New York.:* 3 – 7 p.
- ROLAND J.C., ROLAND F., EL MAAROUF-BOUTEAU H., & BOUTEAU F., 2008.** ATLAS Biologie Végétale. Organisation des plantes à fleurs. Tome 2. *Ed. 9. Dunod, Paris.* 141.
- ROTHERAY G.E., 1989.** Aphid predators. *Naturalists Handbooks* 11. *Ed. The Richmond Publishing Co. Ltd, Slough.:* 77 p.

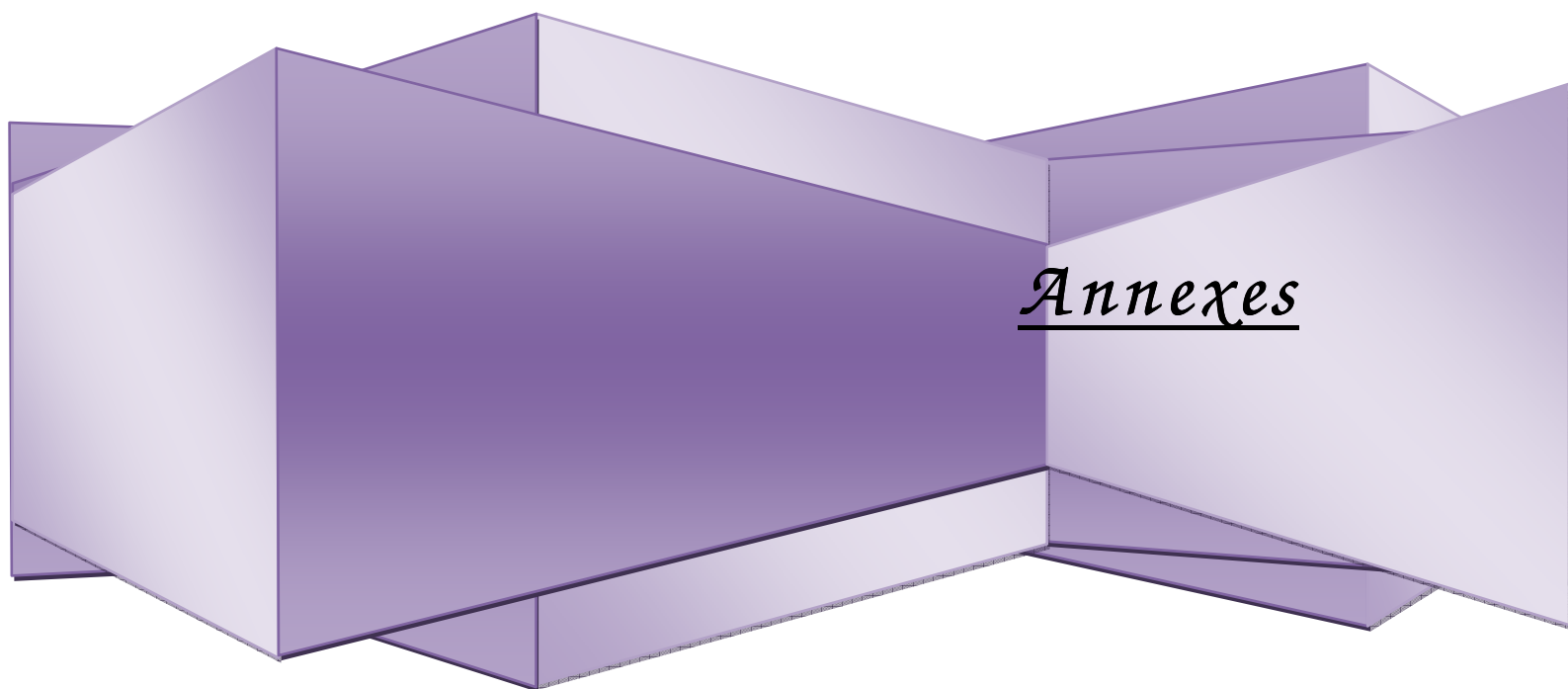
- SAUVION N., CALATAYUD P.A., THIERY D. & MARION-POLL F., 2013.** Interactions insectes-plantes. Ed Quae, Versailles. France. 749p.
- SCALBERT A., MANACH C., MORAND C., REMESY C., 2005.** Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. p45, 287–306.
- SCHOONHOVEN C., 1981.** Problems with contingency theory: testing assumption hidden within the language of contingency “theory”. *Administration science quarterly* 26:349-377.
- SEIGUE A., 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. *Techniques agricoles et productions méditerranéennes. Ed. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris.* 502 p.
- SPICHTER R.E., SAVOLAINEN V., FIGIAT M., JEAN-MONOD D.B., 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. Ed. 3. *Presse polytechnique et universitaire romande. Lossane.*: 413 p.
- STEM D.L., 1995.** Phylogenetic evidence that aphids, rather than plants, determine gall morphology. *Proceedings of the Royal Society of London. Biological Sciences.* Vol. 260: 85 – 89 p.
- SIMPSON M.G., 2006.** *Plant Systematic, Elsevier Academic Press, Oxford.*
- STOCKER O., 1961.** Les effets morphologiques et physiologiques du manque d’eau sur les plantes, In «Echanges hydriques des plantes en milieu aride et semi-aride. Compte rendu de recherches». *UNESCO.* 69–113.
- STONE G.N. & SCHÖNRÖGGE K., 2003.** The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends. Ecol. Evol.*, 18: 512–522
- TANAKA N.K., TANIMOTO H. & ITO K., 2008.** Neuronal assemblies of the *Drosophila* mushroom body. *J. Comp. Neurol.* 508(5): 711-755. Pub Med ([Export to RIS](#)).
- TSCHARNTKE T., 1989.** Changes in shoot growth of *Phragmites australis* caused by the gall maker *Giraudiella inclusa* (Diptera: Cecidomyiidae). *Oikos* 54: 370-377.
- TERRAZAS S.T., 1994.** Wood anatomy of the Anacardiaceae ecological and phylogenetic interpretation. Ph. D. Thesis, University of North Carolina. Colline De Chapelle.
- TJALLINGH, W. F. & HOGEN-ESCH, T., 1993.** Fine Structure of Aphid Stylet Routes in Plant Tissues in Correlation with EPG Signals. *Physiological Entomology*, 18(3): 317-328.
- TRAVESET A., 1993.** Weak interactions between avian and insect frugivores: the case of *Pistacia terebinthus* L. (Anacardiaceae). *Rev. Vegetatio*.

- TRAVERSE A., 1994.** Influence of type of avian frugivory on the fitness of *Pistacia terebinthus* L. *Rev. Evolutionary Ecology*, 8: 618 – 627.
- TSAKALDIMI M. & GANATSAS P., 2001.** Treatments improving seeds germination of two mediterranean sclerophyll species *Ceratonia siliqua* and *Pistacia lentiscus*. *Proc. of the third Balkan Scientific Conference on Study, Rev. Conservation and Utilization of Forest Resources. Sofia, Bulgaria.*: 119 – 127 p.
- TURLINGS T.C.G., ALBORN H.T., LOUGHRIN J.H. & TUMLINSON J.H., 2000.** Volicitin an elicitor of maize volatile in oral secretion of *Spodoptera exigua*: Isolation and bioactivity. *Journal of Chemical Ecology*, 26, 189-202.
- VAN EMDEN H.F., EASTOP V.F., HUGHES R.S. & WAY M.J., 1969.** *The ecology of Myzus persicae*. *Ann. Rev. Entomol.* 14:1113-1119.
- VET L.E.M., DICKE M., 1992.** Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.* 37, 141-172.
- WAGNER M.R., RAFFA K.F., 1993.** Sawfly life history adaptations to woody plants. *Academic Press, San Diego.*: 229 – 257 p.
- WATSON L. & DALLWITZ M.J., 2008.** The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval.
- WENG J.K., CHAPPLE C., 2010.** The origin and evolution of lignin biosynthesis. *New Phytologist* 187:273-285.
- WOOL D., & MANHEIM O., 1986.** Population ecology of the gall-forming aphid, *Aploneura lentisci* (PASS.) in ISRAEL. *Res. Popul. Ecol.*, 28: 151-162.
- WOOL D., & BAR-EL N., 1995.** Population Ecology of the Galling Aphid *Forda Formicaria* von Heyden in Israel: Abundance, Demography, and Gall Structure. *Israel Journal of Zoology*, 41: 175-192.
- WOOL D., ALONI R., BEN-ZVI O. & WOLLBERG M., 1999.** A galling aphid furnishes its home with a built-in pipeline to the host food supply. *Rev. Entomol. Exp. Appl.*, 91: 183 – 186.
- WOOL D., 2005.** Gall-inducing aphids: biology, ecology, and evolution, in: Raman, A., Schaefer, C.W. and Withers, T.M. (Eds.). *Biology, Ecology, and Evolution of Gall-inducing Arthropods*, Science Publishers, New Hampshire.
- YOUNG J.A. & YOUNG C.H.G., 1992.** Seeds of woody plants in North America. *Dioscorides Press, Portland, Oregon.*: 407 p.

YU S.J., HSU E.L., 1993. Induction of detoxification enzymes in phytophagous insects : roles of insecticide synergists, larval age and species. Arch. Ins. Biochem. Physiol. 24, 21-32.

