

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département Des Ressources Forestières

Thèse

Présentée Par :

Mme Bouchaour-Djabeur Sabiha

En vue de l'obtention du diplôme de :

Doctorat en Foresterie

Thème

**Incidence de la qualité des glands sur la
régénération du chêne-liège (*Quercus suber L.*) :
Cas des forêts oranaises (Algérie)**

Devant le jury composé de :

Président : M. Bouhraoua R.T. Professeur, Université de Tlemcen

Directeur de thèse : M. Benabdeli K. Professeur, Université de Mascara

Examineurs :

M. Alatou D. Professeur, Université de Constantine

M. Messaoudene M. Directeur de Recherche, INRF, Tizi-Ouzou

M. Benmahioul B. Maitre de conférences, Université de Tlemcen

Mme Letreuch-Belarouci A. Maitre de conférences, Université de Tlemcen

2015 / 2016

Remerciements

Voilà la partie remerciements, signe pour moi que la rédaction de ce manuscrit s'achève (enfin !). Je remercie toutes les personnes qui ont contribué, directement à ce travail ou indirectement à son déroulement. Cette phrase est tellement "classique" mais aussi tellement vraie !

Je tiens en premier lieu à remercier chaleureusement mon directeur de thèse le professeur **Benabdeli Kheloufi** (Université de Mascara) qui a cru en moi et m'a fait confiance durant toutes ces années. A l'écoute, très patient et humain, vous m'avez laissé toute latitude pour réussir cette thèse. Votre encadrement a toujours été un honneur, très complémentaire et m'a permis de développer beaucoup de mes connaissances.

Cette thèse n'aurait pas sa valeur sans le jury, à qui j'adresse mes vifs remerciements, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de prendre de leur temps pour évaluer ce travail et m'ont soutenu de diverses manières :

- Le professeur **Bouhraoua Rachid Tarik** (Université de Tlemcen), président du jury, il m'a soutenu et assisté tout au long de ma carrière post-graduation, ses critiques, ses conseils et surtout son humanité m'ont été d'un apport précieux. Merci aussi pour m'avoir transmis votre passion pour le chêne-liège et les insectes depuis mon magister.
- Le professeur **Alatou Djamel** (Université de Constantine) examinateur, il m'a gentiment accueilli dans son laboratoire de développement et valorisation des ressources phytogénétiques, où j'ai réalisé les dosages des paramètres biochimiques, il a consacré de son temps pour des discussions très fructueuses sur un monde qui était pour moi nouveau et curieusement fascinant : la morphogénèse et les réponses des plantes aux stress.
- Le directeur de Recherche **Messaoudene Mahand** (INRF de Tizi-Ouzou) examinateur, qui malgré son état de santé, ses déplacements sans arrêt et ses innombrables tâches, a su me faire bénéficier de son expérience, il s'est toujours montré disponible et à l'écoute, bravo pour sa capacité à soulever les détails, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude et mon profond respect.
- Monsieur **Benmahioule Benameur** (maitre de conférences, Université de Tlemcen) examinateur, les échanges que nous avons eus, ta patience, ta persévérance et tes conseils sans arrêts m'ont beaucoup apporté et m'ont aidé à prendre du recul. Merci aussi pour m'avoir bien dépanner pour la langue arabe.
- Madame **Letreuch-Belarouci Assia** (maitre de conférences, Université de Tlemcen) examinatrice, pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail. Merci de m'avoir fait partager tes connaissances et points de vue. Tes encouragements tout au long de la rédaction de cette thèse m'ont été très utiles.

Je suis très reconnaissante à Mr. **Bejamâa Mohammed Lahbib**, directeur de recherche à l'INRGREF (Tunisie), qui m'a proposé les premières ébauches du sujet de thèse et qui m'a accueilli dans son laboratoire. Je le remercie vivement pour sa présence, sa patience lors de nos longues discussions et surtout pour ses conseils qui ont été décisifs. Un grand Merci également à mon amie **Stiti Boutheina** (INRGREF, Tunisie) avec qui j'ai appris beaucoup de choses et qui m'a déniché des articles introuvables.

Mes vifs remerciements vont aussi à Mme **Sylvie Sabatier** et Mr. **Yves Caraglio** qui m'ont permis de suivre la formation en botanique et bioinformatique de l'Architecture des Plantes (AMAP, Montpellier), bien que très courte, elle était très intéressante.

Je remercie sincèrement les professeurs **Chakali Gahdeb** (Institut National Agronomique El-Harrach, Alger) et Bouhraoua Rachid Tarik pour l'identification et/ou la confirmation des insectes.

J'apporte toute ma reconnaissance et mon amitié à Madame **Rached-Kanouni Malika** (maître de conférences, Université de Constantine) pour m'avoir accueilli chez elle lors de mes expérimentations biochimiques, pour sa disponibilité, son aide et surtout de m'avoir appris son savoir-faire.

Au niveau de l'université de Tlemcen, Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, mes remerciements vont au Professeur **Lahfa Farid**, Doyen, au professeur Mme **Belarbi Miriem** vice Doyen de la post- graduation et au professeur **Merzouk Abdessamad** vice doyen de la pédagogie pour leur soutien et pour avoir géré les problèmes administratifs ; au professeur Mr. **Benmansour Djamel** pour ses essais de tests statistiques ; à Mrs. **Dehane B.** et **Haddouche I.** pour leurs encouragements ; à Mme **Belhoucine Latifa** pour la correction de la langue anglaise ; aux ingénieurs de laboratoires particulièrement Mrs. **Sbaa** et **Benkendil** pour leur aide matérielle et leur encouragements, à **Cherif Radia**, qui a su me remonter le moral lors des moments pénibles ; aux techniciens en informatique, **Khiredine, Amine et Sidahmed** qui m'ont dépanné avec patience lorsque j'avais des problèmes avec mon ordinateur.

Aussi, je ne pourrais jamais remercier assez Mr. **Mahdjoub Toufik** (Université de Tlemcen), pour l'aide inestimable et l'intérêt particulier qu'il a porté à ce travail, pour tout ce qu'il a pu m'apprendre (il a même réussi à me donner le goût des analyses de données !). J'ai beaucoup apprécié ses qualités tant scientifiques qu'humaines.

Je suis très heureuse de remercier Mr. **Larbi Abderrahim**, APF (Université de Tlemcen), pour avoir sacrifié ses week-ends, pour sa précieuse et inlassable aide sur le terrain par temps sec et chaud ou pluvial et froid. Je tiens à lui témoigner de mon amitié et ma profonde reconnaissance.

Je remercie tous mes **collègues** de travail et **amis** pour leurs encouragements qu'ils soient de l'université, de la conservation, du parc national ou de l'INRF de Tlemcen, qu'ils trouvent ici ma grande reconnaissance.

Remerciements et dédicaces

Ce travail a trouvé un soutien particulier auprès des services forestiers de la wilaya de Tlemcen, mes anciens collègues et amis, avec qui j'ai partagé 10 ans d'expérience et de moments inoubliables avant mon passage à l'université. Toute ma reconnaissance et ma respectueuse gratitude vont à Mr **Kazi Tani Said**, directeur du parc national de Tlemcen, ainsi que son équipe, notamment **Abdelhak Djamel, Kalai Samir, Momani Mohammed** ; Mr. **Reguieg Mohammed** (ex conservateur des forêts) et Mr. **Doumi Mohammed**, l'actuel conservateur et les ouvriers de la pépinière pour leur aide sur le terrain tant matérielle que morale.

Je remercie sincèrement les gardes communaux de Hafir et les militaires de la maison forestière de Hafir également.

J'exprime toute ma sympathie et ma grande affection à mon ex étudiante Melle. **Taib Najat** pour sa présence et son intérêt, surtout pour avoir pu me remplacer pour la prise des mesures (tous les deux jours) durant mes déplacements. Je n'oublierai pas les moments partagés ensemble au terrain, au laboratoire ou devant l'ordinateur.

Dédicaces

Comment pourrais-je oublier tous ceux qui m'entourent au-delà du cadre de travail. Merci de m'avoir soutenu et de vous être montré patients, promis je reprends une vie sociale. Parce que les remerciements sont parfois insuffisants, je dédie cette thèse à ma famille. Une pensée particulière à ma défunte **Mami** (ma très chère « tante ») et mon défunt **Baba** (mon beau-père) qui ont laissé un grand vide et restent tout le temps dans mes pensées. Que le miséricorde Dieu les accueille dans son vaste paradis.

A mes **très chers et intarissables parents**, dont la foi, la sagesse et l'honnêteté me seront toujours profitables. Pour leur amour, patience, réconforts et les sacrifices qu'ils m'ont consentis afin de mener à bien toutes mes études. J'espère qu'ils sont fiers de moi.

A ma **belle-mère**, mes **frères et sœurs**, mes **nièces et neveux**, mes **belles sœurs et beaux-frères** pour leur affection et encouragements.

A tous mes enseignants auxquels je dois ma formation scientifique depuis le primaire jusqu'à l'heure actuelle. Dans l'ordre chronologique, Mme **Aouar A.**, Mr. **Benabadji N.**, Mr. **Benabdeli K.**, Mr. **Bouazza M.**, Mr. **Bouhraoua R.T.**, Mr. **Berrichi M.**, Mr. **Guaouar A.**, Mr. **Khilil M.A.** et Mr. **Letreuche-Belarouci N.** A tous mes **collègues** de travail, mes **amis** et mes **étudiants**.

A mes trois rayons de soleil que le miséricorde Dieu m'a offert, mes bienveillants et chaleureux **Wissem, Raid et Emir**. Un très grand merci à vous, vous avez su avec beaucoup d'amour et d'humeur sacrifier vos droits, me soutenir et m'encourager.

Enfin, à toi **Hamed** (mon cher mari). Je tiens sincèrement à te remercier pour la très grande patience dont tu as su faire preuve, pour ton soutien sans faille, ta présence, ton dévouement lors des sorties sur terrain, tes encouragements et tout particulièrement ces dernières semaines. Je n'y serais pas arrivée sans toi.

Que toute omission soit prise non comme une négligence du service rendu, mais comme une défaillance de la mémoire humaine.

Sabiha

تأثير نوعية الثمرة على تجديد البلوط الفليني (*Quercus suber L.*) : حالة الغابات الغربية (الجزائر).

ملخص : تمت دراسة مهاجمة الحشرات على ثمرة البلوط الفليني في غابة من الشمال الغربي للجزائر (حفير - زاريفت) وتأثيرها على السلوك المورفولوجي والفسيلوجي للشتلات. أظهر مؤشر وفرة ثمرة البلوط الفليني أن (50%) من الأشجار تناوب إنتاج وفير مع إنتاج معتدل، (35%) تناوب إنتاج معدوم مع إنتاج ضعيف و (30%) تناوب إنتاج معدوم مع إنتاج ضعيف جدا. ثمرات البلوط لها أحجام وأشكال مختلفة من الشكل الكروي إلى شكل شبه أسطواني مستدير. مهاجمة الحشرات هو عشوائي، وليس هناك أبعاد تفضيلية للثمرة.

تقييم الإصابة يكشف أن أشجار حفير هي أقل إصابة (32%) من أشجار زاريفت (45.24%) بالنسبة إلى *Cydia fagiglandana*. فيما أن *Curculio elephas* يكشف عن معدلات متوسطة في الغابتين (21%). بالنسبة للثمرات المأخوذة من الأرض، فهي أكثر إصابة بـ *Curculio elephas* (58%) واقلها بـ *Cydia fagiglandana* (11%) في غابة زاريفت. فيما يخص حفير فالإصابات معتدلة بالنسبة للحشرتين (45-50%). دراسة جميع الثمرات بينت أن متوسط المهاجمة في شجرة الفلين (29.51%).

تأثيره على الشتلات منخفض (7%) بالنسبة لأقل الأضرار و خطير (60%) بالنسبة لبالغة الأضرار. خفضت إلى حد كبير سرعة النمو و ميزات الشتلات المورفولوجية تبعا لشدة الإصابة. تأثير الإصابة هو أيضا كبير بالنسبة للميزات البيوكيميائية. تراكم البرولين هو جد مبيّن على مستوى الساق، يليه أوراق الموجة الثانية. تراكيز السكريات الذائبة أكثر تراكما في أوراق الموجة الثانية.

الكلمات المفتاحية : الغرب الجزائري ، بلوط الفلين ، تجديد ، مهاجمة الثمرة ، الميزات المورفولوجية ، الاستجابة للإجهاد.

Incidence de la qualité des glands sur la régénération du chêne-liège (*Quercus suber L.*) : Cas des forêts oranaises (Algérie).

Résumé : L'incidence de la déprédation des glands du chêne-liège par les insectes sur le comportement morphologique et physiologique des semis a été étudiée dans une subéraie de montagne au Nord-Ouest algérien (Hafir-Zarieffet). L'indice d'abondance de la glandée a montré que 50 % des chênes-liège alternent les glandées abondantes avec les glandées moyennes, 35 % alternent les glandées nulles avec les glandées faibles et 30 % alternent les glandées nulles avec les glandées très faibles. Les glands ont des tailles et des formes distinctes allant de la forme arrondie sphérique à la forme sub-cylindrique. La prédation des insectes est aléatoire, il n'y a pas de préférence dimensionnelle des glands.

L'évaluation de l'infestation dévoile que les glands des arbres de Hafir sont moins infestés (32 %) que ceux de Zarieffet (45,24 %) par *Cydia fagiglandana*, alors que *Curculio elephas* dévoile des taux presque similaires (21 %). Pour les lots des sols, ceux de Zarieffet sont remarquablement infestés par *Curculio elephas* (58 %) et à peine 11 % par *Cydia fagiglandana*. Ceux de Hafir présentent une infestation moyenne pour les deux insectes (45 à 50 %).

Pour l'ensemble des glands étudiés, la dispersion moyenne de la déprédation des glands par arbre est de 29,51 %. Son incidence sur le recrutement des semis est faible (7 %) pour les faiblement endommagés et sérieuse (60 % de réduction) pour les fortement endommagés. Elle a considérablement réduit la vitesse de croissance des paramètres morphologiques des semis en fonction de l'intensité de l'infestation. L'effet de l'infestation est significatif également pour les paramètres biochimiques. L'accumulation de la proline est bien marquée au niveau des tiges, suivie par des teneurs moindres au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance. Pour les sucres solubles, les teneurs les plus élevées s'accumulent au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance.

Mots clés : Ouest algérien, chêne-liège, régénération, déprédation des glands, paramètres morphologiques, réponse au stress.

Impact of the quality's acorns on the regeneration of the cork oak (*Quercus suber L.*) : Case of the Oranian forests (Algeria).

Summary: The incidence of insects' depredation of cork oak acorns on morphological and physiological behavior of a mountain cork oak forest seedlings in the Northwest of Algeria (Hafir-Zarieffet), was studied. The abundance index of acorns showed that 50% of cork oaks alternate abundant harvest with medium harvest, 35% no harvest alternate with weak harvest and 30% no harvest alternate with very low harvest. Acorns have different sizes and shapes going from the rounded spherical shape to sub-cylindrical shape. Insect predation is random, there is no dimensional preference of acorns.

The evaluation of insects' infestation reveals that in Hafir acorns are less infested (32%) by *Cydia fagiglandana* than in Zarieffet (45.24%) while *Curculio elephas* reveals almost similar rates (21%). For soil lots, those of Zarieffet are remarkably infested by *Curculio elephas* (58%) but only 11% by *Cydia fagiglandana*. Those of Hafir have an average infestation of 45 to 50% for the two insects.

For all studied acorns, the average dispersion of the acorn depredation per tree is 29.51%. Its impact on seedling recruitment is low (7%) for slightly damaged and serious (60% discount) for highly damaged. It significantly reduce the morphological parameters of seedlings growth rate according to the intensity of the infestation. The effect of the infection is also significant for the biochemical parameters. The accumulation of proline is well marked at the stems, followed by lower grades at the leaf level of the second growth wave. For soluble sugars, the highest concentrations accumulate in the leaves of the second growth wave.

Keywords: West Algerian, cork oak, regeneration, acorns' depredation, morphological parameters, stress response.

Liste des principales abréviations

µmol/mgMS : Micromole/milligrammes de matière sèche.

A.E.F.C.O. : Administration des Eaux et Forêts de la Conservation d'Oran.

A.E.F.C.T. : Administration des Eaux et Forêts de la Conservation de Tlemcen.