Biblio. Net

- 1. Web master 1 :** <http://www.bonsai-ka.com>
- 2. Web master 2 :** <http://www.greffer.net>
- 3. Web master 3 :** www.maison-nature-sundgau.org
- 4. Web master 4 :** <http://www.aegaweb.com>
- 5. Web master 5 :** <http://aramel.free.fr/INSECTES10bisbis.shtml>
- 6. Web master 6 :** <http://www.bladmineerders.nl>
- 7. Web master 7 :** <http://www.biodiversidadvirtual.org/>
- 8. Web master 8 :** <http://www.gbif.org/>



Annexes

ANNEXE

ANNEXE 1 : Répartition des galles par pied, date, feuilles et folioles

On note :

FF	Forda formicaria
FM	Forda marginata
GU	Geoica utricularia
PC	Paracletus cimiciformis
BP	Baizongia pistaciae

Date

02/05/2014 1

14/06/2014 2

26/07/2014 3

23/09/2014 4

Pied		1									
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle
1	1					6	1				FM
	2						2				FM
	3						3			FM	
	4						4				
	5		FM	PC	GU		5				FM
	6						6				
	7						7				FM
	8						8				
	9						9				
2	1					7	1				
	2				GU		2				
	3	PC					3		GU		
	4		GU				4			GU	
	5						5		GU		GU
	6						6				
	7						7				PC
	8						8				
	9		PC				9				
3	1					8	1		GU		
	2						2			GU	
	3						3				
	4						4				GU
	5						5				
	6						6				
	7			GU	GU		7				
	8						8				
	9						9				
4	1				GU	9	1				
	2						2				
	3						3				
	4						4		GU	GU	
	5			PC			5				GU
	6				PC		6				
	7						7				
	8		GU				8				
	9						9				
5	1					10	1				
	2						2				
	3						3				
	4			GU	PC		4			GU	GU
	5		GU				5				
	6						6		GU		
	7						7				
	8						8				
	9		FM				9				
											BP

ANNEXE

Pied		2										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1				GU	6	1					
	2	GU	GU				2					GU
	3						3				GU	
	4						4		FM			
	5			PC			5					
	6						6					
	7						7		FM	GU		
	8						8					
	9						9					
2	1			GU		7	1			GU		
	2						2					GU
	3						3		FM			
	4		GU				4					
	5				GU		5					
	6						6					
	7						7					
	8						8					
	9						9					
3	1	GU	FM			8	1					
	2		FM				2		GU			GU
	3						3				GU	GU
	4		FM				4					
	5		FM				5					
	6			GU			6					
	7						7					
	8				GU		8					
	9						9					
4	1		FM			9	1		FM	PC		
	2				GU		2					
	3						3				GU	
	4						4		FM			
	5						5					
	6			GU			6					
	7						7					GU
	8						8					
	9						9					
5	1		GU			10	1		GU			
	2						2		GU			
	3			PC	FM		3				GU	GU
	4		GU				4				GU	
	5				FM		5					
	6						6					
	7						7			GU		
	8						8					
	9						9					
										BP	BP	
										BP		
										BP		

ANNEXE

Pied		3									
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle
1	1				GU	6	1				
	2						2				
	3		FM				3		FM		
	4						4			GU	
	5						5				
	6				GU		6				
	7						7				GU
	8						8				
	9						9				
2	1				GU	7	1				
	2						2				
	3			FM			3				
	4						4		GU		
	5						5			GU	
	6		PC		GU		6				
	7						7				GU
	8						8				
	9						9				
3	1				GU	8	1				
	2		FM				2		FM		
	3						3			FM	GU
	4						4			FM	
	5						5				
	6						6				
	7						7				
	8						8				
	9				GU		9				
4	1				GU	9	1				
	2						2				
	3		FM				3			FM	GU
	4						4				GU
	5						5			FM	
	6						6		GU		
	7				GU		7				
	8						8				
	9						9				
5	1			FM		10	1				
	2						2				
	3			GU			GU		FM		
	4				GU		4				
	5						5		GU		GU
	6						6		GU		
	7						7				
	8						8				
	9						9				
										BP	BP
										BP	BP
										BP	BP
										BP	
										BP	
										BP	
										BP	

ANNEXE

Pied		4										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1			PC	GU	6	1			GU		
	2						2				GU	
	3						3	GU				
	4						4		FM			
	5		GU				5		FM		GU	
	6	GU					6	GU				
	7						7	GU				
	8						8					
	9						9					
2	1	GU			GU	7	1					
	2						2		GU		GU	
	3		FM				3	GU			GU	
	4						4	GU		GU		
	5						5					
	6			GU			6		GU			
	7						7	PC				
	8						8					
	9						9					
3	1		GU	GU	GU	8	1			GU		
	2				GU		2		FM			
	3						3	PC				
	4	GU	GU				4				GU	
	5	GU	GU				5	GU				
	6						6				PC	
	7						7					
	8						8					
	9		GU				9					
4	1					9	1					
	2	GU		GU	GU		2		GU	GU		
	3	GU	GU				3					
	4			GU			4					
	5						5				GU	
	6	GU					6	PC				
	7						7					
	8						8					
	9						9					
5	1		FM		GU	10	1	PC				
	2			GU	GU		2				GU	
	3	GU					3		FM		GU	
	4	GU					4				GU	
	5						5			GU		
	6						6			PC		
	7	PC					7					
	8						8					
	9						9					
								BP				
								BP				
								BP				
								BP				
								BP				

ANNEXE

Pied		5										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliote	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliote	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1					6	1		PC			
	2	GU					2					
	3						3					
	4	GU					4		PC			GU
	5		PC				5					
	6			PC			6					
	7						7			GU	PC	
	8						8					GU
	9				GU		9					
2	1					7	1			PC		
	2						2	GU				
	3	PC	GU		GU		3			PC	GU	
	4						4					
	5			GU			5					
	6						6				PC	
	7						7					
	8						8			GU		
	9						9					
3	1		PC	PC		8	1					
	2				GU		2		GU		GU	
	3			GU	PC		3				GU	
	4	GU					4	GU				
	5						5					
	6						6					
	7						7					
	8						8					
	9						9					
4	1		GU			9	1			GU		
	2			FF			2					GU
	3						3					
	4	GU					4					
	5	GU					5	GU				
	6						6					
	7				GU		7	GU				
	8						8			GU		
	9						9					
5	1		GU			10	1		GU			
	2	FM					2					GU
	3	PC					3				GU	
	4	FM					4					PC
	5			PC	GU		5	GU	GU			
	6			GU			6		GU			
	7						7					
	8						8					
	9						9	PC				
										BP	BP	
											BP	

ANNEXE

Pied		6										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1					6	1		GU		GU	
	2						2					GU
	3						3					
	4	PC	GU		PC		4			GU	GU	GU
	5	PC					5		GU			
	6						6					
	7	PC		FF			7					
	8						8					
	9						9	GU				
2	1		FM	GU		7	1	GU	FM			
	2						2		FM	FM	PC	
	3						3					GU
	4				GU		4	GU				
	5	GU					5					
	6	PC					6					
	7						7					
	8						8					
	9	PC					9					
3	1				GU	8	1	GU	FM			
	2	GU					2	PC	FM			
	3				GU		3		FM			
	4	GU	FM				4	PC				
	5	GU		PC			4	GU				
	6	PC					5				GU	
	7	GU					6	PC				GU
	8						7	PC				
	9						8				GU	
4	1			PC		9	1		FM			
	2		GU				2			GU		
	3				GU		3		FM			
	4	PC	GU				4	PC				GU
	5	GU		GU	GU		5					
	6	PC	GU				6					
	7	GU					7					
	8	PC					8					
	9	GU					9	PC				
5	1		GU			10	1				GU	
	2						2	PC	PC			GU
	3			PC			3			GU		
	4		PC		GU		4	GU		PC		
	5	PC					5	PC				
	6	PC					6					GU
	7						7					
	8			GU			8	GU				
	9						9					
									BP		BP	
									BP	BP	BP	
									BP	BP	BP	
									BP	BP	BP	

ANNEXE

Pied		7										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1		GU	GU		6	1					
	2						2					
	3						3					GU
	4						4				GU	
	5	GU		GU			5	GU	GU			
	6						6					
	7						7					
	8						8		GU			
	9						9		GU			
2	1		GU			7	1					
	2						2		GU	GU		
	3	GU					3					
	4						4	GU				
	5			GU			5	GU	GU			
	6			PC			6					
	7				GU		7					
	8						8				GU	
	9						9					
3	1					8	1	GU	GU	GU		
	2						2				GU	
	3	GU	GU	GU	GU		3				GU	
	4	GU					4	GU				
	5	PC					5	GU				
	6						6	PC				
	7			GU			7					
	8	GU					8					
	9						9					
4	1				PC	9	1	GU		GU	GU	
	2				GU		2					
	3			GU			3					
	4	GU					4					
	5		GU				5					
	6						6					
	7						7					
	8						8		GU			
	9	GU					9					
5	1				GU	10	1		GU	GU		
	2						2	GU				
	3		GU				3					
	4			GU			4					
	5						5		GU		GU	
	6						6	GU				
	7	PC					7					
	8						8					
	9						9					
									BP	BP	BP	
									BP	BP	BP	
									BP	BP	BP	
									BP	BP	BP	
										BP	BP	
											BP	
											BP	

ANNEXE

Pied		9										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1					6	1			GU		
	2		GU		PC		2					GU
	3	PC					3					
	4						4		GU			
	5			GU			5	PC	PC			
	6						6					
	7						7				GU	
	8						8					
	9						9					
2	1				GU	7	1			GU		
	2						2					
	3			PC			3					GU
	4	GU					4			GU		
	5						5		GU		GU	
	6						6	PC				
	7	PC	PC				7					PC
	8		GU				8					
	9						9					
3	1		GU			8	1		GU			
	2				GU		2				PC	
	3						3					
	4	PC					4					GU
	5						5			GU		
	6			PC			6	GU				
	7						7		GU			
	8						8					
	9						9					
4	1					9	1					
	2				GU		2	GU	GU			
	3	PC			GU		3					
	4						4					
	5						5					
	6		GU				6			GU		
	7						7				GU	
	8				GU		8					
	9						9					
5	1					10	1					
	2		GU				2				GU	
	3				GU		3	GU			GU	
	4	PC					4					
	5			PC			5					
	6				GU		6		GU			
	7						7					
	8						8					
	9						9					
								BP	BP	BP		
								BP	BP	BP		
									BP	BP		
										BP		
											BP	

ANNEXE

Pied		10										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1	GU				6	1	GU	GU	PC		
	2						2					
	3	PC	FM				3					
	4						4					GU
	5			GU			5	GU				
	6			GU			6					
	7						7					
	8				GU		8					
	9						9					
2	1					7	1		GU	PC		
	2		PC		GU		2					
	3						3					
	4			GU			4					
	5	PC					5	PC				
	6						6	PC				
	7			FM			7					GU
	8						8					
	9						9					
3	1					8	1				GU	
	2						2					
	3						3					
	4				GU		4			FM		
	5		GU				5		FM			
	6				GU		6	PC				
	7	PC					7		FM	GU		
	8						8					
	9	GU					9					
4	1	GU				9	1		GU			
	2	GU					2		PC		GU	
	3	GU					3		GU			
	4		GU				4	FM				
	5				GU		5	FM		FM		
	6						6		GU			
	7			GU			7	PC	GU			
	8						8					
	9				GU		9					
5	1		FM	GU		10	1					
	2						2		GU	GU	GU	
	3						3		GU			
	4						4		GU			
	5	GU			GU		5	PC	GU			
	6						6					
	7						7					
	8						8					
	9						9					