A.N.R.H. : Agence nationale des ressources hydrauliques.

A.P.C.O.R. : Associação Português di Cortiça (Association Portugaise du liège).

A1 ; A2 ;A50 : Les arbres de Hafir et Zariéffet.

AH / AF : Acides humiques / acides fulviques.

B.N.E.D.E.R. : Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.

C.E.F.M. : Circonscription des eaux et des forêts de Maghnia.

C.E.M.A.G.R.E.F. : Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.

C.F.W.M. : Conservation des Forêts de la Wilaya de Mascara.

C.F.W.O. : Conservation des Forêts de la Wilaya d'Oran.

C.F.W.T. : Conservation des Forêts de la Wilaya de Tlemcen.

C.I.P.S. : Code International des Pratiques Subéricoles.

C.O.I.T. : Conservation d'Oran, Inspection de Tlemcen.

C.P.R. : Cahier Populaire de Reboisement.

C.P.T. : Cahier des prescriptions spéciales.

C.R.P.F. : Centre Régional de la Propriété Forestière (France).

Cu ; Cy *Curculio elephas ; Cydia fagiglandana*.

D.G.D.: Direction générale des douanes.

D.G.F. : Direction générale des forêts.

DO : Densité optique.

Esp.N.D : Espèces non déterminées.

Liste des principales abréviations

F.M.I. : Font monétaire international.

G.G.A. : Gouvernement Général d'Algérie.

G0 ; G1 ; G2 ; G3 ; G4 : Glandée nulle ; très faible ; faible ; moyenne ; abondante.

GF : Glands faiblement endommagés

GFt : Glands fortement endommagés

GGT ; GPT : Glands à grands trous ; glands à petits trous.

GP : Glands pourris (attaqués par les champignons).

GPT : Glands avec petits trous.

GS : Glands sains.

GV : Glands vides.

H(%) ; PF ; PS : teneur en eau ; poids frais ; poids sec

H1 ; H2 ; H3 ; H4 ; H5 ; Z1 ; Z2 ; Z3 ; Z4 ; Z5 : les placettes de Hafir et Placettes de Zariéffet.

HA ; ZA : Glands des arbres de Hafir ; glands des arbres de Zariéffet.

HS ; ZS : Glands des sols de Hafir ; glands des sols de Zariéffet.

HZ : Glands des arbres et sols de Hafir et de Zariéffet.

I ; P ; T : indice d'aridité ; Pluviométrie moyenne annuelle ; Température moyenne annuelle

I.M.L. : Institut méditerranéen du liège.

I.P.R.O.C.O.R. : Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal.

I.S.T.A. : Association internationale d'essais de semences.

Iag : Indice d'abondance globale.

Iai : Indice d'abondance individuelle.

Ie ; PE ; M : Indice de sécheresse estivale ; précipitations estivales ; moyenne des maxima du mois le plus chaud

J.L. : Jours lumineux

L ; la ; P : grand diamètre ; petit diamètre ; poids

L.T.P.O. : Laboratoire des travaux publics de l'Ouest.

N : Nombre

NGH : Nombre de glands à Hafir.

NGZ : Nombre de glands à Zarieffet.

O.D.A.R.C. : Office du Développement Agricole et Rurale de Corse.

O.N.T.F. : Office national des travaux forestiers.

P.I.B. : Produit intérieur brut.

P.N.R. : Plan National de Reboisement

PFV1 ; PFV2 ; PT ; PR : proline des feuilles de la vague 1 ; proline des feuilles de la vague 2 ; proline des tiges ; proline des racines.

PGSA ; PGFA : Proline des glands sains des arbres ; proline des glands faiblement endommagés des arbres.

Q_x : Quintaux.

SI : Surface infestée

SSFV1 ; SSFV2 ; SSP ; SSR : Sucres solubles des feuilles de la vague 1 ; sucres solubles des feuilles de la vague 1 ; sucres solubles des tiges ; sucres solubles des racines.

SSGSA ; SSGFA : sucres solubles des glands sains des arbres et sucres solubles des glands faiblement endommagés des arbres

TPM : Taux de plants morts

V1 : 1^{ère} vague de croissance

V2 : 2^{ème} vague de croissance

Q₂ (Quotient pluviothermique) = $2000 P / M^2 - m^2$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,2$)

m : moyenne des minima du mois le plus froid ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,2$).

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Répartition du chêne-liège en Algérie par région subéricole	14
Tableau 1.2 : Concurrence biologique de <i>Quercus suber</i> en Oranie (Benabdeli, 2009)	32
Tableau 1.3 : Situation des subéraies oranaises (Benabdeli, 2009)	32
Tableau 1.4 : Taux de réussite des reboisements en chêne-liège en Algérie des campagnes 2001-2011 à la réception des travaux (soit 24 mois après leur démarrage), exceptée la campagne 2012 (travaux non réceptionnés) (Bouhraoua et al., 2014)	33
Tableau 1.5 : Répartition des surfaces reboisées et taux de réussite des campagnes de plantation 2004-2011 (réceptionnées) et 2012-2013 (non réceptionnées) dans la région Ouest de l'Algérie (Bouhraoua et al., 2014)	34
Tableau 2.1 : Superficie estimées des forêts de chêne-liège en hectares dans le monde (Lamey, 1893 ; I.P.R.O.C.O.R., 1999 ; Santos Pereira et al., 2008)	45
Tableau 2.2 : Production mondiale de liège (I.P.R.O.C.O.R., 2000)	63
Tableau 5.1 : Coordonnées géographiques des forêts d'étude	114
Tableau 5.2 : Caractéristiques des stations de référence et périodes d'observation	120
Tableau 5.3 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) pour les deux périodes de référence 1914 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 – 2008 (ANRH, 2008)	123
Tableau 5.4 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) pour les deux périodes de référence 1914 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (ANRH, 2008)	126
Tableau 5.5 : Valeurs moyennes minimales (m°C) pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (O.N.M, 2008)	126
Tableau 5.6 : Valeurs moyennes maximale (M°C) pour les deux périodes 1914 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 – 2008 (ANRH, 2008)	126
Tableau 5.7 : Indice de continentalité pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (O.N.M, 2008) 1914 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 – 2008 (ANRH, 2008)	128
Tableau 5.8 : Indice de sécheresse estivale pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (O.N.M, 2008)	129
Tableau 5.9 : Etage de végétation du chêne-liège	129
Tableau 5.10 : Indice de De Martonne pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (O.N.M, 2008)	130
Tableau 5.11 : Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques	132
Tableau 6.1 : Différentes classes des descripteurs écologiques et forestiers des placettes	145
Tableau 6.2 : Différentes classes des descripteurs des arbres	148

Liste des tableaux

Tableau 6.3 : Descripteurs écologiques et forestiers des placettes	151
Tableau 6.4 : Valeurs moyennes et écart-types des caractéristiques dendrométriques et d'exploitation des arbres dans les dix placettes d'étude	154
Tableau 6.5 : Statistiques descriptives de l'importance de la glandée des forêts domaniales Hafir (NGH) et Zariéffèt (NGZ) au cours des années 2009, 2010 et 2011	162
Tableau 6.6 : Distribution des chênes-liège de Hafir et Zariéffèt selon l'importance et la fréquence des glandées entre 2009 et 2011	162
Tableau 6.7 : ANOVA à un facteur contrôlé	164
Tableau 6.8 : ANOVA à deux entrées : nombre de glands (NG) en fonction des Forêt et des Années	166
Tableau 6.9 : ANOVA à deux entrées : nombre de glands (NG) en fonction des arbres et des Années	166
Tableau 7.1 : Effet des provenances sur la teneur en eau des glands	173
Tableau 7.2 : Effet des placettes et lots sur la teneur en eau des glands	175
Tableau 7.3 : Effet des provenances sur le poids sec des glands	176
Tableau 7.4 : Effet des placettes sur le poids sec des glands	177
Tableau 7.5 : ANOVA à un facteur contrôlé	178
Tableau 7.6 : Statistiques descriptives du grand diamètre (L cm), petit diamètre (la cm), poids (P g) et groupements par le test de Tukey des glands de chêne-liège de Hafir et Zariéffèt	180
Tableau 7.7 : ANOVA à un facteur contrôlé des paramètres	181
Tableau 7.8 : Test T à 2 échantillons de la distribution qualitative des glands en fonction des Forêts (arbres de Hafir et arbres de Zariéffèt)	183
Tableau 7.9 : Test T à 2 échantillons de la distribution qualitative des glands en fonction des provenances (arbres et sols)	183
Tableau 7.10 : ANOVA à un facteur contrôlé : Taux d'infestation des glands des arbres des deux forêts en fonction des deux insectes	191
Tableau 7.11 : ANOVA à un facteur contrôlé : Taux d'infestation des glands des sols des deux forêts en fonction des deux Insectes et moyennes estimées par le test de Tukey	192
Tableau 7.12 : ANOVA à un facteur contrôlé : Surface infestée en fonction des provenances et moyennes estimées par le test de Tukey	194
Tableau 8.1 : Critères et disposition des semis réalisés	197

Liste des tableaux

Tableau 8.2 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux d'émergence des arbres (17) et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance	212
Tableau 8.3 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux d'émergence des 19 lots et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance	212
Tableau 8.4 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux de survie des arbres (17) et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance	215
Tableau 8.5 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux de survie des 19 lots et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance	215
Tableau 8.6 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale en fonction des états de santé	217
Tableau 8.7 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale des semis issus des glands sains (HTS mm) en fonction de Provenances (19 lots)	218
Tableau 8.8 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale des semis issus des glands faiblement endommagés (HTF mm) en fonction de Provenances (19 lots)	218
Tableau 8.9 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale des plantules issues des glands fortement endommagés (HTFt mm) en fonction des Provenances (19 lots)	218
Tableau 8.10 : ANOVA à deux entrées de la hauteur totale des plantules HT (mm) en fonction des provenances et de l'état de santé des glands	219
Tableau 8.11 : ANOVA à un facteur contrôlé du diamètre au collet des plantules (D mm) en fonction des états de santé	220
Tableau 8.12 : ANOVA à un facteur contrôlé du diamètre au collet des plantules issues des glands fortement endommagés (DFt mm) en fonction des Provenances (19 lots)	220
Tableau 8.13 : ANOVA à un facteur contrôlé du nombre de feuilles des plantules (NF) en fonction des états de santé	222
Tableau 8.14 : ANOVA à un facteur contrôlé de la surface foliaire de la vague 1 (V1 mm ²) des plantules en fonction des états de santé	223
Tableau 8.15 : ANOVA à un facteur contrôlé de la surface foliaire de la vague 2 (V2 mm ²) des plantules en fonction des états de santé	223
Tableau 8.16 : Durées moyennes des phases d'allongement caulinaire, Repos apparent du bourgeon apical (jours) et ensembles foliaires des semis de chêne-liège en fonction de l'état sanitaire des glands	228
Tableau 8.17 : Valeurs moyennes de l'allongement caulinaire (mm/2jours) et du plastochronne apparent (Feuilles/2jours) en fonction de l'état de santé des glands	229

Liste des tableaux

Tableau 8.18 : ANOVA Récap. à un facteur contrôlé de la hauteur (H mm) en fonction de Vagues des plants issus des glands sains, faiblement et fortement endommagés	234
Tableau 8.19 : ANOVA à deux entrées : Proline $\mu\text{mol/mgMS}$ en fonction des états de santé et des organes	237
Tableau 8.20 : ANOVA à deux entrées : Sucres solubles $\mu\text{mol/mgMS}$ en fonction des états de santé et des organes	238
Tableau 9.1 : Valeurs propres et taux d'inertie	243
Tableau 9.2 : Contributions des variables à la construction des axes sur le plan factoriel principal	244
Tableau 9.3 : Coefficients de corrélation (r) entre les indices d'abondance globale (Iag) de la glandée et quelques paramètres écologiques, forestiers et individuels	246
Tableau 9.4 : Coefficients de corrélation (r) entre le taux d'infestation et quelques paramètres écologiques, forestiers et individuels	258

Liste des figures

Figure 1.1 : Présentation du patrimoine forestier national (D.G.F., 2013)	10
Figure 1.2 : Carte des ressources économiques d'Algérie du Nord (Pervillé, 2003)	15
Figure 1.3 : Répartition géographique des peuplements de chêne-liège dans la région oranaise (Dehane, 2012)	16
Figure 1.4 : Composition de la subéraie algérienne (B.N.E.D.E.R., 2008 in D.G.F., 2013)	30
Figure 1.5 : Aire de répartition et aire écologique de la subéraie (D.G.F., 2013)	31
Figures 1.6 : Fluctuation annuelle (A) (1963 – 2012) et périodique (B) (1964 – 2010) de la production du liège en Algérie (en quintaux) (D.G.F., 2013)	38
Figure 2.1 : Proportion de distribution mondiale du chêne-liège (A.P.C.O.R., 2006)	44
Figure 2.2 : Distribution du chêne-liège dans son aire géographique Méditerranéenne et Atlantique (Bohbot et al., 2005)	46
Figure 2.3. Le modèle de dépérissement des arbres forestiers (Abdenbi, 2003)	66
Figure 2.4 : Dépérissement du chêne-liège résulte de multiples interactions (Amandier, 2006)	67
Figure 2.5 : Superficies incendiées de chêne-liège en Algérie (1985 – 2012) (D.G.F., 2013)	77
Figure 3.1 : Diagramme illustrant l'influence de certains facteurs biotiques et abiotiques sur quelques phases du processus de régénération (Price et al., 2001)	80
Figure 3.2 : Schéma de gland de chêne-liège (Saouli, 2009)	84
Figure 3.3 : Méthodes de régénération artificielle par plantation au Portugal (Varela et Piazzetta, 2013)	97
Figure 4.1: Principaux critères de sélection de la plante hôte par les insectes en fonction de la distance (Anatole-Monnier, 2014)	107
Figure 4.2 : Représentation schématique des réponses de défense de la plante aux différents stress biotiques et abiotiques (Ziadi, 2001)	110
Figure 5.1 : Situation géographique du massif forestier Hafir-Zarieffet (A) : Original ; (B) et (C) : Sauvagnac, 1956 modifiées par Dehane, 2012	116
Figure 5.2 : Extrait du schéma géologique du littoral Oranais (Gourinard, 1958 modifiée par Dehane, 2006)	117
Figure 5.3 : Carte pluviométrique de l'Algérie, la région d'étude est encadrée (Pervillé, 2003)	121
Figure 5.4 : Répartition annuelle des pluies de Hafir (1962 - 2008) et Zarieffet (1961 - 2008)	122

Liste des figures

Figure 5.5 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) pour les deux périodes de référence 1914 - 1938 et 1975 – 2008	124
Figure 5.6 : Régime saisonnier des précipitations dans les deux forêts entre ancienne (1913-1938) et nouvelle période (1975-2008)	124
Figure 5.7 : Distribution des précipitations mensuelles (1975 - 2008) des deux forêts	125
Figure 5.8 : Indice d'aridité de De Martonne (1926) pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (O.N.M, 2008)	130
Figure 5.9 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausson (1953) pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (O.N.M, 2008)	132
Figure 5.10 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger au cours de la période ancienne (Pa) et nouvelle (Pn)	133
Figure 5. 11 : Evolution annuelle de la production du liège à Hafir (CFWT, 1996 et 2012)	140
Figure 5.12 : Evolution périodique de la production du liège dans la subéraie de Zariéffet (CFWT, 1996 et 2012)	141
Figure 5.13 : Statistique des superficies incendiées à Hafir et Zariéffet (1882 - 2005) (CFWT, 2012)	143
Figure 6.1 : Répartition des placettes d'étude dans les forêts Hafir et Zariéffet (Original)	150
Figure 6.2 : Distribution des classes de hauteur totale des arbres échantillons	155
Figure 6.3 : Distribution des classes de circonférence des arbres échantillons	155
Figure 6.4 : Distribution des classes du nombre d'écorçage des arbres échantillons	156
Figure 6.5 : Distribution des classes de hauteur d'écorçage des arbres échantillons	157
Figure 6.6 : Distribution des classes de coefficient d'écorçage des arbres échantillons	157
Figure 6.7 : Distribution des classes d'état sanitaire des arbres échantillons	158
Figure 6.8 : Distribution des classes de qualité des feuilles des arbres échantillons	159
Figure 6.9 : Répartition annuelle de la glandée des chênes-liège entre 2009 et 2011 selon les 5 classes d'abondance	161
Figure 6.10 : (A) : Indice d'abondance globale (Iag) des chênes-liège de Hafir et Zariéffet entre 2009 et 2011. (B) : Distribution des chênes-liège de Hafir et Zariéffet selon l'importance et la fréquence des glandées entre 2009 et 2011	162
Figure 6.11 : (A, B) Effet des individus producteurs sur l'importance de la glandée des forêts Hafir et Zariéffet durant les années 2009, 2010, 2011. (C, D) Effet des années sur l'importance de la glandée des forêts Hafir et Zariéffet (NGH =Nombre de glands à Hafir ; NGZ = Nombre de glands à Zariéffet)	165
Figure 6.12 : Proportion des chênes-liège stériles des forêts Hafir et Zariéffet entre 2009 et 2011	167

Liste des figures

Figure 6.13 : Stabilité et Fluctuation interannuelle de la glandée des chênes-liège au niveau des placettes et des forêts entre 2009 et 2011	168
Figure 7.1 : Distribution de la teneur en eau des glands de chêne-liège en fonction des provenances	174
Figure 7.2 : Distribution de la teneur en eau des glands en fonction des placettes	175
Figure 7.3 : Distribution du poids sec des glands en fonction des provenances	177
Figure 7.4 : Distribution du poids sec des glands en fonction des placettes	178
Figure 7.5 : Distribution qualitative des glands de chêne-liège par provenance	182
Figure 7.6 : Taux d'infestation du massif Hafir-Zarieffet par classes	189
Figure 7.7 : Taux d'infestation moyen des glands des arbres et des sols par les insectes	190
Figure 7.8 : Taux d'infestation des glands des deux forêts par les insectes	190
Figure 7.9 : Taux d'infestation des glands des arbres des deux forêts par <i>Cydia fagiglandana</i> et <i>Curculio elephas</i>	191
Figure 7.10 : Taux d'infestation des glands des sols par <i>Cydia fagiglandana</i> et <i>Curculio elephas</i>	192
Figure 7.11 : Taux d'infestation moyen des glands des arbres (HA, ZA) et sols (HS, ZS) des forêts et du massif Hafir-Zarieffet (HZ)	193
Figure 7.12 : Fréquence des individus en fonction du taux d'infestation moyen du massif Hafir-Zarieffet	193
Figure 7.13 : Surface moyenne infestée et dispersion intra-forêt	194
Figure 7.14 : Surface moyenne infestée des glands des arbres, sols et forêts	195
Figure 8.1 : Cinétique de levée des semis de chêne-liège des 19 lots (Arbres et sols)	204
Figure 8.2 : A gauche, Cinétique de levée des plantules de chêne-liège. A droite, Taux de levée, de survie, de plants morts et des glands qui n'ont pas donné de plants des semis en fonction du temps et de l'état sanitaire des glands	205-211
Figure 8.3 : Taux en fonction de l'état sanitaire des glands. (A) : de levée des semis ; (B) : de survie ; (C) : de plants morts ; (D) : de glands qui n'ont pas donné de plants ; (E) : de levée (TG) et de survie (TS) des semis des arbres (HA, ZA) et sols (HSOL, ZSOL) de Hafir et Zarieffet	213-214
Figure 8.4 : Croissance en hauteur des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)	216
Figure 8.5 : Croissance en hauteur totale moyenne des plantules en fonction des états de santé	217
Figure 8.6 : Croissance du diamètre au collet des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)	219

Liste des figures

Figure 8.7 : Croissance du diamètre au collet moyen des plantules en fonction des états de santé	220
Figure 8.8 : Evolution du nombre moyen des feuilles en fonction des états de santé	221
Figure 8.9 : Nombre de feuilles des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)	221
Figure 8.10 : Nombre moyen des feuilles des plantules en fonction des états de santé	222
Figure 8.11 : Surface foliaire moyenne (mm^2) par vague et par état de santé	223
Figure 8.12 : Surface foliaire des vagues 1 et 2 ($V \text{ mm}^2$) des plantules en fonction des états de santé	224
Figure 8.13 : Surface foliaire par vague de croissance des feuilles des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)	224
Figure 8.14 : Cinétique de la croissance en hauteur moyenne des semis de chêne-liège issus des glands sains, faiblement endommagés et fortement endommagés	227
Figure 8.15 : Durées en jours des phases d'allongement caulinaire et de Repos apparent des semis de chêne-liège en fonction de l'état sanitaire des glands	227
Figure 8.16 : Croissance de chêne-liège ayant édifié 4 vagues de croissance, où chaque unité structurale est composée de la même manière. Le diagramme montre la longueur des limbes assimilateurs (feuilles en mm), la nature et le nombre des ensembles foliaires (à droite), la longueur des entre nœuds (mm) selon leur rang sur la tige (à gauche). (A): plant issu d'un gland sain. (B) : plant issu d'un gland faiblement endommagé ayant le nombre de feuilles élevé en V2 et reste relativement stable en V3. (C) : plant issu d'un gland fortement endommagé	231
Figure 8.17 : Croissance de chêne-liège par vagues successives, où chaque unité structurale est composée de la même manière. Le diagramme montre la longueur des limbes assimilateurs (feuilles en mm), la nature et le nombre des ensembles foliaires (à droite), la longueur des entre nœuds (mm) selon leur rang sur la tige (à gauche). (A) : plant issu d'un gland sain ayant édifié 2 vagues seulement, mais à croissance comparable à celle des autres semis à 4 vagues de croissance. (B) : plant issu d'un gland fortement endommagé ayant édifié 2 vagues avec un nombre de feuilles relativement stable et absence de lien entre la longueur de la feuille et longueur de l'entre-nœud. (C) : plant issu d'un gland sain (A6) ayant édifié 1 vague de croissance et enregistrant une irrégularité accusée concernant l'émission des feuilles, leurs longueurs et l'allongement des entre-nœuds.	232
Figure 8.18 : Proportion des semis ayant édifié n vagues de croissance	234
Figure 8.19 : la différence de croissance en hauteur par vagues des plants issus des glands sains, faiblement et fortement endommagés	235
Figure 8.20 : Variation des teneurs en proline (PGSA, PGFA) et sucres solubles (SSGSA, SSGFA) des glands sains et faiblement endommagés récoltés sur arbres	236
Figure 8.21 : Variation des teneurs en Proline au niveau des différents organes des semis (S), (F) et (Ft) des arbres (HA, ZA) et sols (HS, ZS) de Hafir et Zariéffet (H, Z)	238

Liste des figures

Figure 8.22 : Variation des teneurs en sucres solubles au niveau des différents organes des semis (S), (F) et (Ft) des arbres (HA, ZA) et sols (HS, ZS) de Hafir et Zariéffet (H, Z)	238
Figure 8.23 : Variation des teneurs en proline et sucres solubles des semis en fonction des organes et des états de santé	239
Figure 9.1 : Valeurs propres en % de la matrice de corrélation (3.8468028 1.0528950 0.5043353 0.2978808 0.1760801 0.1220061)	243
Figure 9.2 : Graphique des corrélations des variables sur les axes de l'analyse en composantes principales	245
Figure 9.3 : Relation entre l'indice d'abondance de la glandée et quelques paramètres écologiques et forestiers des forêts Hafir et Zariéffet entre 2009 et 2011	247
Figure 9.4 : Distribution du grand diamètre (L cm), petit diamètre (la cm) et poids (P g) des glands de chêne-liège en fonction des provenances	250
Figure 9.5 : Corrélations entre le taux d'infestation des glands par les insectes et quelques paramètres	258-260

Liste des planches

Planche 2.1 : Catégories de grandeur du tronc selon les conditions de végétation: : chêne-liège isolé (M'sila, 2000) et (B) : chêne-liège en peuplement serré (Hafir, 2009) (Original)	47
Planche 2.2 : Racines du chêne-liège : (A) : racines de chêne-liège nues et couvertes de liège (Zarieffet, 2011) et (B) : racines d'un jeune plant (2010) (Original)	49
Planche 2.3 : Liège mâle et liège de reproduction (Zarieffet, 2010) (Original)	50
Planche 2.4 : Feuilles de chêne-liège (Hafir, 2010) (Original)	51
Planche 2.5 : Pavillon du Portugal à l'exposition universelle de Shanghai, entièrement revêtu de liège (planeteliège.com in Piazzetta, 2014)	61
Planche 3.1 : Inflorescences mâles et femelles du chêne-liège (Hafir, 2010) (Original)	81
Planche 3.2 : Cupules et glands de chêne-liège (Hafir, 2010) (Original)	83
Planche 3.3 : Maturation du gland de chêne-liège du vert au marron (Hafir, 2010) (Original)	85
Planche 3.4 : Régénération naturelle dans la subéraie de Hafir (Original)	90
Planche 3.5 : Observation d'un drageon (Brun, 2014)	92
Planche 3.6 : Observation de rejets de souche (Brun, 2014)	93
Planche 3.7 : Sylvopastoralisme en forêt (www.idele.fr/ , 2015)	98
Planche 6.1 : Quelques caractéristiques écologiques et forestières des placettes : A : Sous bois moyen à dense à Hafir (Original, 2010) ; B : Pâturage et présence humaine en forêt domaniale de Zarieffet (Original, 2010) ; C et D : Chênes-liège déformés pleins de gourmands à Hafir (Original, 2010).	153
Planche 6.2 : Quelques descripteurs des troncs et feuilles des arbres : A et B : Trous d'insectes sur troncs de chênes-liège à Hafir et Zarieffet (Original, 2009) ; C : Feuilles malades à Zarieffet (Original, 2009)	159
Planche 7.1 : Différents calibres de glands des chênes-liège de Hafir et Zarieffet (Original, 2010)	179
Planche 7.2 : Différentes catégories des glands de chêne-liège de Hafir et Zarieffet (Original, 2010)	182
Planche 7.3 : Trous d'émergence, larves et dégâts des insectes ravageurs des glands de chêne-liège de Hafir et Zarieffet : <i>Cydia sp.</i> (A) - <i>Curculio elephas</i> (C et E) - <i>Cydia fagiglandana</i> (F et H) (Original, 2010) ; Adultes (B, D, G) (www.galerie-insecte.org.html , 2010)	185-186
Planche 8.1 : Gland de chêne-liège faiblement endommagé (Original)	197
Planche 8.2 : Mise en culture, système et conduite d'élevage des semis de chêne-liège (Original)	200
Planche 8.3 : Jeune plant de chêne-liège avec 2 vagues de croissance	226

Remerciements et dédicaces

Résumés (Arabe, français et anglais)

Liste des abréviations

Listes des tableaux, figures et planches

Table des matières

<i>Introduction générale</i>	1
<i>Objectifs de la thèse</i>	6

PARTIE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Ecosystème forestier algérien

1.1. La forêt algérienne	9
1.1.1. Originalité et fonctionnement des écosystèmes naturels	9
1.1.2. Production forestière.....	11
1.1.3. Conclusion.....	13
1.2. La subéraie algérienne	13
1.2.1. Répartition géographique.....	13
1.2.1.1. Les subéraies oranaises littorales	16
1.2.1.2. Les subéraies oranaises de montagne	18
1.2.2. Historique.....	21
1.2.2.1. L'époque romaine : 46 avant JC- 429 après JC	22
1.2.2.2. L'époque Arabo-musulmane : 681-1300 après JC.....	22
1.2.2.3. L'époque ottomane-précoloniale : 1529-1830.....	23
1.2.2.4. L'époque coloniale : 1830-1962	24
1.2.2.4.1. <i>La première période : 1838-1848</i>	25
1.2.2.4.2. <i>La deuxième période : 1849- 1892</i>	25
1.2.2.4.3. <i>La troisième période : 1892-1950</i>	27
1.2.2.4.4. <i>La quatrième période : 1954-1962</i>	28
1.2.2.5. L'époque post- indépendance	28
1.2.3. Aspect actuel de la subéraie algérienne.....	29
1.2.4. Production du liège en Algérie.....	35

Chapitre 2 : Considérations générales sur le chêne-liège

2.1. Origine géographique	39
2.2. Taxonomie et diversité génétique	40
2.3. Aire de répartition	42
2.4. Description botanique et forestière	46
2.4.1. Physionomie et longévité	46
2.4.2. Appareil végétatif	48
2.4.3. Appareil reproducteur	52
2.5. Autoécologie	52
2.6. Sylviculture et aménagement	56
2.7. Peuplements de chêne-liège	58
2.8. Importance écologique	59
2.9. Importance socio-économique	59
2.10. Facteurs de dégradation des subéraies	63
2.10.1. Causes et mécanismes du dépérissement	63
2.10.1.1. Actions anthropiques	68
2.10.1.1.1. <i>Coupes, récolte de bois et de glands, défrichements</i>	68
2.10.1.1.2. <i>Surpâturage</i>	69
2.10.1.1.3. <i>Aménagement et traitements sylvicoles non adaptés</i>	69
2.10.1.2. Maladies physiologiques	70
2.10.1.3. Champignons	71
2.10.1.3.1. <i>Champignons de dépérissement</i>	71
2.10.1.3.2. <i>Champignons des glands</i>	72
2.10.1.4. Insectes	73
2.10.1.4.1. <i>Insectes défoliateurs</i>	73
2.10.1.4.2. <i>Insectes xylophages</i>	73
2.10.1.4.3. <i>Insectes sous-corticaux</i>	74
2.10.1.4.4. <i>Insectes racinaires</i>	74
2.10.1.4.5. <i>Insectes ravageurs de glands</i>	75
2.10.1.5. Autres ravageurs	75
2.10.1.6. Incendies	75

Chapitre 3 : Régénération du chêne-liège et croissance

3.1. Introduction	78
3.2. La régénération : une phase-clé	78
3.2.1. Production des graines et dispersion.....	79
3.2.1.1. Les fleurs	79
3.2.1.2. Les glands.....	82
3.2.2. Germination et établissement des semis	86
3.3. Méthodes de régénération	89
3.3.1. Régénération naturelle.....	90
3.3.2. Régénération artificielle ou assistée.....	91
3.3.2.1. Régénération assistée par drageonnement.....	91
3.3.2.2. Régénération assistée par recépage.....	92
3.3.2.3. Régénération artificielle par semis direct	94
3.3.2.4. Régénération artificielle par plantation.....	94
3.4. Essais de régénération des subéraies dans divers pays	96
3.4.1. Au Portugal (Varela et Piazzetta, 2014).....	96
3.4.2. En Estrémadure, Espagne (Puebla Ovando et Piazzetta, 2014).....	97
3.4.3. En Sardaigne, Italie (Ruiu et al., 2013)	98
3.4.4. En Pyrénées- Orientales et dans les Maures, France (Piazzetta, 2013 et Amandier, 2014).....	99
3.4.5. En Tunisie (Stiti et al., 2014).....	100
3.4.6. En Maâmora, Maroc (El Antry et Piazzetta, 2014)	100
3.4.7. En Algérie (Bouhraoua et al., 2014)	101
3.5. Croissance des plants	102
3.5.1. Croissance racinaire.....	102
3.5.2. Croissance rythmique (aérienne)	102

Chapitre 4 : Les interactions entre les plantes et leurs bio-agresseurs

4.1. Définition du terme « stress de la plante »	105
4.2. Quelques généralités sur les interactions entre les plantes et leurs bio-agresseurs	105

4.2.1. Processus de sélection de la plante hôte par les insectes	106
4.3. Mécanismes de défense.....	108
4.3.1. Composés produits par la plante hôte.....	109
4.3.1.1. Proline	110
4.3.1.2. Sucres solubles.....	111

PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre 5 : Présentation du milieu d'étude

5.1. Choix de la zone d'étude	113
5.2. Présentation géographique et administrative	113
5.3. Orographie et réseau Hydrographique	114
5.4. Géologie.....	117
5.5. Pédologie.....	118
5.6. Climat	119
5.6.1. Introduction	119
5.6.2. Choix des stations météorologiques	120
5.6.3. Facteurs climatiques	121
5.6.3.1. Précipitations	121
5.6.3.1.1. Répartition annuelle des précipitations	122
5.6.3.1.2. Répartition moyenne mensuelle des précipitations.....	123
5.6.3.1.3. Régime saisonnier des précipitations.....	124
5.6.3.2. Températures.....	125
5.6.3.2.1. Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)	125
5.6.3.2.2. Moyenne des minima du mois le plus froid (m°C).....	126
5.6.3.2.3. Moyenne des maxima du mois le plus chaud (M°C).....	126
5.6.3.3. Autres facteurs.....	127
5.6.3.3.1. Le vent.....	127
5.6.3.3.2. L'humidité	127
5.6.3.3.3. La neige.....	127
5.6.3.3.4. La gelée.....	127
5.6.4. Synthèse climatique	127
5.6.4.1. Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité	128