ANNEXE

Pied		11										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1			GU		6	1					
	2	GU			GU		2					
	3		FM				3					
	4	GU					4			GU		
	5						5		GU		GU	
	6	GU					6				GU	
	7						7					
	8						8		GU			
	9						9					
2	1					7	1					
	2						2					
	3	GU					3		FM			
	4		GU				4			GU	GU	
	5				GU		5		FM			
	6						6					
	7						7					
	8						8					
	9		GU				9					
3	1					8	1					
	2						2		GU			
	3						3					
	4				GU		4		GU			
	5		FM				5			GU		
	6	GU	FM	GU			6				GU	
	7						7					
	8						8					
	9						9					
4	1		GU			9	1					
	2			GU			2					
	3				GU		3					
	4						4	GU				
	5						5			GU		
	6						6		GU			
	7						7					
	8						8					
	9						9					GU
5	1					10	1		GU	GU	GU	
	2	PC					2		GU			
	3						3					
	4			GU			4					
	5		GU				5					
	6						6					
	7						7					
	8				GU		8					
	9						9					

ANNEXE

Pied		12									
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle
1	1		PC			6	1			GU	
	2			FM	GU		2	GU	FM		
	3	GU					3				GU
	4						4				
	5						5				
	6						6				
	7						7				
	8						8				
	9						9				
2	1					7	1	GU			
	2	PC					2				
	3	GU	GU				3	GU			
	4						4	GU		GU	GU
	5			GU	GU		5	GU	PC		
	6						6			GU	
	7						7		PC		
	8						8				
	9						9				
3	1			GU	GU	8	1		FM	FM	
	2						2				GU
	3						3	GU			
	4			FM			4				
	5	GU					5				
	6	GU					6				
	7						7				
	8						8				
	9						9				
4	1					9	1		FM		GU
	2				GU		2				GU
	3	PC	PC				3		FM		
	4						4				GU
	5			GU			5				GU
	6						6			GU	
	7						7	GU			
	8						8				
	9						9				
5	1					10	1				
	2	GU					2		PC	GU	GU
	3						3				
	4		PC	GU			4	GU	GU		
	5						5				PC
	6						6			GU	
	7				GU		7		GU		
	8						8				
	9						9				
									BP	BP	BP
											BP
											BP
											BP

ANNEXE

Pied		14										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1					6	1			GU		
	2	GU	PC	GU	GU		2	GU				
	3			PC			3					GU
	4						4	GU		GU		
	5						5					
	6	GU					6					
	7						7		GU			
	8						8					
	9						9					
2	1	GU		GU	GU	7	1	GU				
	2	GU			GU		2			GU		
	3	GU	GU				3		GU		GU	
	4	GU					4	GU				
	5	GU					5			GU		
	6						6	GU				
	7						7					
	8						8					
	9						9					GU
3	1	GU		GU		8	1	GU				
	2	GU			GU		2	GU				
	3	GU	PC	GU			3	GU				
	4						4	GU		GU		
	5	GU		GU			5		GU	GU	GU	
	6						6					
	7						7					
	8						8					
	9						9			GU		
4	1	GU		GU	GU	9	1		GU	GU		
	2	GU					2	GU	GU		GU	
	3	GU	GU		GU		3			GU		
	4						4		GU			
	5						5					
	6						6		GU			
	7						7					
	8						8					
	9						9					
5	1	GU	GU	GU		10	1		GU		GU	
	2		GU		GU		2		GU			
	3						3					GU
	4						4	GU	GU	GU		
	5						5			GU		
	6						6					
	7						7					
	8						8			GU		
	9						9					
										BP	BP	
										BP	BP	
											BP	

ANNEXE

Pied		15										
Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	Date		02/05/14	14/06/14	26/07/14	23/09/14	
N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	N° de feuille	N° de Foliole	Galle	Galle	Galle	Galle	
1	1				FF	6	1		FF			
	2		FF				2		FF			
	3						3		FF			
	4	GU					4				FF	GU
	5	FM		PC			5					
	6	FM					6					
	7						7	GU				
	8						8					
	9						9					
2	1					7	1				GU	
	2	GU	FF				2		GU			
	3		GU				3					
	4	GU	PC	GU			4	GU	GU	PC		
	5		PC		PC		5		GU			
	6				PC		6					
	7						7		GU			
	8						8		GU			
	9						9					
3	1		GU		GU	8	1				GU	
	2						2	FM	FF	GU		
	3				GU		GU	3	GU	FF		
	4	PC	GU				4		FF			
	4	GU					5					
	5		GU				6	GU		GU		
	6						7					
	7	GU					8					
	9						9					
4	1					9	1			FF		
	2		FF		GU		2			GU		
	3			GU			3	GU				
	4						4	GU				GU
	5	GU					5	FM	GU		PC	
	6						6		GU			
	7			FF			7		GU			
	8				FF		8					
	9				FF		9					
5	1				GU	10	1					
	2	GU		PC			2					
	3		GU				3			GU	GU	
	4	GU					4				GU	
	5						5	GU	FF			
	6	GU					6					
	7	GU					7	FM				
	8						8			FF		
	9						9			FF		

ANNEXE

ANNEXE 2 : Répartition des folioles sur les feuilles prélevées

Pied 1	Date	1	2	3	4	Pied 2	Date	1	2	3	4	Pied 3	Date	1	2	3	4
	Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles			
	1	9	5	7	7		1	9	5	5	9		1	7	3	7	7
	2	7	9	7	9		2	7	9	7	5		2	7	9	5	7
	3	7	3	9	9		3	9	3	7	9		3	7	7	9	5
	4	7	9	5	9		4	7	3	9	9		4	9	3	7	7
	5	9	7	9	7		5	5	7	5	7		5	7	7	5	7
	6	9	5	7	5		6	9	7	9	7		6	5	7	5	7
	7	9	9	9	7		7	5	3	7	5		7	5	9	9	7
	8	5	7	7	7		8	7	9	7	5		8	7	7	7	7
	9	9	7	9	9		9	5	5	5	9		9	7	7	7	7
	10	9	9	7	7		10	7	7	7	7		10	7	9	5	7
	Total	80	70	76	76		Total	70	58	68	72		Total	68	68	66	68

Pied 4	Date	1	2	3	4	Pied 5	Date	1	2	3	4	Pied 6	Date	1	2	3	4
	Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles			
	1	9	9	5	7		1	7	7	7	9		1	9	9	7	7
	2	7	5	9	5		2	3	9	9	7		2	9	7	5	7
	3	9	9	7	7		3	7	3	7	7		3	9	7	7	7
	4	8	7	7	7		4	9	7	7	7		4	9	7	7	9
	5	9	5	5	9		5	5	5	9	9		5	7	7	9	9
	6	9	7	9	7		6	5	9	9	7		6	9	7	9	7
	7	9	9	9	9		7	7	9	9	7		7	9	3	5	7
	8	7	5	7	9		8	9	5	7	7		8	7	3	7	9
	9	9	7	7	9		9	9	9	9	7		9	9	3	9	7
	10	7	7	9	7		10	9	9	7	7		10	9	3	9	7
	Total	83	70	74	76		Total	70	72	80	74		Total	86	56	74	76

Pied 7	Date	1	2	3	4	Pied 8	Date	1	2	3	4	Pied 9	Date	1	2	3	4
	Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles			
	1	7	7	9	7		1	9	7	5	7		1	5	7	7	7
	2	7	7	7	9		2	7	9	9	9		2	7	9	3	7
	3	9	9	9	9		3	7	9	7	7		3	5	9	7	7
	4	9	9	9	9		4	7	7	3	9		4	3	7	5	9
	5	7	9	9	7		5	7	7	3	7		5	5	7	5	7
	6	7	9	9	7		6	9	5	5	9		6	5	5	7	7
	7	7	7	7	9		7	9	7	5	9		7	7	7	5	7
	8	9	5	7	7		8	7	9	7	9		8	7	7	7	5
	9	7	9	7	5		9	7	7	9	9		9	7	7	7	7
	10	7	9	7	7		10	9	7	5	9		10	7	7	7	5
	Total	76	80	80	76		Total	78	74	58	84		Total	58	72	60	68

Pied 10	Date	1	2	3	4	Pied 11	Date	1	2	3	4	Pied 12	Date	1	2	3	4
	Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles			
	1	3	3	7	9		1	7	3	7	7		1	5	3	3	7
	2	9	7	7	5		2	7	9	7	7		2	7	7	7	7
	3	9	9	5	7		3	7	7	9	9		3	7	6	7	7
	4	3	7	9	9		4	9	7	7	7		4	5	5	7	7
	5	7	3	3	7		5	9	9	9	9		5	7	7	7	7
	6	7	5	3	9		6	9	5	9	7		6	7	3	7	7
	7	7	7	7	7		7	9	7	9	9		7	7	7	7	7
	8	7	7	7	5		8	9	9	9	9		8	7	5	3	7
	9	7	7	9	5		9	7	9	9	9		9	7	3	7	5
	10	7	7	7	7		10	9	3	5	5		10	7	7	7	5
	Total	66	62	64	70		Total	82	68	80	78		Total	66	53	62	66

ANNEXE

Pied 13	Date	1	2	3	4	Pied 14	Date	1	2	3	4	Pied 15	Date	1	2	3	4
	Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles					Feuille	Nombre de folioles			
	1	9	9	9	9		9	1	9	5	5		7	1	7	7	7
2	9	3	9	9	9	2	9	5	9	5	2	9	7	9	9		
3	9	9	9	9	9	3	7	5	7	7	3	9	7	7	9		
4	5	3	5	9		4	7	5	5	7	4	9	7	9	9		
5	9	9	7	9		5	9	5	7	9	5	7	7	5	7		
6	9	9	7	9		6	7	7	9	7	6	9	7	9	7		
7	9	9	9	3		7	9	7	7	9	7	9	9	7	7		
8	9	9	9	9		8	7	9	9	9	8	7	7	9	7		
9	9	9	9	5		9	5	7	9	7	9	7	9	7	9		
10	9	9	9	9		10	9	9	9	7	10	7	7	9	9		
Total	86	78	82	80		Total	78	64	76	74	Total	80	74	78	82		

ANNEXE

ANNEXE 3 : Répartition des folioles sur les feuilles prélevées

Tableau: Tableau récapitulatif des réparations des galles par pieds et par dates :

Date	1					2					3					4				
Pied	FF	GU	FM	PC	BP	FF	GU	FM	PC	BP	FF	GU	FM	PC	BP	FF	GU	FM	PC	BP
1				1			8	2	1			7	3	2			8	2	2	1
2		2					7	10				11		3	3		10	2	3	1
3							6	5	1			5	7		7		12			3
4		15		5			9	6		5		10		2			15		2	
5		10	2	4			10		3		1	7		7	1		10		7	5
6		16		19			7	9	3	4	1	10	1	3	3		13		3	4
7		16		3			15			4		11		1	5		11		1	7
8		3		11			9	5	2	4		4	8	2	5		7		2	7
9		4		8			11		1	2		11		3	3		9		3	5
10		8	2	8			13	4	2			7	2	2			11		2	
11		6		1			10	5				12					10			
12		13		2			3	5		1		10	2		1		13			4
13		11					17	2		7		12			5		12			1
14		26					15		1			18		1	2		14		1	
15		17	5			8	13		3		7	7		3		7	9		3	
Total	0	147	9	62	0	8	153	53	17	27	9	142	23	29	35	7	164	4	29	38
Moyenne	0	10	1	4	0	1	10	4	1	2	1	9	2	2	2	0	11	0	2	3