5.6.4.2. Indice de sécheresse estivale (le).....	128
5.6.4.3. Etage de végétation ou zonation altitudinale	129
5.6.4.4. Indice de De Martone.....	129
5.6.4.5. Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson	131
5.6.4.6. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	131
5.7. Description forestière.....	134
5.7.1. La forêt de Hafir	134
5.7.2. La forêt de Zarieffet.....	137
5.8. Production subéricole	138
5.8.1. La subéraie de Hafir	139
5.8.2. La subéraie de Zarieffet	140
5.9. Incendies	142

Chapitre 6 : Echantillonnage et description des placettes

6.1. Méthodologie de travail.....	144
6.1.1. Echantillonnage.....	144
6.1.2. Description écologique et forestière des placettes.....	145
6.1.3. Descripteurs dendrométriques, d'exploitation et sanitaires des arbres	146
6.1.4. Caractérisation de la glandée.....	146
6.1.5. Analyse Statistique	148
6.2. Résultats.....	150
6.2.1. Description écologique et forestière des placettes.....	150
6.2.2. Description dendrométrique, d'exploitation et sanitaire des arbres ...	154
6.2.3. Caractérisation de la glandée.....	159
6.2.3.1. Floraison	160
6.2.3.2. Variation de la fréquence et de l'importance de la glandée.....	160

Chapitre 7 : Etude des glands

7.1. Matériel végétal	169
7.2. Méthodes	169
7.2.1. Teneur en eau et poids sec des glands	169

7.2.2. Caractéristiques biométriques et pondérale	170
7.2.3. Etat sanitaire des glands	170
7.2.4. Etude de l'infestation des glands par les insectes.....	171
7.2.5. Analyses statistiques	172
7.3. Résultats.....	173
7.3.1. Teneur en eau et poids sec des glands	173
7.3.2. Caractéristiques biométriques et pondérale	179
7.3.3. Etat sanitaire des glands	181
7.3.4. Etude de l'infestation des glands par les insectes.....	184
7.3.4.1. Identification des insectes	184
7.3.4.2. Evaluation de l'infestation	189
7.3.4.3. Intensité de l'infestation.....	194

Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis

8.1. Matériels et méthodes	196
8.1.1. Mise en culture.....	196
8.1.2. Système et conduite d'élevage.....	197
8.1.3. Levée des plantules, survie, plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants	198
8.1.4. Croissance des plantules	198
8.1.5. Morphogénèse des plants	199
8.1.6. Réponse des glands et des semis au stress biotique	201
8.1.6.1. Description et choix de prélèvement du matériel végétal	201
8.1.6.2. Analyses biochimiques.....	201
8.1.6.2.1. Dosage de la proline.....	201
8.1.6.2.2. Dosage des sucres solubles.....	201
8.1.7. Analyse des données	203
8.2. Résultats	204
8.2.1. Levée des plantules, survie, plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants	204
8.2.1.1. Levée des plantules.....	204
8.2.1.2. Survie des plantules.....	214
8.2.1.3. Plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants	215

8.2.2. Croissance des plantules	216
8.2.2.1. Croissance en hauteur	216
8.2.2.2. Croissance du diamètre au collet.....	219
8.2.2.3. Nombre de feuilles	221
8.2.2.4. Surface foliaire.....	222
8.2.3. Morphogénèse des plants (Allongement caulinaire, repos apparent, croissance foliaire et hétéroblastie).....	225
8.2.4. Caractères biochimiques.....	236
8.2.4.1. Pour les glands.....	236
8.2.4.1.1. La proline	236
8.2.4.1.2. Les sucres solubles	236
8.2.4.2. Pour les organes des semis	237
8.2.4.2.1. La proline	237
8.2.4.2.2. Les sucres solubles	238

Chapitre 9 : Discussion générale

9.1. Description du peuplement	240
9.1.1. Situation générale	240
9.1.2. Interaction globale des descripteurs des arbres	243
9.1.3. Causes probables de la variabilité de la glandée	245
9.2. Etat sanitaire des glands	249
9.3. Infestation et distribution spatiale	252
9.4. Infestation et régénération	261
9.4.1. Germination.....	261
9.4.2. Croissance.....	264
9.4.3. Allongement caulinaire, repos apparent, croissance foliaire et hétéroblastie	265
9.4.4. Caractères biochimiques.....	267
Conclusion générale.....	271
Références bibliographiques.....	280

Annexes

Introduction générale

Ressource naturelle noble, *Quercus suber L.* a toujours été recherché pour son écorce (le liège), utilisée dans plusieurs industries, pour son bois de bonne valeur calorifique et pour ses glands très appréciés par les animaux sauvages et domestiques. Ses rôles socio-économiques, écologiques et paysagers très importants lui valent un attrait particulier sur tout le pourtour méditerranéen (Bouchaour-Djabeur et al., 2011).

Les forêts représentent un élément intégral du système de support de la vie de la planète, elles couvrent environ 30 % de la surface du globe et abritent une grande partie des espèces qui peuplent les écosystèmes terrestres. Les forêts méditerranéennes couvrent 81 millions d'hectares (9,4% de la superficie forestière mondiale) et sont constituées d'une mosaïque d'essences forestières, principalement des feuillus (environ 60%) (Mugnossa et al., 2000).

La part des subéraies ne dépasse pas les 9% soit une superficie très restreinte de 2,7 millions d'hectares, répartie autour de 7 pays : 33% au Portugal, 23% en Espagne, 10% en Italie, 1% en France, 21 % en Algérie, 15% au Maroc et 3 % en Tunisie (Aronson et al., 2009). Les formations algériennes à chêne-liège, arbre typique de la méditerranée occidentale, « couvrent approximativement une superficie de 450 000 ha, dont les véritables subéraies productives sont limitées à 229 000 ha » (Zine, 1992).

Constituant une source vitale de revenu pour certaines populations, les écosystèmes à chêne-liège en supportent aussi une des plus importantes formes de biodiversité, y compris les espèces menacées d'extinction (Santiago et Moreno Domínguez, 2005). D'un point de vue écologique, ces peuplements comptent parmi les immenses puits de carbone. Seules, les forêts de chêne-liège du Portugal séquestrent 4,8 millions de tonnes de CO₂ / an, soit 5% des émissions du pays (Fourgues, 2007).

Malheureusement, les changements globaux affectent profondément le périmètre méditerranéen et hypothèquent l'avenir de ces écosystèmes, mettant en péril la fourniture durable des multiples biens et services en faveur des populations. Ils sont fragiles, subissant des agressions multiples conduisant automatiquement à leur dégradation.

Dès 1980, les scientifiques associent le déclin des forêts méditerranéennes à la dégradation de l'état sanitaire de l'arbre ou appelé communément « Dépérissement » ou «

sénescence » (Mattson et Haak, 1987 ; Becker, 1987 ; Landmann, 1988) : en Espagne (Garolera, 1988), en France (Nageleisen et Hett, 1989), au Portugal (Sousa et al., 1995), en Italie (Marras et al., 1995), au Maroc (Bakry et Abourouh, 1996), en Tunisie (N'sibi, 2005) et en Algérie (Bouchaour-Djabeur, 2001 ; Bouhraoua et al., 2002 ; Bouhraoua, 2003 ; Dehane, 2006 ; Ghanem, 2014). L'analyse des agents explicatifs de ce phénomène, conduit à avancer que les interactions des différents facteurs biotiques et abiotiques sont d'autant plus complexes que la prédisposition à la vulnérabilité de la subéraie se développe (Bouchaour-Djabeur et al., 2011).

Les différentes études réalisées, et qui ont analysé les effets de certaines techniques sur la reprise et la croissance du chêne-liège, comme l'amélioration de la qualité des plants par la conservation des glands et autres, notamment de leur qualité physiologique (Lamey, 1893 ; Ausenac et El Nour, 1986 ; Riedacker, 1986 ; Ausenac et al., 1988 ; Argilier et al., 1993 ; Benseghir, 1996 ; Tinus, 1996 ; Girard et al., 1997 ; O'rreilly et al., 1999 ; Merouani et al., 2001 ; Harfouche, 2003 ; Chouial et al., 2004 ; Lamhamdi, 2007 ; Bouchaour-Djabeur et Merabet, 2015), conditionnent énormément le démarrage et la réussite des plantations actuelles et futures.

Depuis les années cinquante, il a été admis que la régénération par voie séminale qu'elle soit artificielle, semi directe ou naturelle est très aléatoire (Boudy, 1950 ; Marion, 1955) et demeure problématique dans presque toute la région méditerranéenne (Messaoudene, 1984 ; Sondergaard, 1991 ; Carvallo et Morais, 1996 ; Diaz-Fernande et Gil-Sanchez, 1998 ; Louro, 1999 ; Hasnaoui, 1998 ; Messaoudene et al., 1998).

Le premier aspect est lié d'après N'sibi (2005) et Marouani et al. (2001), au stock de glands, source principale de repeuplement, qui subit de grandes pertes au sol et sur l'arbre, dues aux multiples prédateurs : sangliers, cerfs, rongeurs, oiseaux, insectes ainsi que l'homme et ses animaux. Ces derniers sont très actifs et agissent tant au niveau des graines que des jeunes semis (Bouchaour-Djabeur et al., 2011).

Le deuxième aspect est lié à la lenteur de la germination des glands qui augmenterait le risque de mortalité (dessiccation) (Marouani et al., 2001) ; les reboisements tardifs qui exposent les plants au déficit et stress hydrique surtout dans les parcelles à fortes pentes, très ensoleillées et totalement débroussaillées (Messaoudène et al., 2011) ; les problèmes liés à la

physiologie et l'écologie de l'arbre comme le vieillissement, dormance embryonnaire et l'irrégularité des glandées (Sork et Bramble, 1993).

Le troisième aspect est lié à notre sens à l'absence de sylviculture qui constitue en soi la principale cause. Nous rejetons le tout sur la glandée, alors que le vide politique lié à la subériculture se manifeste fort bien en Algérie.

Situées dans une zone où l'impact humain s'est poursuivi, les forêts algériennes ont été le plus souvent pillées voire détruites par les civilisations successives qui ont trouvé des matériaux indispensables à la survie ou qui les ont considérées comme un obstacle à leur développement (Quézel, 1976). L'état actuel de ces forêts dont les subéraies, est préoccupant. En plus des problèmes habituels de dégradation des écosystèmes forestiers, ceux à chêne-liège se différencient par des difficultés de régénération exprimées en une abondance de sujets vieillissants et un déficit alarmant en peuplement de relève (Bouchaour-Djabeur et al., 2011). La production de liège diminue progressivement, elle passe de 200 000 Qx environ en 1973 à 32 212 Qx en 2012 (D.G.F., 2013), d'où la nécessité absolue de mener des actions de rénovation et de rajeunissement de ces forêts.

Un effort considérable est déployé sur le pourtour méditerranéen pour aménager les subéraies dégradées et étendre l'aire du chêne-liège. L'Algérie a autant lancé plusieurs programmes de reboisement. Dans le passé, le Cahier Populaire de Reboisement (C.P.R.) en 1963, le barrage vert dans les années 1970 - 1980, sans pour autant que le chêne-liège n'ait été pris en compte à sa juste valeur (Berriah, 2015) ; sa participation dans les différentes compagnes de plantation oscillait en effet entre 0,2 et 7% (Letreuch-Belarouci, 1991).

En 2000, un programme de réhabilitation de 20 000 ha de subéraies, suivi d'un Plan National de Reboisement (P.N.R.) sur 20 ans (2000 – 2020) (D.G.F., 2003) ont été lancés. Ils visent selon Bouhraoua et al. (2013), la reconstitution du couvert forestier national, la protection, la valorisation et le développement des ressources naturelles rentrant dans le cadre du développement durable. Les densités appliquées sont en général faibles (300 – 1000 plants / ha) par comparaison à d'autres reboisements du pourtour méditerranéen. A titre d'exemple, dans la Mamora (Maroc), la densité de plantation pratiquée varie de 900 à 2 500 plants / ha, avec une moyenne de 1500 plants / ha, ce qui est logique quand on s'intéresse aux reboisements intensifs et à l'éducation de plants d'élite d'avenir (Messaoudene et al. (2011).

Seulement, le taux de réalisation et de réussite sont restés timides, faute de plusieurs facteurs, parmi lesquels :

- Disponibilité des plants.
- Multitude des programmes et la lenteur des procédures de mise en œuvre liée à la réglementation en vigueur.
- Site de plantation.
- Provenance (centralisation la production des plants de chêne-liège au niveau national à Gerbesse (Skikda, Nord-Est de l'Algérie).
- Qualité du gland (état sanitaire, dimensions).
- Faible maîtrise des techniques d'élevage et de plantation (notamment la période).
- Entretien du jeune plant et sa mise en défens.
- Manque de suivi et évaluation des programmes de reboisement (personnel humain et matériel).
- Non-respect du coût et par conséquence des normes de réalisation des reboisements par les "casseurs de prix".

Divers stress menaceront encore la santé et la dynamique des forêts dans les années à venir sous l'effet du réchauffement global du climat prévu. Les conséquences de ce changement sont déjà palpables sur les écosystèmes forestiers, et le chêne-liège en est témoin de faiblesse sur tout le pourtour méditerranéen (Bouchaour-Djabeur et al., 2011). Le fonctionnement écophysologique du chêne-liège est fortement affecté par ces différents bouleversements climatiques comme en atteste les travaux de Ksontini, 1996 ; Ksontini et al., 1998 ; Ghouil et al., (2003) et Haldimann et Feller (2004) qui traitent l'effet de température sur les mécanismes photosynthétiques du chêne-liège.

D'autres paramètres ont aussi fait l'objet de plusieurs sujets de recherche tels que l'augmentation du CO₂ atmosphérique (Damesin et al., 1996), le stress hydrique (Flexas et Medrano, 2002), l'augmentation de la lumière (Aranda et al., 2007), l'effet combiné du stress hydrique et lumineux (Puértolas et al., 2008) et l'effet des températures extrêmes sur le métabolisme du chêne-liège (Rached-Kanouni, 2013).

Les consommateurs de tissus végétaux vivants (insectes phytophages) ont colonisé l'ensemble des niches écologiques possibles sur un arbre au cours de la lente coévolution

entre insectes et végétaux (Nageleisen, 1996). Tous les organes du chêne-liège peuvent être consommés, et c'est parmi les phytophages qu'on rencontre les « ravageurs des glands ».

Les recherches antérieures sur la structure des populations des insectes dans les subéraies et les yeuseraies algériennes, ont permis d'en suivre l'évolution au cours du temps (Chakali et al., 2002). Elles indiquent qu'au moins deux espèces de *Curculio* infestent les glands de chêne-liège avant leur chute (dispersion). Les charançons adultes qui se nourrissent des glands et n'y pondent pas, blessent les tissus, mais ils gardent une viabilité relative de cette graine.

Les mêmes auteurs ajoutent avec Derbal (2000), que les dernières glandées ont été fortement attaquées par deux charançons (*Curculio elephas* et *Curculio glandium*) et deux tordeuses (*Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana*). A l'Ouest algérien, les glands sont attaqués par *Curculio* sp., *Cydia splendana* et deux autres espèces de Tortricidae : *Eudonia angustea* et *Euzophera* sp., qui semblent nouvelles pour la faune d'Algérie (Bouhraoua, 2003 ; Bouchaour-Djabeur et al., 2011). Au Nord Est Algérien, dans la région d'El-Kala, ce sont *Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana*, et un coléoptère *Curculio* sp. (Bellal, 2008 ; Adjami, 2008 ; Saouli, 2009 ; Chaabna, 2012 ; Saadi, 2013 ; Ghanem, 2014). Ce *Curculio* est un important ravageur des glands de *Quercus* (Coutin, 1960 ; Bovey et al., 1975).