Tableau : tableau récapitulatif d'occupation des galles par pied par rapport aux folioles prélevées

Pied	Nombre total folioles et taux (1)		Nombre folioles non occupées et taux par rapport à (1)		Nombre folioles occupées par les galles et taux par rapport à (1)							
		%		%	FF	Taux %	GU	Taux %	FM	Taux %	PC	Taux %
1	302	100	263	87,38	0	0,00	23	7,64	7	2,33	8	2,66
2	268	100	225	83,96	0	0,00	30	11,19	12	4,48	3	1,12
3	270	100	234	86,67	0	0,00	23	8,52	12	4,44	1	0,37
4	303	100	241	79,28	0	0,00	50	16,45	6	1,97	8	2,63
5	296	100	240	81,08	1	0,34	37	12,50	2	0,68	16	5,41
6	292	100	210	71,92	1	0,34	46	15,75	10	3,42	27	9,25
7	312	100	255	81,73	0	0,00	53	16,99	0	0,00	5	1,60
8	294	100	239	81,29	0	0,00	23	7,82	13	4,42	19	6,46
9	258	100	209	81,01	0	0,00	35	13,57	0	0,00	15	5,81
10	262	100	203	77,48	0	0,00	39	14,89	8	3,05	12	4,58
11	312	100	268	85,90	0	0,00	38	12,18	5	1,60	1	0,32
12	247	100	194	78,54	0	0,00	39	15,79	7	2,83	9	3,64
13	326	100	270	82,82	0	0,00	53	16,26	2	0,61	2	0,61
14	294	100	216	73,97	0	0,00	73	25,00	0	0,00	3	1,03
15	314	100	239	76,60	18	5,77	46	14,74	5	1,60	9	2,88
Total	4349	100	3506	80,62	20	0,46	608	13,98	89	2,05	138	3,17
Moyenne	290	100	234	80,62	1	0,46	41	13,98	6	2,05	9	3,17



Publication
internationale

International Journal of
**Geobotanical
Research**



Histo-anatomy of *Pistacia terebinthus* L. leaflets galls induced by *Paracletus cimiciformis* von Heyden and *Geoica utricularia* Passarini. Two aphids in western Algerian region.

Rabha MELLAH⁽¹⁾, Hachemi BENHASSAÏNI⁽¹⁾ & Rafael ÁLVAREZ⁽²⁾

(1) *Plants biodiversity: Conservation and valorization. Djilali Liabes university of Sidi BelAbbes (Algeria).*

Email: mellah22000@yahoo.fr, ecoreve@yahoo.fr.

(2) *Department of Cellular biology. University of León (Spain). Email: ralvn@unileon.es*

Abstract:

Terebinth Pistachio tree (*Pistacia terebinthus* L.) is a typically Mediterranean, with very resinous odorous bark. In spring period, the leaflets of the tree are attacked by various types of aphids which transform them into galls. The aim of this study was to identify the histoanatomical characteristics of leaflets galls induced by *Geoica utricularia* Passarini and *Paracletus cimiciformis* von Heyden. The study site is under semiarid bioclimatic range and belong the western Algerian region. Histological cuts on galls and healthy leaflets are studied by using following colorations: Mayer hematoxylineosin and Safranin O Fastgreen. The results show that the anatomy of leaflets is common to those founding in dicotyledonous witch present a xeromorphic characters like a thick palisade parenchyma, a remarkable cuticle and the presence of numerous stomata. However, pathologic leaflets present a hypertrophy and hyperplasia of vascular bundles. This indicates the adaptation of the specie to the semiarid climatic conditions of the studied area and consequently the morphological modification of the leaflets in galls that serve ecological niche for aphids.

Keywords: Aphids, histology, galls, leaflets, *Pistacia terebinthus* L.

Introduction

The genus *Pistacia* contains eleven species including Terebinth pistachio tree (*Pistacia terebinthus* L.) (ZOHARY 1952). This taxon is characterized by alternate and composed leaves, deciduous, oblong and imparipinnate or sometimes paripinnate (FOURNIER 1990). They often have yellow veins and grouped at the end of branches, (SPICHIGER et AL. 2004).

Some species of the genus *Pistacia* are circum-Mediterranean distribution (TRAVERSE 1994). In these latitudes, the *Pistacia* genus species leaflets are often invested by several aphids that their are enfeoffed (INBAR et AL 2004. ALVAREZ et AL 2008; 2011 ALVAREZ & ALVAREZ, 2012).

According to FORREST (1987), 700 species of aphids on 4400 described species, causes during their life cycle, a gall within which they complete a part of their life cycle. The galls did not occur randomly. Each aphid is associated with a genus or plant species called "host". The aphid causes a gall that serves as refuge and to protect against bad weather, pesticides and predators. (LOISELLE et AL 2013; ISAIAS et AL., 2000 and STONE & SCHONROGGE, 2003).

These galls are results of the reaction of plants to this parasitic attack or due to internal genetic factors (YAMADA 1993) and highly dependent on food insect activity (BRONNER 1992).

The Terebinth pistachio tree is particularly sensitive to this type of insects that transform leaflets to reddish ecological niche with a distinctive architecture, artwork of aphids which hem the leaflets (BLACKMAN & EASTOP 1994). This phenomenon attracts the attention of ecologists and biologists since a long time. However, the gall mechanism formation by the insects remains as yet unknown (INBAR et AL. 2004).

On *P. terebinthus* L., galls differ in shape, size, color and structural changes with the affected organ. All the Terebinth tree galls are smooth and without ornamentations. Some galls are cylindrically shaped, while others are oval, elongated, and more or less wavy with thickening of the lamina with the exception of the gall produced by *G. utricularia* and *B. pistaciae* (LECLANT 2000). The Galls induced by *Forda formicaria*, *Forda marginata* and *Paracletus cimiciformis* change the margins of the leaflets, however, *Geoica utricularia* modifies the midvein, while those of *Baizongia pistaciae* reached the bud leaf primordial (INBAR et AL. 2004) and modify eventually the entire leaflet (ALVAREZ et AL 2008; WOOL et AL, 1999 and INBAR et AL 2004).

Recent studies show that on the north shore of the Mediterranean and in the Middle East, attacks by aphids change profoundly the histo-anatomy of leaflets on galls in *P. terebinthus* L. (INBAR et AL 2004, 2010; ALVAREZ

et AL 2008, 2011, 2013). In the same context, the aim of this work is to identify the histoanatomical characteristics of leaflets galls induced by *G. utricularia* and *P. cimiciformis* on *P. terebinthus* L. in the western Algerian region and see if the environmental factors have an influence on the histological changes of the leaflets.

Materials and methods:

• Plant Material

Healthy leaflets and others with galls of pistachio Terebinth tree, (induced by *P. cimiciformis* and by *G. utricularia*) (Fig. 1) were collected randomly on the elderly subjects in July 2013 during the morning, located at Sidi BelAbbes Tessala mountain (west of Algeria) (Fig. 2).

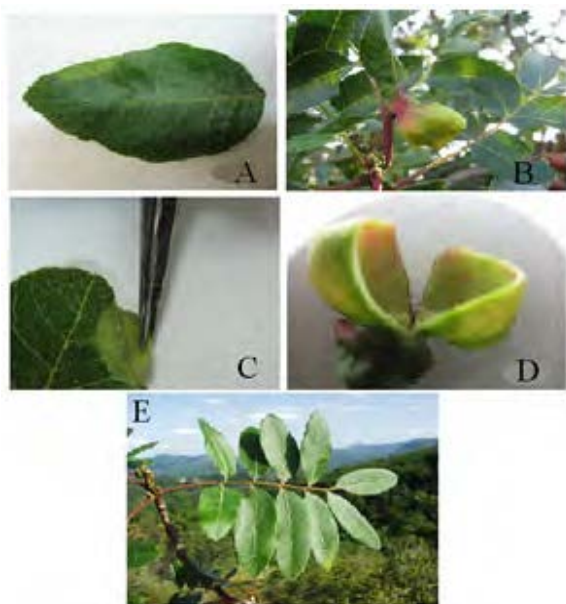


Figure 1: Samples taken for histoanatomical analysis (Photo Mellah, 2013). (AC) Galls of *Paracletus cimiciformis*; (BD) Galls of *Geoica utricularia*; (E) Healthy leaflets of *Pistacia terebinthus* L.

The site rises to an average altitude of 933 m. It's under semiarid bioclimatic influence with a cool winter. The soil is shallow sometimes rocky outcrop. Galls were identified by Dr. Nicolas Pérez Hidalgo (University of León, Department of Zoology, Spain) as classified by Kuste.

Samples (healthy leaflets and galls) were cut in half and fixed in situ in the FAA (Formaldehyde 37% (50cc), pure acetic acid (50cc), 70% ethyl alcohol (900cc) for 48 hours (ALVAREZ et AL. 2009).

•• Sample preparation

The first step in the laboratory is to eliminate the fixer samples by rinsing with distilled water, then dehydrated in a growing series of ethanol bath passing through the Isoamyl acetate as the intermediate liquid. After that, these samples were impregnated in paraffin for 90 minutes in an oven at 64 ° C, for forming blocks after.

From these blocks, 12 µm cross sections were obtained using a manual microtome type (LEICA) and were put on slides with albumin.



Figure 2: Location of *P. terebinthus* L. in western Algeria (Google Earth, 2015).

After dewaxing in xylene, rehydration cuts restarts with a series of ethanol baths with decreasing concentration (100%, 95%, 70%), then rinsed with distilled water. Finally, the slides were dried overnight in an oven at 37 ° C.

The prepared cross sections were stained with Mayer's hematoxylineosin (HEMALUM coloring Masson-picroINDIGO CARMINE (ICP)) and Safranin Ofast green (ALVAREZ et AL. 2009) and dried both in two absolute ethanol baths followed by two xylene baths. The slides were permanently mounted with Entellan and observed under an optical microscope type OPTICA DM15 f20.

Results:

• Anatomy and histology of leaflets

The leaflets cross sections of *Pistacia terebinthus* L. show the following anatomical structures of lamina (Fig 3.):

A layer of epicuticular wax with pleated appearance lined the epidermis which is constituted by of a layer of elongated and geometrically similar cells.