Les travaux concernant l'évaluation phytosanitaire des glands et son impact sur la germination et/ou la croissance des semis sont limités et fragmentés au niveau international (Weckerly et al., 1989 ; Stiti, 1999 ; Branco et al., 2002, Xiao et al., 2003 et 2007 ; Leiva et Fernandez-Ales, 2005 ; Abidi et Abidi, 2009) ; comme au niveau national (Algérie) (Saouli, 2009 ; Chaabna, 2012 ; Saadi, 2013 ; Ghanem, 2014 au Nord-est du pays et Bouchaour-Djabeur et al., 2011) à l'Ouest.

Pour les plantes à grosses graines comme les chênes, les dommages causés par les insectes prédateurs sont souvent complets avant leur dispersion (Crawley, 2000 ; Hulme et Benkman, 2002). La probabilité pour qu'une graine donnée puisse survivre et devienne un semis, est amplement tributaire de sa capacité à se défendre ou bien à tolérer les dommages causés par les prédateurs ou bien encore à s'échapper à ces dommages.

Actuellement, l'enquête de l'évolution des défenses des plantes exige une caractérisation des traits existants et une réconciliation de ces traits avec les forces de la

sélection naturelle qui sont (et sans doute étaient) opérants dans le système (Xiao et al., 2007). Cependant, les études qui traitent comment les prédateurs de graines influencent les traits défensifs de cette graine ou de la plante sont rares, contrairement à l'abondante littérature examinant les interactions plante-herbivore (Stowe et al., 2000 ; Strauss et Zangerl, 2002).

En notre connaissance, l'effet du stress biotique sur la morphogénèse et de même sur le métabolisme du chêne-liège, particulièrement, concernant les traits défensifs (Proline et sucres solubles), n'a jamais été abordé en Algérie, raison pour laquelle, nous avons rencontré des difficultés pour discuter les résultats de cette partie avec d'autres résultats analogues. Signalons toutefois, que le dosage des métabolites en fonction de l'infestation des glands (protéines, glucides, lipides, polyphénols) a été abordé par le travail de Saouli (2009) à l'Est du pays. La déprédation des graines doit être exceptionnellement prise en considération, car presque toute la valeur future de la plantation dépendra de l'état de santé et de la qualité génétique de la graine utilisée (Bouchaour-Djabeur et al., 2011).

Dans cette optique, nous abordons dans ce travail de recherche, l'infestation des glands, les possibilités de germination et de croissance des jeunes semis ; et l'incidence de cette infestation sur les principaux marqueurs biochimiques de tolérance aux stress biotique des glands et semis. L'étude intéresse deux forêts de production du liège dans le Nord-ouest algérien, le massif forestier de Hafir-Zarieffet (Tlemcen).

Ces subéraies souffrent également de dépérissement, sa production en liège chute graduellement, son aire régresse de plus en plus et l'allure de la forêt qu'elle constituait se trouve constamment modifiée (Bouchaour-Djabeur, 2001). Elles produisaient autrefois un liège de qualité excellente (Boudy, 1955). L'insuccès de la régénération naturelle peut-être surmonté par un recours à la régénération artificielle.

Objectifs de la thèse

L'objectif de ce travail est de définir les conséquences de l'infestation des glands par les insectes sur le comportement morphologique et physiologique des semis de chêne-liège. Pour cela, nous avons abordé trois axes : 1) l'évaluation de cette infestation dans les subéraies oranaises, 2) les changements relatifs aux paramètres morphologiques (hauteur de tige, diamètre au collet, nombre de feuilles et surface foliaire) et à l'expression spatio-temporelle

(durée d'allongement, repos apparent et hétéroblastie) et 3) l'évolution des principaux marqueurs biochimiques de la tolérance aux stress biotiques tels que les sucres solubles et la proline.

Ces différents aspects ont été expérimentés en conditions semi-contrôlées (ombrage et arrosage), en essayant de répondre aux questions suivantes :

- Quelle est l'importance de la déprédation des glands par les insectes dans les subéraies oranaises ?
- Existe-il une variabilité inter-individus producteurs de la déprédation des glands en fonction des caractéristiques des arbres-échantillons et des placettes et puis entre les glands récoltés sur l'arbre et les glands ramassés du sol ?
- L'infestation des glands par les insectes est-elle influencée par le poids du gland ?
- L'infestation des glands affecte-elle la germination des glands et l'établissement des semis ?
- Et enfin dans quelle grandeur la déprédation des glands par les insectes limite la régénération sexuelle du chêne-liège afin de déterminer les procédés de lutte ou de prévention ou la sélection d'un matériel végétal mieux adapté aux contraintes biotiques se basant sur des paramètres morphologiques et des marqueurs biochimiques mesurés en fonction de l'état de santé du gland et/ou de l'arbre producteur.

Cette étude est constituée de deux parties : une première partie de synthèse bibliographique et une deuxième partie expérimentale. Dans la première partie composée de quatre chapitres, nous avons cadré le sujet en rappelant des notions générales sur l'écosystème forestier algérien, les considérations générales sur le chêne-liège, la régénération du chêne-liège et sa croissance et réponses de la plante aux stress.

Pour la deuxième partie, nous avons fixé quatre objectifs incluant : le chapitre 5 où nous présentons le milieu physique des deux subéraies. Le chapitre 6 qui expose l'échantillonnage et la description des placettes par des descripteurs stationnels et dendrométriques et des relations entre les différents paramètres mesurés. Le chapitre 7 s'intéresse à l'étude des glands par la teneur en eau et poids sec des glands, les caractéristiques biométriques et pondérales, l'état sanitaire, la recherche sur les insectes des glands, l'évaluation de l'infestation et suivi des émergences des larves. Le chapitre 8 concerne

l'incidence de l'infestation des glands sur la germination et l'établissement des semis. Nous avons abordé la mise en culture, le système et conduite d'élevage, l'analyse de la croissance, la réponse des glands et semis au stress biotique. Enfin le chapitre 9 est réservé à une discussion générale des différents résultats. Le document se termine par une conclusion générale.

Pour les tableaux, figures et planches, le premier chiffre indique le numéro du chapitre et le second celui des tableaux, figures et planches.

Chapitre 1 : Ecosystème forestier algérien

Table des matières

1.1. La forêt algérienne	9
1.1.1. Originalité et fonctionnement des écosystèmes naturels.....	9
1.1.2. Production forestière	11
1.1.3. Conclusion	13
1.2. La subéraie algérienne	13
1.2.1. Répartition géographique.....	13
1.2.1.1. Les subéraies oranaises littorales.....	16
1.2.1.2. Les subéraies oranaises de montagne	18
1.2.2. Historique	21
1.2.2.1. L'époque romaine : 46 avant JC- 429 après JC	22
1.2.2.2. L'époque Arabo-musulmane : 681-1300 après JC.....	22
1.2.2.3. L'époque ottomane-précoloniale : 1529-1830	23
1.2.2.4. L'époque coloniale : 1830-1962.....	24
1.2.2.4.1. La première période : 1838-1848.....	25
1.2.2.4.2. La deuxième période : 1849- 1892	25
1.2.2.4.3. La troisième période : 1892-1950.....	27
1.2.2.4.4. La quatrième période : 1954-1962.....	28
1.2.2.5. L'époque post- indépendance.....	28
1.2.3. Aspect actuel de la subéraie algérienne	29
1.2.4. Production du liège en Algérie	35

1.1. La forêt algérienne

1.1.1. Originalité et fonctionnement des écosystèmes naturels

De par sa situation géographique, l'Algérie, se range parmi les pays méditerranéens qui présentent une diversité écologique sans égal sur les plans bioclimatique, morphologique, floristique et faunistique. Une telle diversité se traduit par une richesse de paysages et de milieux naturels de grande qualité qui lui confèrent une valeur patrimoniale exceptionnelle. Elle dispose en conséquence de ressources biologiques d'un grand intérêt. Mais Les événements historiques ont considérablement accéléré les processus de dégradation de ces milieux naturels.

La forêt algérienne semble avoir été étendue avant l'époque carthaginoise et romaine, mais l'agriculture, les grandes constructions navales et le changement climatique à partir de la période préromaine amorcèrent sa destruction. Ce phénomène de dégradation se poursuivit durant la période romaine et s'accrut pendant l'invasion des Arabes au X^e siècle avec le développement du pastoralisme. Les grandes constructions de l'époque ottomane aggravèrent encore l'état de dégradation de la forêt ; à cette période, 30 % du patrimoine forestier a disparu suite à une exploitation abusive (Madoui, 2002).

Sur une superficie estimée à 5 millions d'hectares de forêts en 1830, l'Algérie ne disposait à l'indépendance (1962) que de 3 millions d'hectares environ, dont 2 millions représentant des vestiges de forêts (Noual, 1996) (Fig. 1.1). Durant ce dernier siècle, la forêt a fait l'objet de diverses agressions humaines qui ont réduit amplement la couverture végétale, détruit les habitats naturels et provoqué la régression ou la disparition de plusieurs espèces animales et végétales.

Les écosystèmes forestiers algériens présentent un exemple particulièrement exhaustif et actuel des préoccupations des différentes conférences internationales sur l'intérêt de la forêt dans la conservation des équilibres écologiques. Toutes ces agressions et menaces pèsent sur ces ressources et modifient considérablement l'environnement naturel. Il en résulte des écosystèmes profondément altérés qui donnèrent et donnent encore naissance à de graves phénomènes d'érosion et occasionnent un appauvrissement de la biodiversité et de

diversité génétique. Sur les 3200 espèces végétales répertoriées par Quézel et Santa (1962 ; 1963) et dont 635 endémiques, plus de 640 sont menacées de disparition.

Dans toutes les zones écologiques, les groupements végétaux et les habitats de la faune et de la flore sont en équilibre précaire, ce qui réduit amplement les potentialités d'augmentation de la production agricole, pastorale et forestière.

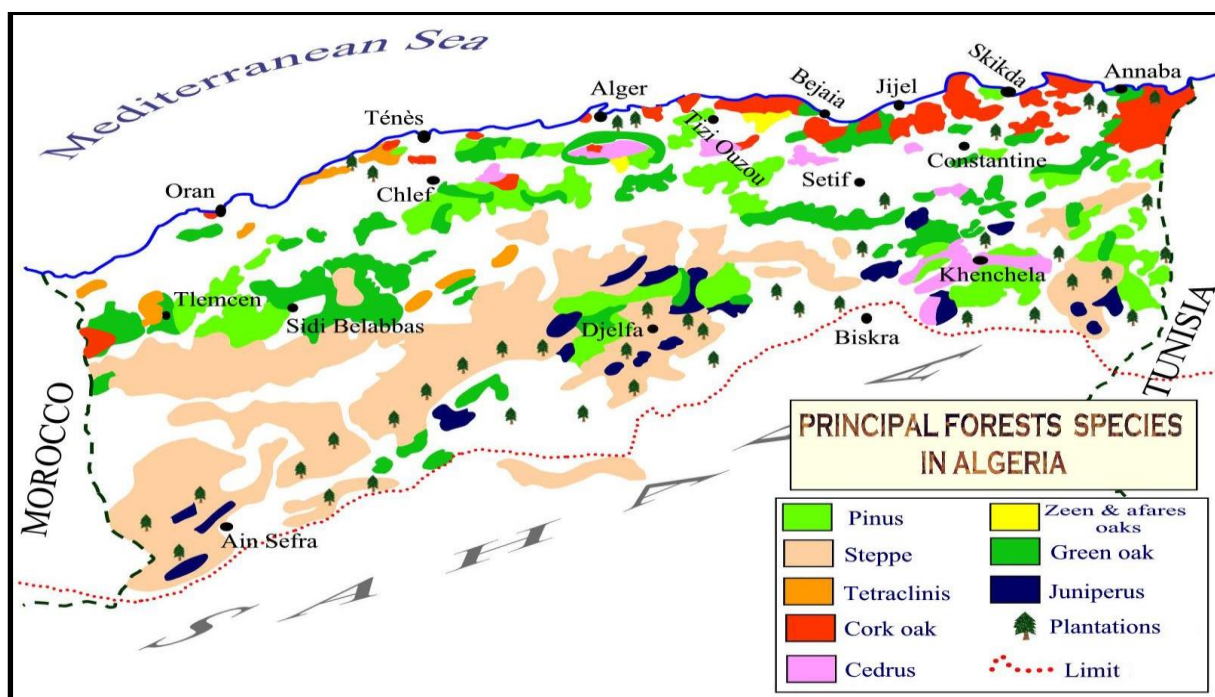


Figure 1.1 : Présentation du patrimoine forestier national (D.G.F., 2013)

Cependant, afin de protéger ce patrimoine et renforcer son engagement politique à long terme, notre pays par le biais du ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, et plus récemment par le ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, en concertation avec d'autres partenaires (agences et institutions environnementales, entreprises et bureaux d'études, universités et centres de recherche, associations écologiques) a déployé des efforts importants dans le domaine de la conservation et l'extension du patrimoine forestier et vise selon Mezali (2003), sa protection à travers les différents programmes élaborés relatifs :

- au barrage vert,
- au plan national de reboisement,
- à la relance économique,
- à la protection de la faune et de la flore (parcs nationaux, aires protégées),

- à l'inventaire forestier,
- au renforcement des capacités institutionnelles de la formation, l'éducation et la sensibilisation,
- à l'élaboration de schémas directeurs d'aménagement des bassins versants,
- et à l'encadrement de ces programmes à travers la mise en place de dispositifs de suivi et d'évaluation tels que :
 - le circuit de l'information et de l'élaboration des statistiques,
 - la normalisation des coûts et des activités.

Grâce aux opérations de reboisement pratiquées depuis l'indépendance, les formations forestières couvrent actuellement 4,1 millions d'hectares. Le taux de boisement est donc de 16,4 % pour le Nord de l'Algérie, alors qu'il atteint seulement 1,7 % si on prend en compte tout le territoire national (Madoui, 2002). Ce taux est loin de l'équilibre naturel, estimé approximativement à 25 %. Ceci nécessite donc une conscience environnementale chez toutes les personnes concernées : il faut de l'intervention humaine pour restaurer le rôle protecteur de la forêt (crue, érosion) sur des substrats géologiques très sensibles et le besoin d'une conservation durable.

1.1.2. Production forestière

En fonction de sa nature, et donc des espèces qui la composent, la forêt algérienne, à caractère méditerranéen, ne fournit pas une grosse quantité de bois (200 000 m³), ceci implique que le pays a recours aux importations (1 300.000 m³) pour couvrir ses besoins (Mezali, 2003). Toutefois, des efforts importants ont été consentis et continueront de l'être pour mettre en place des plantations à grand potentiel productif à base d'essences à croissance rapide.

Les besoins nationaux en bois sont évalués sur la base des programmes de réalisation des logements et des normes de consommation arrêtées notamment par le secteur de l'habitat à 1 300 000 m³/an. En matière d'offre, sur une superficie de 4,1 millions d'hectares, seuls 1,4 millions d'hectares sont constitués de forêts productives pouvant donner 1,2 millions de m³ environ. Le volume annuel mobilisable s'élève en moyenne à 200 000 m³, dont 50 à 60% en bois de trituration, 20 à 30% en bois d'œuvre et 10 à 20% en bois de feu. La production ne couvre que 15% des besoins du pays (Mezali, 2003).

À propos du bois de feu et autres sources d'énergie extraites de la biomasse forestière, la consommation des combustibles qui avait baissé depuis les années soixante-dix, a de nouveau augmenté avec l'avènement de l'économie de marché et la médiocrité du niveau de vie des populations rurales. Ce qui constituera une pression supplémentaire sur la forêt à travers des prélèvements incontrôlés et anarchiques.

La demande nominale en liège pour couvrir les besoins locaux et dégager un surplus à l'exportation serait de 30 000 Tonnes/an sur la base des capacités de transformation installées. Les possibilités de production de liège, de 15 000 Tonnes/an en 1980, se sont réduites pour atteindre une moyenne de 12.000 Tonnes/an depuis 1990 à cause de la régression des surfaces de chêne-liège exploitées. Cependant, il serait possible d'augmenter sensiblement les surfaces du liège exploitées en améliorant les conditions d'accès à certains massifs (Mezali, 2003).

Pour l'Alfa, les besoins nationaux sont estimés à environ 200 000 Tonnes/an (tous produits papetiers confondus). La production nationale s'élève à 70 000 Tonnes/an (35% des besoins) (Mezali, 2003).