A few anomocytic stomata are met. Their number is high on the adaxial face. We Note the presence of capitate type trichomes on the abaxial surface, absent on the adaxial face. The palisade parenchyma is founded just beneath the epidermis and constituted by four rows of regularly aligned prismatic cells rich in chloroplasts (Fig. 3 B).

Vascular bundles in secondary veins are located in the center of the leaf limb (leaf blade). The xylem is oriented towards the adaxial side and phloem to the abaxial side of the leaflet. Both are surrounded by a perivascular sheath.

We also note the presence of inorganic depots at sub-epidermal cells called calcium oxalate twins or "Druses" (Fig. 3C).

The same structures of dicotyledonous species cited above are present in the main rib. Annular collenchyma is located under the upper epidermis.

The vascular tissue is constituted by vascular bundles whose the phloem is embedded in the center of secretor schizogenic ducts (23) (Fig. 3 AE). Xylem and phloem are clearly identified and are surrounded by a perivascular sheath.

Few spongy parenchyma noted. Again, collenchyma appears followed by the lower epidermis there are no stomata at this face.

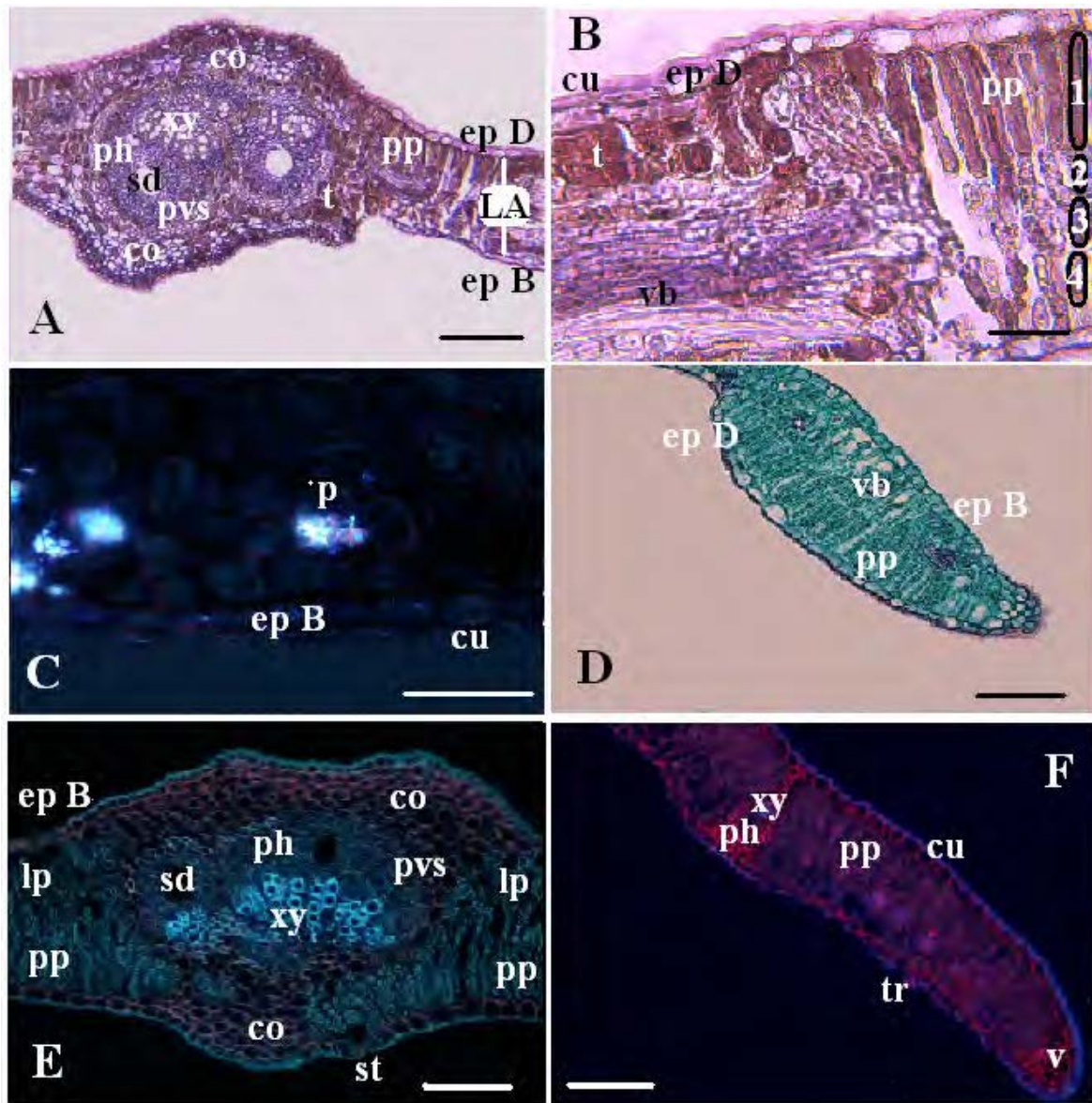


Figure 3: Serial cross sections performed in *Pistacia terebinthus* L. leaflets (Photo Mellah, 2013). (AE) Midvein of *Pistacia terebinthus* leaflets. (BC) Lamina of *Pistacia terebinthus* leaflets. (DF) Leaflets edge. Colorations: (AB) hematoxylineosin; (CDEF) SafraninFast green. Observations: (ABD) Light Field Optical Microscopy; (EF) Optical Microscopy under U.V Light Field; (C) Polarization microscope. Abbreviations: cu, cuticle; co, collenchymas; ep B, abaxial epidermis; ep D, adaxial epidermis; t, trichome; LA, Lamina; ph, phloem; pp, palisade parenchyma; lp, Lacunae parenchyma; s, stomata; vb, vascular bundles; sd, schizogenic duct; t, tannins; V, Vein; x, xylem; ph, phloem; p, prism; pvs, perivascular sheath; (1, 2, 3, 4) the floors of the palisade parenchyma. Scale bars: (ADEF) = 200 μ m; (BC) = 50 μ m.

●● **Histo-anatomy of galls due to *Paracletus cimiciformis* and *Geoica utricularia* aphids:**

► **Galle due to *Paracletus cimiciformis***

Cross sections galls caused by the *P. cimiciformis* aphid sting on leaflets shows the following structures (Fig. 4):

From outside inwards, we note the presence of an outer epidermis lined with a thick layer of epicuticular wax. It is decorated all along by anomocytic stomata type. Just below the epidermis, a set of isodiametric parenchyma cells arises (Fig. 4 ABF).

The vascular bundles consist of equidistant secretor schizogenic ducts occupy the middle of the limb. From simple origin; these vascular bundles are developed especially in areas of curvature. Always at the level of

the limb, the phloem is oriented centripetally in the upper wall of the gall while the xylem is oriented towards the inner skin. Stomata are absent in this zone.

The Figure 4E shows that the main vein remains unchanged. The upper epidermis becomes a structure lining the inside of the chamber. This latter is elongated and slightly elliptical. In sporadic basis a suberized layer of cells arises. No histoanatomical difference was observed between the two walls (Fig. 4 D).

The contact of the both ends (upper and lower) of the leaflet represents the closing zone (Fig. 4 A). The reaction zone takes position just before (Fig. 4 AF).

► **Gall due to *Geoica utricularia***

G. utricularia aphids cause on the leaflets of *P. terebinthus* L. the following deformations (Fig. 5)

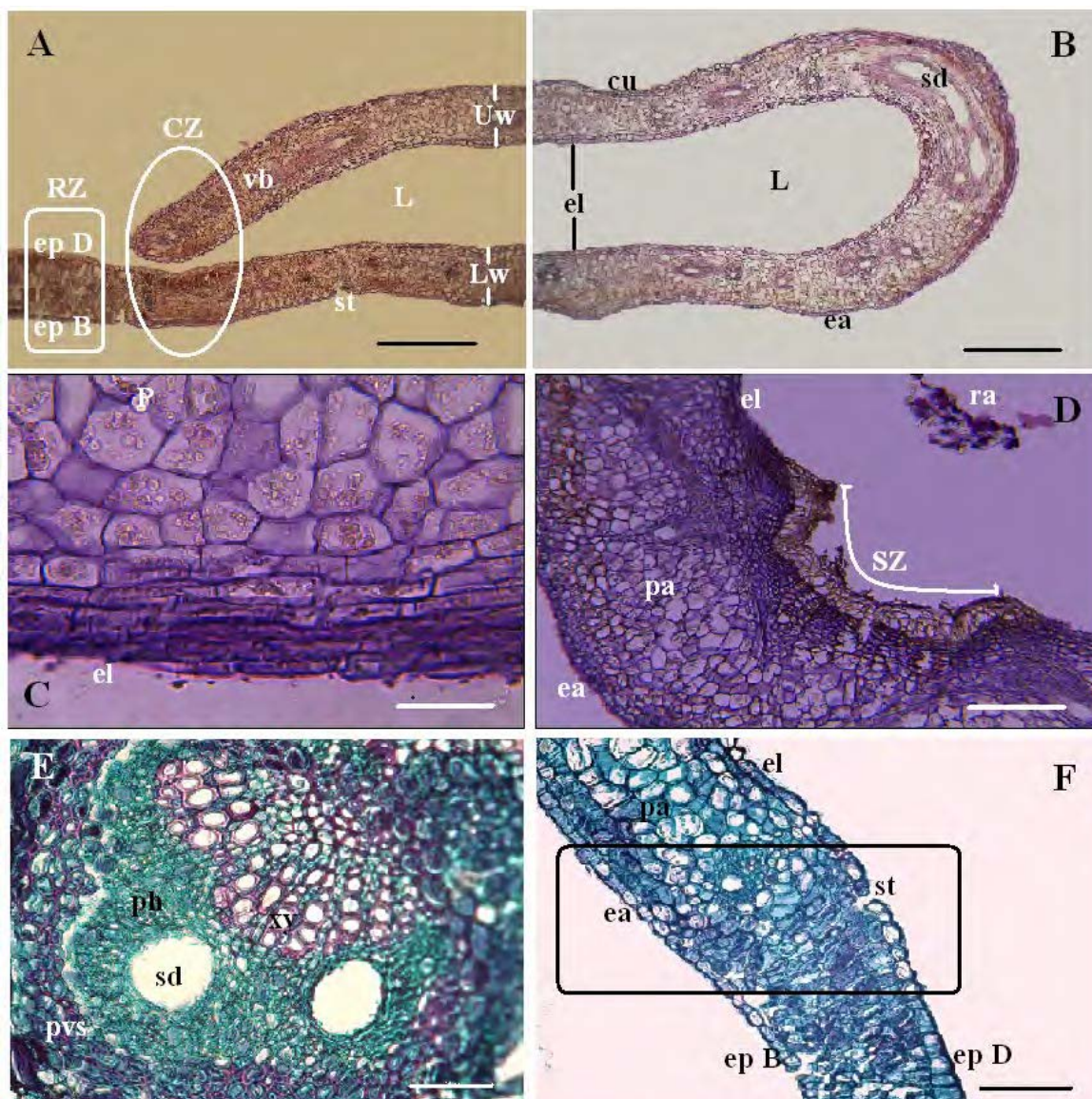


Figure 4: Cross-sections performed in serial Terebinth pistachio tree galls, caused by aphid *Paraclotus cimiciformis* (Photo Mellah, 2013).

(A-F) The closure and the reaction zones of galls caused by *P. cimiciformis* aphids. (B) Curvature and lumen of gall. (C) Upper Wall; (D) Suberized zone on the epidermis lumen; (E) Healthy midvein. Colorations: (A-B-C-D) hematoxylin-eosin; (E-F) Safranin-Fast green. Observations: Light Field Optical Microscopy. Abbreviations: Ep D. Adaxial epidermis; Ep B. Abaxial epidermis; el. epidermis lumen; ea. epidermis air; cu. cuticle; pa. parenchyma; L. lumen; st. Stomata; UW. Upper Wall; LW. Lower Wall; xy: xylem; sd. Schizogenetic duct; P. Prism; pvs: perivascular sheath; vb: vascular bundles; ph: phloem; Ra. Remains of aphids; CZ. Closure Zone; RZ: Reaction Zone; SZ. Suberized Zone. Scale bars: (A-B) = 200 μm ; (D-F) = 100 μm ; (C-E) = 50 μm .

The center line of the main rib incurs deformation after histological changes. Hypertrophy is visible after development of conductive bundles (both phloem are oriented forward adaxial and abaxial epidermis, while the xylem occupy the center of the midvein). (Fig. 5 A). Note the presence of a parenchyma between the two conductor bundles.

Unicellular trichomes capitates and ciliate types are present at the inner epidermis of the room gall (Fig. 5 CD) where a suber layer starts (Fig. 5 E).

Discussion:

• Healthy leaflets

The results of the crosssections of healthy leaves of *P. terebinthus* L. showed a simple structure of dicotyledonous leaves. They reveal a set of various tissues of a primary structure by their meristematic origin.

The adaxial and abaxial sides of leaflets are lined by a single layer of epidermal cells. All primary structures of a leaf are from the protoderme (RAVEN et AL. 2007). A thick cuticle abundantly decorated with epicuticular striations or ridges settles on the epidermis. This corroborates the work of SIMPSON (2006) and ALVAREZ et AL. (2008) on *Pistacia terebinthus*. The thickness of the cuticle is considered as a stress response since it reduces sweating and reflection of light (ROLAND et AL. 2008). Sometimes the cuticle is very absent or thin in *P. terebinthus* L. (ALSAGHIR et AL. 2006).

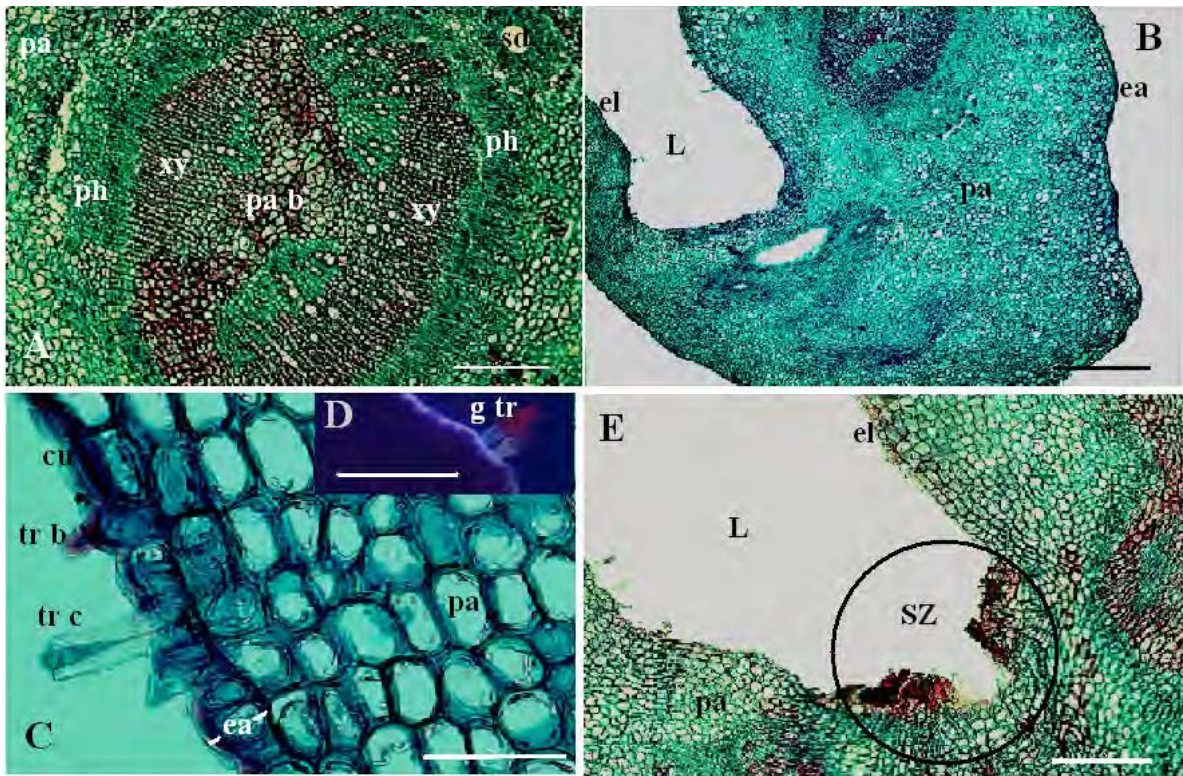


Figure 5: Serial cross sections made at the Terebinth pistachio tree galls, caused by aphid *Geoica utricularia* (Photo Mellah, 2013).

(A) The midvein deformations; (B) Curvature and lumen of gall; (CD) the presence of trichomes in lumen is a reaction caused by *P. cimiciformis* aphids; (E) the suberized zone on the epidermis lumen. Colorations: SafraninFast green. Observations: (ABCE) Light Field Optical Microscopy; (D) Optical Microscopy under U.V Light Field. Abbreviations: el. epidermis lumen; ea. epidermis air; ph. phloem; xy. xylem; cu. Cuticle; p. parenchyma; g tr. glandular Trichome; Tr c. trichome ciliated; tr b. trichome birth; L. lumen; pa b. parenchyma between bundles; SZ. Suberized Zone. Scale bars: (B) = 200 μ m; (ADE) = 100 μ m; (C) = 50 μ m.

According to our results, the stomata found in *P. terebinthus* L. are anomocytic type and are on along the main vein. Their distributions indicate the amphistomatal type. This is in accordance with the work of ALSAGHIR & PORTER (2005) and ÖZEKER & MISIRLI (2001). However, hypostomatal type may be present in *P. terebinthus* (ALVAREZ et AL. 2008).

The fundamental tissues of the leaflet take place between the upper and lower epidermis, in the mesophyll. The mesophyll becomes thicker when the leaflets become older (SIMPSON, 2006; ALVAREZ et AL. 2008).

Our results show that the *P. terebinthus* mesophyll is characterized by a palisade parenchyma with four strata. This is an apparent photosynthetic tissue in the lamina (ALVAREZ et AL. 2008), which represents almost 40% of the limb (ALSAGHIR et AL. 2006). This parenchyma development is an adaptive trait to environmental aridity and stress that accompany dryness of the air and / or the growing lack of water (STOCKER 1961). It is a common xerophytes' character in the genus *Pistacia* (ALSAGHIR et AL. 2006). This is likely the case in our study area which is under semiarid bioclimatic with cool winter.

The spongy lacunars parenchyma is constituted by of shorter cells, than those of palisade parenchyma, and developed in a very dense manner especially at the ends of the leaflets. This is also confirmed by the work of ALSAGHIR et AL. (2006) and ALVAREZ et AL. (2008).

At the midvein, the xylem and phloem are oriented adaxial and abaxial sides, respectively. These conductors beams are surrounded by a thick layer of fibers forming the sheath perivasculare around which is located the collenchyma. This sheath mediates transport of compounds mesophyll to vascular bundles (FERNANDEZ et AL. 2003 and COSTA et AL. 2001).

The presence of secretors bundles associated with phloem is a general characteristic of the *Pistacia* genus (Watson & Dallwitz 2008). In the case of *P. terebinthus*, these bundles accumulate an oleoresin, which in addition to tannin plays an insect deterrent role (COSTA et AL. 2001 & ALVAREZ et AL. 2009). Moreover, both are the repellents of herbivores (COSTA et AL. 2001).

The presence of twins (spherical crystals) of calcium oxalate in parenchyma cells is also noted.

In general the characteristics of *P. terebinthus* leaves indicate the traits of a sclerophyll species (METCALFE & CHALK 1985; SIMPSON 2006).

Leaflets with galls

The terebinthus tree is widely recognized by its remarkable reddish galls (BLACKMAN & EASTOP 1994). The causes and the adaptive significance of this feature has not been determined although some authors explained by the accumulation of pigments in response to abiotic and biotic factors (DIAS et AL. 2013).

The environment inside closed galls is more stable and prevents aphids suffer drought periods. The protection against the enemies is due to the walls of the gall, by its physical or chemical components and external structures, including coating hair and sticky resin (STONE & SCHÖNRÖGGE 2003).

P. cimiciformis and *G. utricularia* settled at the young leaflets because aphids tend to emerge before bud break (WOOL & MANHEIM 1986). Macroscopically galls respectively show the flattened and cylindrical appearance.

The anatomical sections of the gall caused by *P. cimiciformis* show that there is a similarity in the structure and the thickness between the upper and lower wall. In their study ALVAREZ et AL. (2009), note that this same gall due to the same aphid has a thicker upper wall. Usually this gall is preceded by the folding of the leaflet; it is a simple pseudogall within the meaning of WOROBEY & CRESPI (1998). The marginal end of the leaflets is slightly curved towards the adaxial side.

While that due to *G. utricularia* form a sphere at the abaxial surface of the leaflet of the Terebinth pistachio tree. Both galls studied are singlethalamic, because they have a single room and are initially occupied by a single type of aphid (MANI 1964).

KRAUS & ARDUIN (1995) indicate that gall caused by *P. cimiciformis* is like most zoocediciae of histioide type with protoplasmic form (as classified by Kuste).

Diversification of the internal structure of the galls must be commensurate with nutrition of their occupants because the gall creates an "aspirate force" that pumps nutrients from the plant, while changes of the external structure are related to defense against enemies (STONE & SCHÖNRÖGGE 2003).