En plus du bois, liège et alfa, les espaces forestiers algériens produisent une multitude de biens et de services (produits artisanaux, miel, truffes, fruits, champignons, glands, chasse, pêche, etc.). Dans ce concept, les plantes aromatiques et médicinales (les romarins, les armoises, les lauriers, les thym etc.) constituent autant une composante importante. En effet, la cession de ces produits forestiers (ligneux et non ligneux) contribue à l'économie du pays. La fonction sociale des forêts s'exprime à travers les emplois (permanents et temporaires), les revenus et les usages en forêt par les populations riveraines reconnues par la législation forestière.

A côté de ces productions appréciables et mesurables, la forêt algérienne offre de nombreuses richesses non incorporées au circuit économique classique. La forêt est aussi un lieu des activités de loisirs et de tourisme tant aux citoyens algériens qu'aux touristes. Effectivement, ils y trouvent un espace de promenades, de randonnées et de pratiques de sports cynégétiques et piscicoles.

1.1.3. Conclusion

L'espace forestier de l'Algérie qui était vivrier pour une partie non négligée de la population, est affecté aujourd'hui par une fragilisation et une dégradation. L'occupation coloniale, la guerre de libération nationale et les retards amoncelés pour la préservation et le développement réel de ce secteur, ont fait que cette richesse se rétrécit continuellement et compromet à moyen ou long terme, les équilibres écologiques et socioéconomiques.

Malgré tous les efforts consentis dans le passé par les services gestionnaires de ce patrimoine, on constate que l'état actuel de la forêt est malheureusement angoissant. Les politiques forestières menées ces quatre dernières décennies déclara Noual (1996), n'ont pas eu l'effet positif escompté. Si pour le liège, le pays est plus ou moins autosuffisant, pour les bois ronds et les fibres, un effort sérieux reste à faire pour accroître la production. C'est juste que l'implication des forêts est minime en terme de P.I.B. (produit intérieur brut) en Algérie, mais il n'en reste pas moins important pour le domaine environnemental, la forêt contribue à la protection des sols contre l'érosion éolienne et hydrique d'une grande partie du pays, la lutte contre la désertification, le fonctionnement des grands cycles biogéochimiques et celui de l'eau, la préservation des ressources en eau des bassins versants, la protection des infrastructures, la rationalisation des débits des eaux, la diminution des effets catastrophiques de la sécheresse et l'influence des écosystèmes forestiers sur la conservation de la biodiversité.

1.2. La subéraie algérienne

1.2.1. Répartition géographique

Les subéraies algériennes occupent sur le littoral méditerranéen une bande de 600 km allant des frontières marocaines à l'Ouest aux frontières tunisiennes à l'Est, et qui n'excède pas 70 à 100 km de largeur arrivant jusqu'aux chaînes telliennes au Sud. Selon les inventaires et les auteurs (G.G.A., 1931 ; Marc, 1930, Saccardy, 1937 ; Batistini, 1938 ; Peyerimhoff, 1941 ; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Le Houerou, 1980 ; Zeraïa, 1981 ; Seigue, 1985 ; Valette, 1992 ; Zine, 1992 ; Yessaad, 2000 ; Santos Pereira et al., 2008), la superficie de ces formations varient entre 429 000 et 480 000 hectares ce qui représente 11% de la superficie forestières algérienne et 18% de la subéraie mondiale. D'autres auteurs comme Sampaio (1988) et Veillon (1998), corrélient leur évaluation à la physionomie régressive de ces peuplements, ils avancent le chiffre de 200 000 hectares. La D.G.F. (2009), donne cependant

une superficie productive de 230 000 ha, soit un peu moins de la moitié et le reste est transformé en maquis dégradé.

La grosse masse des meilleurs et vastes boisements, se rencontre sur la partie orientale, située essentiellement dans les zones subhumides et humides de Tizi-Ouzou, Jijel, Skikda, Annaba, El Taraf, Guelma et Souk-Ahras. En dehors de cette région, le chêne-liège s'étend d'une manière assez discontinue sous forme de massifs isolés, de moindre importance. Au centre du pays, on le trouve à Alger, Blida, Médéa, Tipaza et Chlef. A l'Ouest, il est moins fréquent où il se présente à Relizane (Ammi Moussa), au Sud de Mascara (Nesmoth), près de Tiaret (Tagdempt), dans les environs d'Oran (M'sila) et surtout à Tlemcen (Forêts domaniales de Zariéffet et Hafir) (Marc, 1916 ; G.G.A., 1927-1931 ; Boudy, 1950 et Natividade, 1956). Globalement, la subéraie algérienne occupe 22 wilayas (Tab. 1.1 et Fig. 1.2).

Tableau 1.1 : Répartition du chêne-liège en Algérie par région subéricole

Principales régions	Superficie (ha)	Taux (%)
Région de l'Est	392 000	89
Région du Centre	41 000	10
Région de l'Ouest	7 000	1
Total	440 000	100

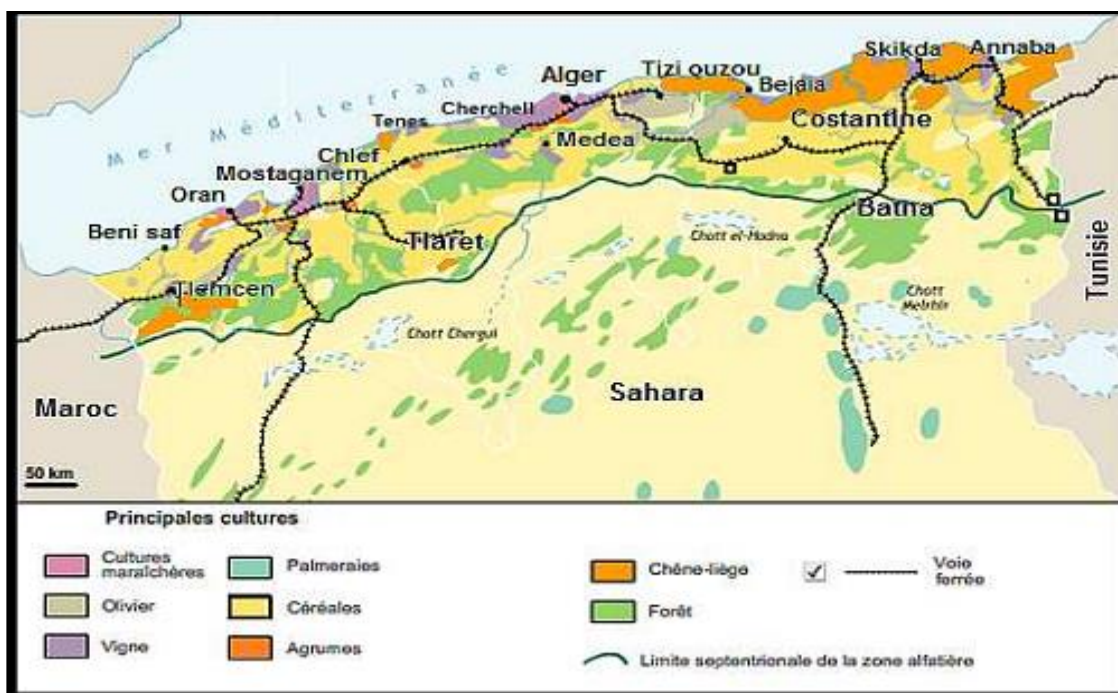


Figure 1.2 : Carte des ressources économiques d'Algérie du Nord (Pervillé, 2003)

La région **oranaise** ou l'**Oranie**, correspond à une unité géographique de l'Algérie occidentale répondant à un ensemble de caractères dominants particuliers d'ordre climatique, orographique, édaphique et même floristique et forestier (Thintoin, 1948). Elle est limitée naturellement par la mer Méditerranée au Nord, le Tell méridional ou Atlas Tellien au Sud, le Maroc à l'Ouest et le secteur algérois (ou région algéro-ouarsenienne) à l'Est (Peyerimhoff, 1941 ; Boudy, 1955).

Le chêne-liège dans cette région forme d'ailleurs des peuplements reliques, intermittents, concordant avec un climat allant du subhumide au semi-aride et bénéficiant d'une pluviosité oscillant entre 350 et 700 mm de pluie. N'étant pas l'essence principale de l'Oranie, il a été placé par Boudy (1950) en 6^{ème} position après le pin d'Alep, le chêne vert, le thuya de berberie, le genévrier et le chêne kermès. Il couvrait à l'origine une superficie variant selon les auteurs entre 7 354 ha (Marc, 1916) ; 8 178 (G.G.A., 1927) ; 9 000 ha (Thintoin, 1948) ; 14 000 ha (Boudy, 1955) et 7000 ha (Natividade, 1956). Au début des années 2 000, la superficie parcourue par cette essence est estimée à 6 000 ha (Bouhraoua, 2003).

Ces peuplements sont cantonnés à travers sept wilayas de l'Ouest algérien, dont la plus grande étendue est localisée à Tlemcen. Ils sont situés dans deux grandes divisions phytogéographiques différentes en fonction de l'influence maritime et de la structure géologique (Boudy, 1955). Nous distinguons ainsi :

- les subéraies littorales au Nord contenant les sahels et les plaines,
- et les subéraies de montagne au Sud circonscrites dans l'Atlas tellien (Figure 1.3).

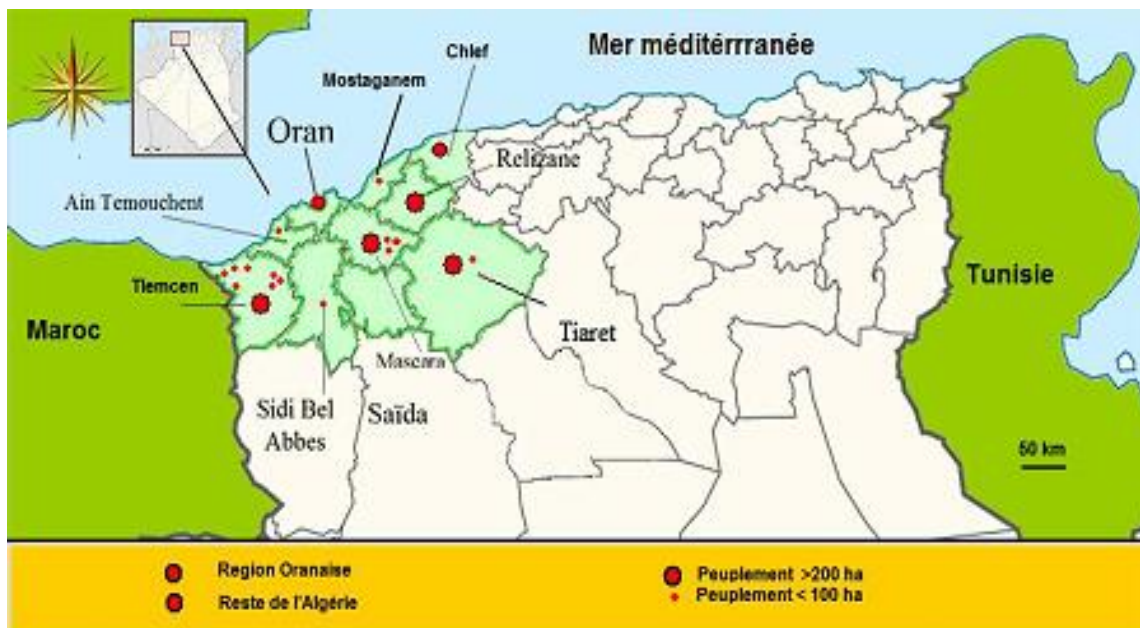


Figure 1.3 : Répartition géographique des peuplements de chêne-liège dans la région oranaise (Dehane, 2012)

1.2.1.1. Les subéraies oranaises littorales

Sur les 6 500 ha, les subéraies littorales sont localisées essentiellement à Oran où elles occupaient autrefois une superficie de 3 000 ha selon Boudy (1955). L'administration forestière actuelle déclare une contenance de 2 080 ha uniquement (C.F.W.O., 1996-2007). Nous les trouvons aussi à Mostaganem dans la forêt d'Akboub (Charlemagne, 1894) et à Ain Temouchent. Actuellement il n'en reste que quelques sujets. Nous les apercevons particulièrement dans les forêts de :

- **M'sila (Oran)**, qui fait 1068 ha dont 500 en chêne-liège sur des sables pliocènes et des schistes jurassiques (Anonyme, 1981). Après l'indépendance, on lui a associé la forêt de Saint-Pierre appelée communément « Chikh Ben Khelifa ». Le chêne-liège de M'sila, sur un relief moyennement plat (200 à 400 m d'altitude) et à sa limite inférieure de végétation, se défend difficilement contre les incendies, l'envahissement du maquis et les insectes. Ces peuplements se montrent en voie de dépérissement (Bouchaour-Djabeur, 2001 ; Bouhraoua et al., 2002 ; Bouhraoua, 2003 et Dahane, 2006 ; 2012).

- **Terziza (Oran)**, qui s'étend sur des formations géologiques du Crétacé Inférieur, couvre une superficie de 1 504 ha dans le prolongement de la forêt de M'Sila sur les flancs du Murdjadjo vers Misserghine (Boudy, 1955). Entre 110 et 584 m d'altitude, son relief est précisé par un ensemble de collines séparées par une série de talwegs et cours d'eau. C'est une vieille futaie clairsemée définie par un sous-bois dense (régénération difficile), s'étendant selon Bouhraoua (2003) sur environ 570 ha (800 à 900 ha dans les années 50).

- **Djebel Khaar (Oran)**, s'étend de la proximité de la mer jusqu'à 612 m d'altitude, repose sur un sol gréseux et schisteux et reçoit en moyenne 600 mm d'eau par an (A.E.F.C.O., 1914a). C'est une forêt de 1 316 ha où la plupart des chênes-liège sont issus de régénération artificielle ancienne (1884-1902) (A.E.F.C.O., 1954 et Anonyme, 1914a).

- **Les Planteurs (Oran)**, où le chêne-liège a été introduit en 1886 à titre d'essais dont les résultats se sont montrés médiocres (Anonyme, 1914a).

- **Gdyel (Oran)**, où le peuplement est dégradé et transformé en matorral (B.N.E.D.E.R., 1979).

- **Safra (Oran)**, qui est contiguë au peuplement de M'Sila et a subi une série d'incendies, comme ceux de 1982 et 2001 (Bouhraoua, 2003).

- **Le massif d'Arzew (Oran)**, Montagnes grises ou zone des carrières, où il y avait des chênes-liège isolés au niveau de Chaabet el Fernane à 445 m d'altitude (Thintoin, 1948).

- **La forêt domaniale d'Akboub et de Bou-Rahma Près de Mostaganem.**

- **Larba-Zagho à Aïn Temouchent**, où le chêne-liège se rencontre dans une forêt particulière de 1048 ha près de Terga-Plage, sous forme d'un matorral mélangé de pin d'Alep et de thuya. L'exploitation du liège y est réalisée de façon irrationnelle et la production est négligeable du fait du médiocre état sanitaire des arbres (B.N.E.D.E.R., 1979b).

- **Bissa** se situe à 45 km au Nord-est de **Chlef** surplombant la mer. Elle s'étend sur une superficie domaniale de 1478 ha composés essentiellement de chênes-liège mais aussi de chêne-vert et de chênes zeen. La subéraie occupait à l'origine les 3/10 de cette superficie mais cette dernière est beaucoup plus réduite actuellement de presque de moitié (Boudy, 1955).

- **Guetarnia** dans la partie Nord de la wilaya de **Sidi Bel Abbas**. Le peuplement du chêne-liège se trouve localiser dans le sud-ouest de la forêt de Guetarnia, qui compte 10 070 ha. Ce peuplement qui occupe environ 50 ha (Boudy, 1955) est concentré dans le canton de Béni Tellah et est issu d'un reboisement effectué par bande dans les années 50 à une densité de 150 à 400 pieds par hectare (O.N.T.F., 1981).
- **Béni-Ouarssous (Tlemcen)**, un massif montagneux de 1 765 ha à pente très abrupte oscillant entre 15 et 40 %. Les peuplements de chêne-liège apparaissent à environ 600 à 660 m d'altitude au niveau du canton Menarah à exposition Est, sur sol assez meuble, profond dans les ravins et mince aux sommets. D'après Seltzer (1946) et B.N.E.D.E.R. (1979b), ils couvrent une superficie approximative de 199 ha, répartis entre 82 ha de subéraie pure, 26 ha mélangés avec le chêne vert et le genévrier oxycèdre et 91 ha sous forme de maquis. Le sous-bois, composé de chêne kermès, cistes, genévrier, bruyère, genêt épineux et diss, recouvre presque la totalité du sol. Depuis 1950, des reboisements en chêne-liège sur banquettes ont été réalisés dans ce canton sur environ 45 ha où persistaient des pieds reliques de cette essence (Boudy, 1955). Au début des années 90, l'aire occupée par le chêne-liège ne comptait plus que 60 ha avec une densité de 45 pieds à l'hectare complètement détériorés (C.F.W.T., 1992).