The tissues that compose the gall provide aphids a nutritious efficiency greater than that of a non parasitized section of the plant (FORREST 1987). WOOL & BAREL (1995), reported that the increase in the number of aphids within the gall is accompanied by an increase of the thickness of the wall. The walls of the gall are occupied by cells of the parenchyma marking the intercellular spaces. These parenchyma cells occupy the wall showing hyperplasia and hypertrophy of the leaflets.

On both galls, a thick cuticular ornamentation takes place (ALVAREZ et AL. 2008). It lines the surface of the leaflet allowing insects to recognize the host plant (ISAIAS et AL. 2000). Stomata which are in all cases anomocytic and absent within the galls are filled by this cuticle. This is perfectly in line with the work of ALVAREZ et AL. (2009).

Within the walls of galls, parenchyma cells are in greater number than in healthy leaflets. Their sizes are very large. We also observe a rich vascular network in the structures of the two galls. This is in line with the results of WOOL et AL. (1999) indicates that there is a marked increase in wall thickness due to the presence of many phloem elements very close to the epidermis. This change of tissue occurs to promote access aphids to their source of food.

With few exceptions, the founder is the only one able to induce gall (WOOL 2005). The perforation leaflets and injecting liquid saliva in plant tissues can have toxic effects responsible for physiological nature of disturban-

ces resulting in crispatation, depigmentation of the leaves and the formation of galls.

The growing of a heavily infested plant can also be disrupted due to the removal of nutrients by aphids (MILES 1989). During this transit, aphids carry out intercellular punctures, but also intracellular in most encountered cells.

Nearby cells phloem bundles are much more punctured than those of epidermis or mesophyll, indicating that the phloem search is performed by sampling and aphids is able to recognize the chemical composition of different types of encountered cells. Aphids are sensitive to certain types of compounds which act as either stimulants or inhibitors or antiappetizing (TJALLINGH & HOGENSESCH 1993). Among internal compounds only protease inhibitors (PIs) and lectins have been identified in the phloem sap of the plant which is the aphid's food (Kehr 2006).

However, upon folding of the leaflet by *P. cimiciformis* several vascular bundles originate. Thus phloem departs attracting towards him the xylem. The xylem is directed to the epidermis of the room and phloem to the outer epidermis of the gall. This is already confirmed by ALVAREZ et AL. (2009) which mention that this reaction requires the stylus aphids to move around this beam to eat. At the level of the gall produced by *G. utricularia*, we note the development of vascular tissue at the midvein.

Otherwise, the observation of secretors canals at both galls shows that they are large and well developed. Presumably, this should be linked to the general development of the phloem. Such conduits are part of the phloem (ALVAREZ et AL. 2009). One hypothesis is that a water deficit suffered by the host plant alters the biochemical composition of the phloem sap of the plant (food substrate aphids), resulting in a change in the rate of multiplication aphids (GIROUSSE 1996), which proves the fabulous replica of phloem in the body of all the gall.

In the closed area of the gall due to *P. cimiciformis*, we note a formation of calcium oxalate twins attributed to low levels of hormones; in particular, a decrease in auxin (DORCHIN et AL. 2002).

The presence of sclerenchyma fibers in healthy leaflet and their absence in the gall suggest that the initialization of the gall is formed when the leaflets are young. This joins the results found by ALVAREZ et AL. (2009).

The initiation of the uncontrolled proliferation of parenchyma cells may be internal or external origin. Indeed several authors showed its external origin and that the epidermal cells are not included (HAENSCH 2007). The various observations made on our histological sections performed at the galls show that the initiation of this multiplication is externally (aphid sting).

Furthermore, and sporadically the results of anatomical sections show suberized area that settles on the inner wall of studied young galls. According to ALVAREZ (2011), this area is only present in mature galls caused by *F. formicaria* aphid.

Resistance in the leaflets of *P. terebinthus* L. is also expressed by the hypersensitivity reaction. Thus, thanks to the signals transmitted by the cells that are in contact with the aphid, more distant cells die and form necrosis to stop the pathogenic progression (HAENSCH 2007).

Conclusion:

Base on the obtained results, we can conclude that the gall forms a habitat for aphids, ensuring their nutrition and their protection against climatic variations areas where they prosper.

Histological study of healthy *P. terebinthus* L. leaflets showed the existence of an epidermis covered by a thick cuticle, rough and wrinkled. Stomata reveal an amphistomatal distribution. The mesophyll is very dense and thick. We find a palisade parenchyma spread over several floors of cells. In approaching the midvein, the spongy parenchyma takes place. Note the presence of many crystals.

In the middle of the cross section, a central vein and wider secondary veins take place.

The vascular bundles are surrounded by a perivascular sclerenchyma sheath and schizogenic secretors ducts in the phloem. Glandular trichomes are present.

Moreover, the leaflets with galls due to *P. cimiciformis* exhibit changes at the limb. The two walls thus formed are similar and thick, covered with a thick cuticle. Stomata and suberized areas adorn respectively the outer and inner gall epidermis. The parenchyma palisade incurs uncontrolled multiplication of cells purpose in providing isodiametric of cells larger than those of healthy leaves to form a disordered parenchyma. The xylem is oriented towards the internal part of the gall with a secretors canals development especially in bends areas.

The leaflets with galls due to *G. utricularia* present also a deformation at the central axis of the main rib following histological changes and development of vascular tissue at the midvein.

Hypertrophy phloem is visible with the presence of a parenchyma between the conductors' beams. Capitates, ciliates and unicellular trichomes adorn the inner epidermis of the gall room.

The anatomical changes caused by aphid bites are architectural processes to get to build a type of galls.

Under arid and semiarid climate, these particular forms are used to stabilize a microclimate that protects aphids from unfavorable abiotic conditions such as high temperature and low humidity.

Additively to that it is a source of nutrition because the gall tissue provides an abundance of high quality nutrients and also the gall serves as a defense because the morphology and chemistry of the fabric of gall protect against various insects natural enemies, including predators, parasitoids, pathogens and other herbivores. The latter concept is called hypothesis of the enemy.

This comparative study shows that the anatomical structure; of healthy and galls of *P. terebinthus* L. leaflets induced by both aphids *P. cimiciformis* and *G. utricularia*; is identical in both regions (Spain and Algeria) despite the bioclimate difference.

References:

AlSaghir M.G., & Porter D.M. 2005. Stomatal distribution in *Pistacia* species (Anacardiaceae). *Int. Jo. Ot*, 183 – 187.

AlSaghir M.G., Porter D.M., & Nilsen E.T. 2006. Leaf anatomy of *Pistacia* species (Anacardiaceae). *J. Biol. ci.*, 6: 242 – 244.

Alvarez R., Encina A. & Perez Hidalgo N. 2008. "Pistacia terebinthus L. leaflets: an anatomical study". *Rev. Plant Syst. E.* 272, 107 – 118.

Alvarez R., Encina A., & Perez Hidalgo N. 2009. Histological Aspects of Three *Pistacia Terebinthus* Galls Induced by Three Different Aphids: *Paracletus Cimiciformis*, *Forda Marginata* and *Forda Formicaria*. *Rev. Plant Science*, 17: 303 – 314.

Alvarez N. 2011. Initial Stages in the Formation of Galls Induced by *Geoica utricularia* in *Pistacia Terebinthus* Leaflets: Origin of the Two Vascular Bundles which characterize the Wall of the Galls. *American Journal of Plant Sciences*, 2: 175 – 179.

Alvarez 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 Fordinae. *ArthropodPlant Interact.* 6 (1):137–145

Alvarez R., GonzalezSierra S., Candelas A., & Martinez Itzhak JJ. 2013. Histological study of galls induced by aphids on leaves of *Ulmus minor*: *Tetraneura ulmi* induces globose galls and *Eriosoma ulmi* induces pseudogalls. *ArthropodPlant Interactions*, 7(6): 643650.

Arduin, M., & Kraus, J. E. 1995. Anatomia e Ontogenia de Galhas Foliaves de *Piptadenia Gonoacantha* (Fabales, Mimosaceae). *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 14 : 109130.

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

Bronner R. 1992. The role of nutritive cells in the nutrition of cynipids and cecidomyiids. In:

Costa M., Delgado A.B. & Mesa S. 2001. La cornicabra: la corneta. *Ed. Exlibris*.

Crespi B. & Worobey M. 1998. Comparative analysis of gall morphology in Australian gall thrips: the evolution of extended phenotypes. *Evolution*, 52:1686–1696.

Dias G.G., Ferreira B.G., Moreira G.R.P. & Isaias R.M.S. 2013. Contrasting developmental pathways for leaves and galls induced by a sapfeeding insect on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae). *An. Acad. Bras. Ciencias*. In press, 111112.

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). *Rev. Can. J. Bot.*, 80: 1141 – 1150.

Fernandes G.W., Duarte H. & Lüttge U.2003. Hypersensitivity of *Fagus sylvatica* L. against leaf galling insects. *Trees*, 17: 407–411.

Forrest J. M. S. 1987. Galling aphids, 341353. In: Minks, A. K., & P. Harrewijn., Aphids. Their biology, natural enemies and control. Elsevier, 2A. 450.

Fournier C. 1990. Les quatre flores de France. *Ed. Le Chevalier, Paris*

Girousse C. 1996. Composition biochimique de la sève phloémienne de la luzerne et performances du puceron du pois: effet d'un déficit hydrique. *Ed. 1. INRA, laboratoire de zoologie, Lusignan, France.* 75 – 77.

Haensch K.T. 2007. Influence of 2, 4D & BAP on callus growth and the subsequent regeneration of somatic embryos in longterm cultures of *Pelargonium xdomesticus* cv. Madame Layal. *Electronic Journal of Biotechnology*, 1:1 – 9.

Inbar M., Wink M. & Wool D. 2004. The evolution of host plant manipulation by insects: molecular and ecological evidence from gallforming aphids on *Pistacia*. *Mol. Phylogen. Evol.*, 32:504–511.