1.2.1.2. Les subéraies oranaises de montagne

Dans cette région, sur une série de chaînes montagneuses de l'Atlas Tellien, le chêne-liège s'étend sur environ 7500 ha (Boudy, 1955). Il constitue un paysage forestier presque singulier, parce que, la répartition des différentes formations ainsi que la grande variabilité altitudinale et celle des expositions, contribuent notablement à la création d'un microclimat original. C'est là où les peuplements de chêne-liège sont les plus étendus et les plus diversifiés. A Tlemcen, la superficie des subéraies a également beaucoup évolué. Elle a été estimée de 4 000 à 6 000 ha (G.G.A., 1927 ; Boudy, 1955 et Guaouar, 1980). De l'ouest vers l'est, nous le rencontrons essentiellement dans les wilayas de Tlemcen (la mieux dotée du point de vue climatique), Mascara, Tiaret et Relizane dans les forêts suivantes :

- **Béni-Bousaid** (à l'Ouest de **Tlemcen**), cette forêt renferme 13 286 ha, repose sur sol argilo-calcaire, de profondeur variable (C.O.I.T., 1933). Le peuplement forestier est largement dominé par le chêne vert, le thuya et le genévrier mais on trouve également quelques reliques de chêne-liège formant 20 ha de taillis très fortement exploité mais bien régénéré, sur le plateau de Ras Asfour (près de la frontière marocaine) au niveau de Teniet Fernane à 1300 m

d'altitude (C.E.F.M., 1863 ; Thintoin, 1948 et Boudy, 1955). Depuis ces dernières décennies, l'état sanitaire du peuplement est devenu globalement faible, à la suite des incendies répétés, comme ceux de 1983 (Bouhraoua, 2003), le tapis continu de cistes (*Cistus ladaniferus*) en est témoin. Cet état dégradé, aggravé par une charge pastorale élevée, mettent en danger ces formations forestières. Ce petit peuplement a produit entre 1927 et 1937, 206 Qx d'écorce à tan, 120 Qx de liège mâle et 10 Qx de liège femelle (pour 3 600 pieds démasclés) (A.E.F.C.T., 1976 - 1978).

- **Khémis (Tlemcen)**, la forêt de 20 000 ha, est une des plus belles yeuseraies de la région oranaise, par endroit, s'étend également un petit peuplement de chêne-liège mélangé de frêne, chêne kermès et pin d'Alep (Thintoin, 1948).
- **Aïn Ghoraba (Tlemcen)**, ce peuplement de chêne-liège bien venant couvre environ 75 ha (Boudy, 1955).
- **Hafir et Zarieffet (Tlemcen)**, ces deux forêts contiguës, constituent le plus grand massif de chêne-liège de tout l'Ouest algérien soit 80 % de la subéraie de montagne de cette région (cf. Chap.5).
- **Yfri** (ou Mou-El-Alou) au Nord-est de **Tlemcen**. Bénéficiant anciennement d'un climat subhumide avec une tranche pluviométrique allant de 700 à 900 mm d'eau par an, cette forêt a une contenance de 1 080 ha et le chêne-liège y occupe environ 100 ha (Boudy, 1955 ; C.O.I.T., 1964). Le peuplement caractérisé par une belle futaie de chêne-liège, se dégrade et se laisse pénétrer par un maquis arborescent de chêne vert, et il n'en reste actuellement que 24 ha selon Gaouar (1980) en futaie dispersée. L'A.E.F.C.T. (1995a et b), annonce que dans cette forêt, un reboisement de 30 ha de chêne-liège a été effectué en 1986.
- **Zerdeb**, au Sud-est de la ville de **Tlemcen**, cette forêt de 2 381 ha contient environ 710 ha de subéraie, particulièrement cantonnée sur Djebel Miez et Zerdeb-Sud à 1 000 m d'altitude en moyenne (A.E.F.C.O., 1868 et C.F.W.T., 1996a). Le chêne-liège est généralement mélangé avec le chêne vert, le chêne-zeen, le thuya et le pin d'Alep. Le chêne vert essentiellement sous forme de taillis est l'essence principale et sa régénération par rejet de souches est bien venante. Le chêne-liège formait un peuplement de bon état végétatif, mais suite aux incendies les plus désastreux de 1975 et 1978, le peuplement a pris un aspect plus épars qui a aidé le développement d'un sous-bois abondant de cistes, lentisque, diss, etc.

(C.O.I.T., 1979a et b). Par ailleurs, les dernières exploitations enregistrées en 1994-1995, dégageaient 460 Qx de liège (C.F.W.T., 1996).

➤ **Aïn Essouk (Tlemcen)**, d'une étendue de 1 307 ha, le chêne vert (sous forme de taillis) constitue aussi l'essence principale, viennent après le thuya et le pin d'Alep. Le chêne-liège couvre à peine une superficie d'environ 260 ha, mais avec une densité très faible (15 sujets /ha) situé à 1 300 m d'altitude en moyenne et exposé surtout au Nord et au Sud-est. Il était de bonne végétation dans le passé et s'est transformé en bosquets disséminés riches en lentisque, cistes et calycotome suite aux incendies répétés depuis 1892 jusqu'à nos jours (C.O.I.T., 1969a et b ; 1979b). Cette forêt bénéficie depuis longtemps d'une pluviométrie annuelle supérieure à 600 mm (Seltzer, 1946). Les premiers travaux de mise en valeur ont eu lieu en 1892 lors d'un grand incendie. Après l'indépendance, sur 68 ha, cette forêt a produit 878 Qx (4/5 de liège de reproduction).

➤ **Sidi Hamza (Tlemcen)**, se trouve au Nord-est de la forêt d'Aïn Essouk, bénéficiant autrefois d'un étage bioclimatique subhumide avec des vents chauds en été. D'une superficie de 1245 ha. Elle comprend deux zones bien distinctes, la partie Nord constituée de boisements peu élevés de densité variables de thuya, chêne vert, oléastre, chêne zeen, chêne kermès, lentisque, phylaria et arbousier. Quant à la partie Sud, elle est constituée de chêne-liège s'étendant sur 850 ha mélangé avec du chêne vert, chêne zeen, thuya et quelques bouquets de pin d'Alep bien venant avec un sous-bois assez dense. Des travaux de reboisement de pin d'Alep et cyprès sur des bourrelets de banquettes ont porté sur 300 ha (C.O.I.T., 1969d). Le chêne-liège ne subsiste présentement que dans les vallons en mélange avec le chêne vert. .

Dans la wilaya de Mascara, le chêne-liège occupe une superficie de 1 368 à 1 400 ha, on le rencontre essentiellement selon G.G.A. (1927) et Boudy (1955) à :

➤ **Nesmoth (Mascara)**, située au Nord du grand plateau de Tagremaret, sur le versant des monts de Saida. Le 1/3 est formé d'une vieille futaie de chêne-liège très claire (200 à 250 ans) en nette régression et ne se régénérant plus. Elle a été incendiée en 1941. Les réserves de Nesmoth produisaient auparavant 21 000 tonnes de souches provenant du maquis de chêne-liège et 13 000 quintaux de charbon de souches. Une partie se trouve également dans la forêt d'**Aouf** et de **Nador** ou **Menaouer**. Dans cette forêt de 550 ha, la subéraie couvre 80 ha répartis entre les cantons de Témaznia et Haboucha. C'est un peuplement artificiel planté en 1950 sur une pente de 3 à 8%, à une densité moyenne de 560 pieds à l'hectare. Dans cet étage

semi-aride à hiver chaud, le peuplement reçoit en moyenne moins 500 mm de pluie par an. Un premier démasclage partiel a eu lieu en 1977 où 50 Qx de liège mâle ont été récoltés (C.F.W.M., 1989 ; 1990, 1992a et 1997).

Plus à l'est, au Nord de la wilaya de Tiaret et d'après G.G.A. (1927) ; Boudy (1955) et Thintoin (1948), sur 182 380 ha, le chêne-liège occupe 700 ha, formant ainsi les peuplements les plus méridionaux de l'Oranie. Cette région a produit 1939 et 1951 environ 1 000 Qx de liège de reproduction. Le chêne-liège se rencontre dans les forêts suivantes :

- **El Azzounia**, où on trouve 127 ha de chêne-liège (5/10), bien venant, incendié en 1950, mélangé avec un sous-bois de genévrier, arbousier et lentisque. Il est en voie de régénération.
- **Tagdempt (Tiaret)**, dans cette forêt de 4 792 ha en taillis de chêne vert, dans le canton Gamaout, se trouve 600 ha de vieille futaie de chêne-liège de 200 à 250 ans sous un climat sub humide recevant près de 600 mm de pluie.
- **Sefalou**, la strate arborescente est formée uniquement par de chêne-liège en peuplement clair et en régression même s'il s'est bien régénéré après les incendies de 1950. Il a été fortement exploité.
- **Ammi Moussa**, le dernier peuplement oranais de chêne-liège se localise sur un versant nord près de **Relizane** sur un terrain accidenté d'accès très difficile à 1200 m d'altitude. Cette forêt, peu arrosée, reçoit environ 423 mm de pluies par an (Peyerimhoff, 1941).

1.2.2. Historique

Le milieu forestier algérien, qui était vivrier pour une grande partie de la population, est affecté aujourd'hui par un procédé de déstabilisation et de dégradation. Dans toute l'Algérie sylvatique, 10 millions d'hectares de forêts auraient été anéantis suite aux guerres et aux autres fléaux (Dehane, 2012). Certains auteurs inculpent directement les responsabilités humaines comme étant la cause dans la destruction d'une couverture forestière qui représentait un taux de boisement évalué à 30 % avant l'époque romaine, tombée à 11 % dans les années 60-70 (Benchetrit, 1966 ; Sari, 1972), voire 4% dans notre ère (D.G.F., 2007).

Fournissant une source appréciable de revenus, la subéraie algérienne a toujours occupé une importante place dans la vie socio-économique du pays. Malheureusement, en plus des changements climatiques considérables au cours des temps, et à l'instar des écosystèmes forestiers, cette subéraie, qui, façonnée par l'activité humaine, a traversé de graves et malheureux événements qui ont bouleversé la vie de la faune et de la flore et ont contribué à l'aggravation de l'état actuel des peuplements et la régression de leur étendue (Bouchaour-Djabeur, 2001).

L'historien géographe Puyo (2006) et Dehane (2012), s'intéressent aux premiers temps de la situation des subéraies algériennes. Ils retracent les principales étapes qui ont marqué ces forêts et qui peuvent être appréhendées comme suite :

1.2.2.1. L'époque romaine : 46 avant JC- 429 après JC

D'après une reconstitution de l'état des subéraies de l'Algérie durant la période romaine, Lefebvre (1900), en a conclu que le tell Constantinois devait se trouver à peu près dans le même état qu'aujourd'hui, mais que le littoral d'Alger et d'Oran était plus boisé. En effet, les envahisseurs ont toujours évité le littoral constantinois dont les boisements denses étaient d'un parcours difficile et recélaient de nombreux fauves constituant une menace permanente pour les troupeaux, c'est ainsi que les massifs de chêne-liège, en général, ont été respectés dans cette région.

1.2.2.2. L'époque Arabo-musulmane : 681-1300 après JC

Durant cette époque et selon certaines sources, c'est sans doute lors de l'invasion des Arabes de la tribu Hilalienne, que le déboisement a été le plus important, suite au développement de la vie pastorale particulièrement dans le littoral d'Alger et d'Oran par faute de pénétration dans les massifs de l'Est du pays. Selon les récits de Ibn Khaldoun, suite au déferlement, par vagues successives, des tribus arabes (les Beni hilal et les Beni Soulaym) et de leurs troupeaux en l'an 1051, les forêts furent ruinées, pour des siècles, du fait des incendies et du surpâturage (Boudy, 1947). Certains auteurs admettent que la forêt de chêne-liège ne représente actuellement que 40 % des subéraies de cette époque (Lapie, 1928 ; Boudy, 1948 ; Natividade, 1956).

1.2.2.3. L'époque ottomane-précoloniale : 1529-1830

Les grandes forêts de chêne-liège n'étaient pas vraiment exploitées car la valeur du liège était inconnue. Durant l'époque Ottomane, la plus part des subéraies appartenaient au Beylick, quelques-unes étaient la propriété des tribus des Makhzens, et un petit nombre seulement à l'apanage des familles privilégiés. En effet, les tures ne s'étaient pas réservés la propriété exclusive de telle ou telle forêt, mais un droit de jouissance leur était accordé, du fait de leur qualité de membres de la communauté musulmane, et ils prenaient, dans les forêts, les bois dont ils avaient besoin, sans aucune obligation de gestion.

Beaucoup d'auteurs s'accordent à dire que les subéraies de cette époque étaient mal administrées. Ces peuplements étaient surtout convoités à des fins de constructions navales. La construction et la réparation des galères, de mâts, d'avirons de la célèbre flotte ottomane se faisaient, pour les parties immergées, grâce au bois de chêne-liège qui gardait toute sa solidité dans l'eau (Malherbe, 1839). Cela concernait, notamment, les forêts du nord-est algérien: Bejaia, Collo, Jijel (Elie de la Primaudaie, 1860 ; El Kairaouani, 1681 ; Féraud, 1868 et 1869).

Les forêts de chêne-liège, étaient aussi exploitées pour les besoins des tribus voisines. Les arbres étaient abattus pour la confection du meilleur charbon. Ce charbon était destiné essentiellement aux boulangers pour la cuisson du pain dans les villes et pour la métallurgie pour la confection des objets aratoires (socs de charrue, houes, pioches) (Nouschi, 1959).

Ces subéraies servaient en même temps de terres de culture par l'ouverture des enclaves dans les bois à l'aide du feu. On dépouillait préalablement les arbres de leurs branches qui sont brûlées avec les herbes et broussailles du sous-bois, les cendres fertilisantes permettaient d'obtenir une récolte plus importante que celle produite par les sols généralement pauvres des régions forestières. Le feu a un autre avantage : celui d'éloigner les bêtes sauvages (lions, panthères, sangliers) qui hantaient les forêts algériennes et constituaient une menace pour les cultures et les troupeaux à l'époque (Lapie, 1928; Nouschi, 1959). Sous l'empire ottoman, on estime que la forêt a perdu près de 30% de sa surface (Bensaid et al., 2006).

1.2.2.4. L'époque coloniale : 1830-1962

D'après Sari (1972), en un siècle de colonisation française (1830-1930), la forêt est passée de 5 millions d'hectares à 3,2 millions d'hectares, soit la perte d'un tiers de sa surface. Ces grandes déboires envers la forêts ont coïncidé en général avec des époques troubles (insurrections, période de guerre) (Meddour Sahar et al., 2008).

D'autres auteurs pro-colonialistes ont même colporté un nombre d'observations cruelles envers la population montagnarde « *Les populations manifestent pour les arbres une véritable haine* » (Benchetrit, 1966). Par exemple, « *Partout où nous nous établissons en Algérie, les hommes fuient et les arbres disparaissent* » (Pellissier, 1836).

D'autres voient dans cette colonisation la fin des perturbations et des vicissitudes qui ont jalonné pendant des siècles ces étendues précieuses (Natividade, 1956). Les premières tentatives coloniales de reconnaissance et d'espionnage des richesses forestières Algériennes en particulier le chêne-liège ont été improvisés en 1795 par un hardi naturaliste. "Desfontaines", après avoir étudié une partie de la vallée de la Summam, a dû faire demi-tour lorsqu'il tenta de pénétrer dans le Djurjura. Le domaine forestier était donc tout entier à reconnaître (Lapie, 1928 ; Benchetrit, 1966).

Durant les premières années de la colonisation (1830-1837), les révoltes des populations empêchaient toute opération de reconnaissance des principaux massifs. Les grands contingents militaires installés en villes ne supportaient plus cette situation, il fallait d'importantes exploitations de bois pour construire et avancer d'avantage. Il devenait urgent de créer un service forestier en s'appuyant sur le code forestier français de 1827.