- Inbar M., Izhaki I., Koplovich A., Lupo I., Silanikove N., Glasser T., Gerchman Y., Perevolotsky A. & LevYadun S. 2010. Why do many galls have conspicuous colors? A new hypothesis. *ArthropodPlant Interactions*, 4:1–6.
- Isaias R.M.S., Soares G.J.G., Christiano J.C.S., Gonc,Alves S.J.M.R. 2000. Ana'lise comparativa entre as defensas mecanicas equimicas de *Aspidosperma australe* Muell. Arg. E *Aspidosperma cylindrocarpon* Muell. Arg. (Apocynaceae) contra herbivoria. *Floresta Ambiente*, 7(1):19–30.
- Kehr J. 2006. Phloem sap proteins: their identities and potential roles in the interaction between plants and phloemfeeding insects. *J. Exp. Bot.* 57: 76774.
- Leclant F. 2000. Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification: 3, 3: 128.
- Loiselle R., Brousseau J.L., Pilon C., & Perron J.M. 2013. Les galles des pucerons. *Le Bulletin de l'entomofaune. Québec*. Num. 45 : 1–5 p.
- Mani M. S. 1964. *Ecology of Plant Galls*. Dr. Junk Publisher, The Hague.
- Metcalfe C.R. & Chalk L. 1985. *Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction, ed. 2.ClarendonPress, Oxford*.
- Miles P.w. The responses of plants to the feeding of *Aphidoidea*: principles. In: Minks A.K., Harrewijn P. 1989. *Aphids, their biology, natural enemies and control*. Amsterdam (The Netherlands): Elsevier.
- Özeker E., & Misirli A. 2001. Research on leaf properties and stomata distribution of some *Pistacia* spp. *Department of orticulture, faculty of agriculture, Ege University, Bornova_zmir, Turkey*. 237 – 241.
- Raven P.H., Johnson G.B., Losos J.B. & Singer S.S. 2007. *Biologie. Ed. De Boek Bruxelles*. 1316.
- Roland J.C., Roland F., El MaaroufBouteau & H. Bouteau F. 2008. *ATLAS Biologie Végétale. Organisation des plantes à fleurs. Tome 2. Ed. 9. Dunod, Paris*. 141.
- Simpson M.G. 2006. *Plant Systematic, Elsevier Academic Press, Oxford*.
- Spichiger R.E., Savolainen V., Figiat M., JeanMonod D.B. 2004. *Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. Ed.3. Presse polytechnique et universitaire romande. Lossane*, 413.
- Stocker O. 1961. Les effets morphologiques et physiologiques du manque d'eau sur les plantes, In « Echanges hydriques des plantes en milieu aride et semiaride. Compte rendu de recherches». *UNESCO*. 69–113.
- Stone G.n. & Schönrogge K. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends Ecol. Evol.*, 18: 512–522
- Tjallingh W. F. & HogenEsch T. 1993. Fine Structure of Aphid Stylet Routes in Plant Tissues in Correlation with EPG Signals. *Physiological Entomology*, 18(3): 317328.
- Traveset A. 1994. Influence of type of avian frugivory on the fitness of *Pistacia terebinthus* L. *Rev. Evolutionary Ecology*, 8: 618 – 627.
- Watson I. & Dallwitz M.J. 2008. *The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval*.
- Wool D. & Manheim O. 1986. Population ecology of the gall-forming aphid, *Aploneura lentisci* (PASS.) in ISRAEL. *Res. Popul. Ecol.*, 28: 151162.
- Wool D. & BarEl N. 1995. Population Ecology of the Galling Aphid *Forda Formicaria* von Heyden in Israel: Abundance, Demography, and Gall Structure. *Israel Journal of Zoology*, 41: 175192.
- Wool D., Aloni R., BenZvi O. & Wollberg M. 1999. A galling aphid furnishes its home with a builtin pipeline to the host food supply. *Rev. Entomol. Exp. Appl.*, 91: 183 –186.
- Wool D. 2005. Gallinducing aphids: biology, ecology, and evolution, in: Raman, A., Schaefer, C.W. & Withers, T.M. (Eds.). *Biology, Ecology, and Evolution of Gallinducing Arthropods*, Science Publishers, New Hampshire.
- Yamada Y. 1993. The role of auxin in plantdisease development. *Annu. Rev. Phytopathol*, 31:253–273.
- Zohary M. 1952. Monographic study of the genus *Pistacia*. *Palest. Jo. of Bot., Jerusalem Series*, 4: 187 – 228.

Résumé

La présence sur le peuplement de pistachier térébinthe dans le mont du Tessala (wilaya de Sidi bel abbés), de pucerons gallicoles en nombre très important nous a conduit à entreprendre une recherche sur la répartition des ces galles dans la station d'étude, leur histo-anatomie ainsi que leurs composition en métabolites secondaires.

Les résultats montrent que le type de galle le plus dominant dans notre station est celle due au puceron *Geoica utricularia* avec un taux de 63%, suivi de *Paracletus cimiciformis* à 14%, puis les galles de *Baizongia pistaciae* et *Forda marginata* à 10%. le taux le plus faible présence est noté chez les galles dues à *Forda formicaria*.

Quatre vingt pour cent (80%) des folioles prélevées sont inoccupées par les galles et les 20% restante sont répartis comme suit : 14% pour la galle *Geoica utricularia* (71% par rapport à la présence des galles), 3% et 2% respectivement pour les galles *Paracletus cimiciformis* et *Forda marginata* par contre la galle *Forda formicaria* n'occupe les folioles qu'à 0.5%.

L'histologie des folioles touchées montre des modifications cellulaires au niveau du parenchyme palissadique des folioles, un dédoublement des canaux résinifères, et des faisceaux vasculaires avec une multiplication anarchique des cellules. Les galles qui modifient la marge de la foliole sont *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata* et *Forda formicaria* tandis que *Geoica utricularia* et *Baizongia pistaciae* modifient respectivement la nervure principale et la foliole complète.

Les dosages des métabolites secondaires montrent que la galle due à *Baizongia pistaciae* (jeunes et matures) sont les plus riches en ces coproduits sauf que les jeunes sont pauvres en flavonols et en anthocyanes, respectivement (2% et 6%). *Geoica utricularia* (jeunes et matures), sont presque identiques dans leurs composition en ces métabolites. En les comparants avec les feuilles, ils sont moins riches.

Tous les résultats obtenus sont encourageants dans la mesure où on pourra utiliser le Pistachier térébinthe comme arbre de premier intérêt dans la lutte contre l'érosion des sols il pourra aussi être exploité pour son intérêt médicinal du moment que les galles sont utilisées en médecine traditionnelle.

Mots clés : *Pistacia terebinthus* L., Histologie, galles, métabolites secondaires.

المخلص

قادنا وجود حشرة المنة (القملة) بعدد كبير على أشجار الفستق الترينتي بجبل تسالة (ولاية سيدي بلعباس) إلى البحث على توزيع الجرب في منطقة الدراسة، تركيبها نسيجيا في علم التشريح وجرعته المركبات الثانوية فيها.

تبدي النتائج أن نوع الجرب الأكثر وجودا في منطقتنا هو الذي تسببت فيه جيويكا أوتريكولاريا بنسبة 63 بالمائة، تأتي بعدها براكليبتوس سيمسيفورميس بنسبة 14 بالمائة ثم الجرب الناتجة عن بانزوجيا بيستاسياي و فوردا مارجيناتا بنسبة 10 بالمائة. النسبة الأقل وجودا تكون في الجرب الناتجة عن فوردا فورميكاريا.

ثمانون بالمائة من الوريقات المأخوذة لا توجد بها جرب، أما 20 بالمائة المتبقية فهي منقسمة كالتالي: 14 بالمائة لجيويكا أوتريكولاريا (71 بالمائة بالنسبة لوجود الجرب)، 3 بالمائة و 2 بالمائة على التوالي للجرب براكليبتوس سيمسيفورميس و فوردا مارجيناتا، بالمقابلة فوردا فورميكاريا موجودة في الوريقات بنسبة 0.5 بالمائة فقط.

دراسة الأنسجة على مستوى الوريقات المصابة بالجرب تظهر تغيرات خلوية على مستوى النسيج العمادي للوريقات، ازدواجية في القنوات المفردة والنسيج الوعائي مع تزايد عشوائي في الخلايا. الجرب التي تغير أطراف الوريقات هي براكليبتوس سيمسيفورميس، فوردا مارجيناتا و فوردا فورميكاريا في حين جيويكا أوتريكولاريا و بانزوجيا بيستاسياي، على الترتيب تغير العصب الرئيسي للوريقة والوريقة كاملة.

جرع المركبات الثانوية تبدي أن الجرب الناتجة عن بانزوجيا بيستاسياي (الصغيرة والبالغة) هي الغنية بهذه المركبات، غير أن الصغيرة منها فقيرة من حيث وجود الفلافونوز و الأنتوسيان على التوالي بنسبة 2 بالمائة و 6 بالمائة. جيويكا أوتريكولاريا (الصغيرة والبالغة) تقريبا متطابقتين في احتوائهما على هذه المركبات عند مقارنتها بالوريقات، هي الأقل احتواء.

كل النتائج المحصول عليها مشجعة بقدر معرفة أين نستطيع استعمال الفستق الترينتي كشجرة للفائدة الأولى في محاربة التصحر الأراضي، أيضا نستطيع استغلاله لقيمته الطبية طالما أن جربه مستعمله في الطب التقليدي.

الكلمات المفتاحية: الفستق الترينتي، علم الأنسجة، الجرب، المركبات الثانوية.

Abstract

The presence on the populating of pistachio terebinthe in the Tessala mountain (Sidi Bel Abbes wilaya), of gallicolous aphids in very large numbers led us to undertake a research on the distribution of these galls in the study station, their histoanatomy as well as their secondary metabolite composition.

The results show that the most dominant type of gall in our study station is that of the aphid *Geoica utricularia* with a rate of 63% followed by *Paracletus cimiciformis* at 14%, then the galls of *Baizongia pistaciae* and *Forda marginata* at 10%. The lowest rate is observed in galls due to *Forda formicaria*.

Eighty percent (80%) of the leaflets collected are unoccupied by galls and the remaining 20% are distributed as follows: 14% for the *Geoica utricularia* gall (71% in relation to the presence of the galls), 3% and 2% respectively for The *Paracletuscimiciformis* and *Forda marginata* galls, on the other hand, the *Forda formicaria* gall occupies only the leaflets at 0.5%.

The histology of the affected leaflets shows cellular changes in the leaflet parenchyma, a splitting of the resiniferous channels and vascular beams with an anarchical multiplication of cells. The galls which modify the margins of the leaflet are *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata* and *Forda formicaria* whereas *Geoica utricularia* and *Baizongia pistaciae* respectively modify the main vein and the complete leaflet.

Dosages of the secondary metabolites show that the gall due to *Baizongia pistaciae* (young and mature) are the richest in these co-products except that young people are poor in flavonols and anthocyanins, respectively (2% and 6%). *Geoica utricularia* (young and mature), are almost identical in their composition to these metabolites. By comparing them with the leaves, they are less rich.

All the results obtained are encouraging insofar as it will be possible to use Pistachio terebinthe as a tree of first interest in the fight against soil erosion it can also be exploited for its medicinal interest as long as galls are used in traditional medicine.

Key words: *Pistacia terebinthus* L., Histology, galls, secondary metabolites.