Globalement, l'histoire des subéraies durant la domination française peut être divisée en trois périodes :

- 1- La période d'organisation du service forestier.
- 2- La période de délimitation du domaine forestier, qui est aussi l'ère des concessions
- 3- La période des grands travaux forestiers ou de la mise en valeur par régie directe.
- 4- La période de guerre de libération nationale.

1.2.2.4.1. La première période : 1838-1848

La première période très agitée fut marquée par la création en 1838 du premier service forestier en Algérie sous le commandement de l'inspecteur Victor Renou à peine sorti de l'École de Nancy en 1830. Cette agent forestier a eu l'honneur d'inspecter toutes les régions accessibles des trois provinces (Oran, Alger, Constantine), il connaît toutes les principales espèces ligneuses du pays et beaucoup d'essences secondaires. En 1842, il achèvera son compte rendu sur les possibilités que procurent la forêt Algérienne à l'administration militaire pour consolider l'occupation, particulièrement les peuplements de chêne-liège d'El Kala, Skikda et Annaba. Le gouvernement militaire parviendra même en 1847 a exporté 467 quintaux de liège vers la France (Lapie, 1928; Marc, 1930 ; Saccardy, 1937 ; Puyo, 2006). Le rapport de Renou prescrit avec ferveur au gouverneur militaire l'exploitation de ces grands massifs pour la production du liège autant que cette matière précieuse commençaient déjà à manquer en Europe et que l'Algérie serait le gisement d'avenir (Lamey, 1893).

1.2.2.4.2. La deuxième période : 1849- 1892

Le 12 avril 1849 apparaît une circulaire gouvernementale instituait des commissions forestières chargées d'instruire les demandes d'exploitation de forêts de chêne-liège, en tenant compte des droits et des besoins de la population locale.

Sur le plan de l'aménagement et de la sylviculture des subéraies, les forestiers français introduisaient vainement en Algérie, dès les années 1850, la méthode d'aménagement des subéraies déjà appliquée aux subéraies françaises, dite méthode « des coupons réglés ».

A partir de 1863, la détermination des limites des forêts fut faite au cours des opérations d'application du sénatus-consulte la même année. Ces opérations, qui englobaient tout le territoire, furent suspendues en 1871 et remplacées par des délimitations forestières sous le régime du décret du 27 septembre 1873. A dater de 1883, l'Algérie est divisée en trois conservations. En 1888, l'application du sénatus-consulte fut reprise.

Par la suite, le gouvernement militaire s'aperçoit bien vite la grande difficulté de la mise en valeur directe d'un domaine forestier aussi vaste, faute d'argent et de personnel, il décida de recourir au système des concessions via les privés (Marc, 1916 et 1930).

- **Le régime des concessions de 1847 à 1870 :**

Il était question d'un régime de concession avec redevance. Les premiers contrats avaient une redevance de 16 ans (Arrêté de 1846). Durant cette période, le concessionnaire était tenu d'effectuer le démasclage des forêts concédées sous la surveillance des membres du corps forestier des colons.

Les baux consentis, intéressaient quelques milliers d'hectares dans la région de Collo. Mais ils ne fournirent pas les résultats espérés et durent être résiliés. Pour éviter de nouveaux mécomptes, le gouvernement général rétablit par arrêté du 3 Mai 1849, un nouveau cahier des charges. La durée des baux fut donc portée de 16 à 40 ans. Les concessions devaient justifier d'un capital suffisant pour l'exécution des travaux de mise en valeur. Au 31 août 1861 : 101 680 hectares de chêne-liège étaient concédés et 144 678 hectares demandés en concession.

Vu le nombre important d'événements d'insurrection des populations des montagnes et les incendies dramatiques entre 1860-1862, les concessionnaires rencontrèrent de grosses difficultés d'installation ; un décret du 28 mai 1862 instaura le système des concessions de 90 ans avec une redevance minime. La superficie des forêts de chêne-liège exploitées atteignait alors en 1864, 155 203 hectares.

Après les incendies de 1863-1865 qui dévastèrent plus de 45 000 ha de chêne-liège dans l'Est, les concessionnaires très affectés demandèrent avec exaltation la réparation des dommages causés ; le gouvernement impériale capitule et aliéna gratuitement aux concessionnaires les parties de forêts incendiées de 1863 à 1870 suite au décret du 7 août 1867 et celui du 2 février 1870. Près de 163 000 hectares (soit plus d'un tiers de la superficie totale en subéraies) passent au privé à des conditions très avantageuses (Lamey, 1893 ; Lapie, 1928 ; Saccardy, 1937 ; Puyo, 2006).

- **Les affermages de 14 ans :**

Vers 1885, l'aliénation des massifs de chêne-liège, dans les conditions qui viennent d'être rappelées avait réduit la contenance des forêts domaniales à 277 265 hectares environ. Toutefois, le service des forêts n'ayant pas les moyens nécessaires pour procéder, lui-même à une mise en valeur rapide et généralisée, songea alors à faire intervenir le savoir-faire privé, mais uniquement pour réaliser l'opération coûteuse du démasclage.

Un décret du 27 juillet 1876, complétant celui du 9 août 1864, autorisa le gouvernement général civil à affermer par voie d'adjudication publique, et pour une durée maximale de l'exploitation des forêts de 18 ans. L'opération a pour objet la mise en valeur de la forêt au point de vue reproduction du liège. La durée du marché est de 14 ans. Durant les quatre premières années, l'adjudicataire doit opérer le démasclage de tous les arbres susceptibles d'être mis en production et effectuer les travaux de défense contre les incendies stipulés dans le cahier des charges. Pendant cette période, le démasclage a été pratiqué sur une superficie de 40 000 hectares. Après de nombreuses contestations, les fermages prirent fin le 31 décembre 1893 (Bourlier, 1893 ; Lamey, 1893 ; Charlemagne, 1894 ; Lefebvre, 1900 ; Boudy, 1952 ; Natividade, 1956).

1.2.2.4.3. La troisième période : 1892-1950

Cette période a connu en 1903, l'application du premier code forestier attaché à la réalité forestière algérienne. L'exploitation des subéraies en régie directe débuta en 1892, c'est l'administration forestière qui pourvoyait directement au démasclage, à l'exécution des travaux de défense contre l'incendie et à l'ouverture des chemins. Mais elle procède aussi à la levée des lièges et à leur transport sur des places de dépôt voisines des gares ou tout au moins des voies carrossables. Ces écorces sont ensuite mises en vente au chef-lieu de la conservation.

Durant la période 1892-1901, 100 000 hectares de peuplements de chêne-liège ont été ainsi mis en valeur, soit 30 000 000 d'arbres mis en état de production. En l'occurrence, de 1902 à 1914 ce sont 7 250 000 chênes lièges qui ont été démasclés.

Finalement, les opérations de mise en valeur furent achevées dans toutes les parties exploitables durant la période 1930-1937, soit une surface en production évaluée à 200 000-275 000 ha (Marc, 1915 et 1930 ; Gautier, 1930 ; Saccardy, 1937).

En 1939, les 440 000 hectares de subéraies algériennes représentaient près d'un cinquième de la production mondiale de liège ; cette récolte intervient alors pour une part non négligeable dans les exportations de la colonie française, couvrant plus des deux tiers des besoins de la Métropole en la matière. D'un simple aspect comptable, la mise en valeur coloniale selon Puyo (2006), est indéniablement un succès, le volume récolté passant de quelques centaines de quintaux annuels à plus de 300 000 durant les années 30. Cette valeur a chuté à 22 500 tonnes entre 1941 et 1946 pour atteindre la valeur record de 37 000 tonnes

entre 1950- 1954, situation qui s'est détériorée pendant la guerre de libération où 30 % des forêts ont été détruites. Aussi, la surexploitation des subéraies avec des rendements à l'hectare anormalement élevés, contrairement à ce pense Puyo (2006), a affaibli les arbres et précipité leur vieillissement.

1.2.2.4.4. La quatrième période : 1954-1962

Après une longue période de pacification (1900-1954), les événements frappèrent de nouveau le sort des subéraies. Durant la guerre de libération nationale (1954-1962), les subéraies n'ont pas connu d'exploitation. L'effet combiné de la guerre et des incendies a eu des conséquences catastrophiques sur le patrimoine subéricol et a conduit à la réduction d'importantes superficies. Les forêts algériennes, d'une superficie évaluée à 35 000 km² en 1954, sont brûlées à 75% (Anonyme, 1963). De 1954 à 1956, la quantité des lièges produite a chuté de 96 % (Lequy, 1970).

Aucune opération sylvicole, ni aménagement n'ont eu lieu ; de ce fait, on peut dire que la gestion forestière adoptée à l'époque reposait sur le capitalisme colonial. Autrement dit, extraire le maximum de matière première et optimiser le profit, sans pour autant se soucier de l'équilibre du milieu et de l'avenir de la forêt.

1.2.2.5. L'époque post-indépendance

A la veille de l'indépendance, l'Algérie a hérité de la colonisation un patrimoine forestier dévasté et des subéraies surexploitées et ruinées par les incendies de la période 1954-1961. Sur un espace forestier total de 437 354 ha, la subéraie s'étendait que sur 206 800 ha en 1962 (Tomas, 1977).

Le patrimoine forestier se disloque selon Dehane (2012) au gré des situations conjoncturelles :

- 1962-1986 : révolution agraire, substitution d'une rente naturelle supposée pérenne par une rente pétrolière non renouvelable, exode rural, industrialisation massive, etc.
- 1986-2005 : choc pétrolier, ouverture du marché, injonctions du F.M.I. (Font monétaire international), passage de la régie de l'état aux exploitants privés, conjoncture sécuritaire etc.

En effet, Cinquante ans après l'indépendance, la problématique de cette subéraie demeure toujours posée (vieillesse des arbres, faiblesse et/ou absence de régénération, incendies, surpâturage et pratiques délictueuses) et la mauvaise gestion empêchent toute mise en place d'une politique efficace considérant la production forestière, partie intégrante de l'économie nationale.

Goussanem (2000), plus optimiste, voit qu'à plus long terme (2040), le programme de rénovation de la subéraie, déjà engagé, devrait permettre d'améliorer les performances et donc de faire face à la consommation locale et d'augmenter la part des exportations afin d'améliorer la balance « bois et produits non ligneux ».

1.2.3. Aspect actuel de la subéraie algérienne

La subéraie algérienne a perpétuellement joué un rôle non seulement écologique, paysager et touristique, mais aussi économique et social. La chute alarmante de la production subéricole confirme les difficultés rencontrées par l'espèce à garantir non seulement une production permanente mais aussi à se régénérer et se conserver. Cette réalité est une conséquence des différents événements historiques catastrophiques en plus du changement climatique qui a déjà produit de nouveaux régimes de perturbation plus intenses et imprédictibles.

La subéraie algérienne connaît en général les mêmes problèmes posés à l'échelle des subérais méditerranéennes. En plus des sécheresses prolongées, les incendies répétés, les difficultés de régénération, les programmes d'aménagement et de restauration inadaptés, les mauvais systèmes d'exploitation, les agissements de l'homme y compris ses animaux domestiques, les maladies, les dépérissements, etc., le chêne-liège devenant ainsi sensible, est victime aussi de dégâts spectaculaires de plusieurs groupes d'insectes qui mettent en péril sa production et sa régénération. Ces déprédateurs, selon leur régime alimentaire, peuvent être classés en défoliateurs, xylophages, dépréciateurs de liège et ravageurs de glands.

Au lendemain de l'accession du pays à l'indépendance, le thème de « reboisement » était vigoureusement présenté comme l'une des toutes premières urgences s'imposant à l'Algérie, et de grandes « campagnes » tentaient d'entraîner un mouvement populaire afin de réaliser un travail d'importance vitale (Benchetrit, 1966). Depuis 1962 à 1980, les objectifs des reboisements en Algérie étaient la production ligneuse et la protection des sols. Le choix

du chêne-liège ne figurait même pas comme essence de reboisement, au contraire, l'enrésinement de l'aire du chêne était remarquable (Mesaoudene, 2008). Letreuch-Belarouci (1991), annonce la faible participation (0,2 à 7%) de cette essence dans les différentes campagnes de plantation. Lechanie (2006), déclare dans un bilan des réalisations en reboisements et repeuplements de chêne-liège en Algérie, que pour la période 1962 – 1999, les réalisations étaient faibles et représentaient 600 ha uniquement.

Ce n'est qu'en septembre 1999, que le gouvernement algérien a adopté le Plan National de Reboisement (P.N.R.) sur 20 ans (2000 – 2020) et une politique active est affichée en faveur du chêne-liège. Sur les 663 000 ha de plantations forestières, le chêne-liège est au premier rang des essences de reboisement avec 160 000 ha (24 %) (Bouhraoua et al., 2013).

L'inventaire forestier national plus récent établi par le B.N.E.D.E.R. (2008 in D.G.F., 2013), révélait un patrimoine subéricole de 357 231 ha dont 68 % sont représentées par de vieilles futaies, 22,85 % de jeune futaie, 4,7 % de perchis, 3,7 % de futaie irrégulière, 0,58 % de fourré et 0,21 % de gaulis (Fig. 1.4).

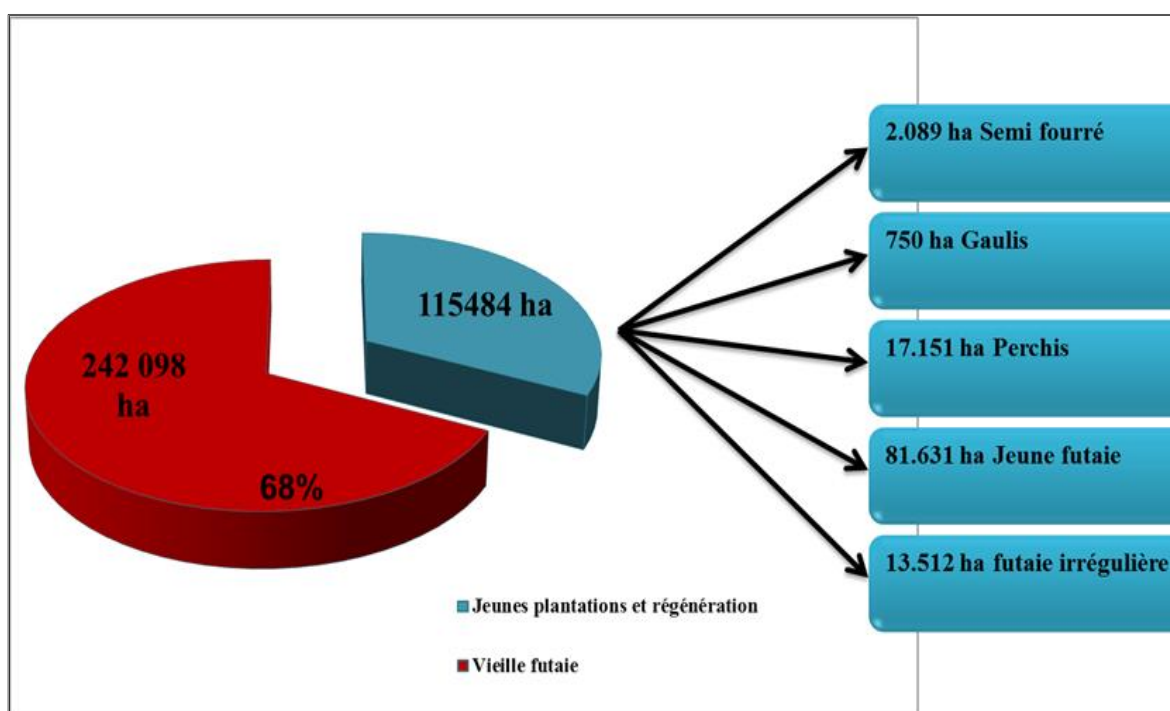


Figure 1.4 : Composition de la subéraie algérienne (B.N.E.D.E.R., 2008 in D.G.F., 2013)

Après 24 ans de la réalisation du premier inventaire forestier national (B.N.E.D.E.R., 1984), on remarque que certes la superficie subéricole a augmenté suite aux travaux de reboisements et repeuplements, mais également, la proportion des vieilles futaies, qui est passée de 61 % à 68 %. La proportion du perchis s'améliore par contre de 1 % à 4,7 %.

Un rapprochement de données liées aux fascicules de propriété, situe la subéraie du domaine public de l'Etat à 317 320 ha d'occupation pour une aire écologique de 483 000 ha (Fig. 1.5).

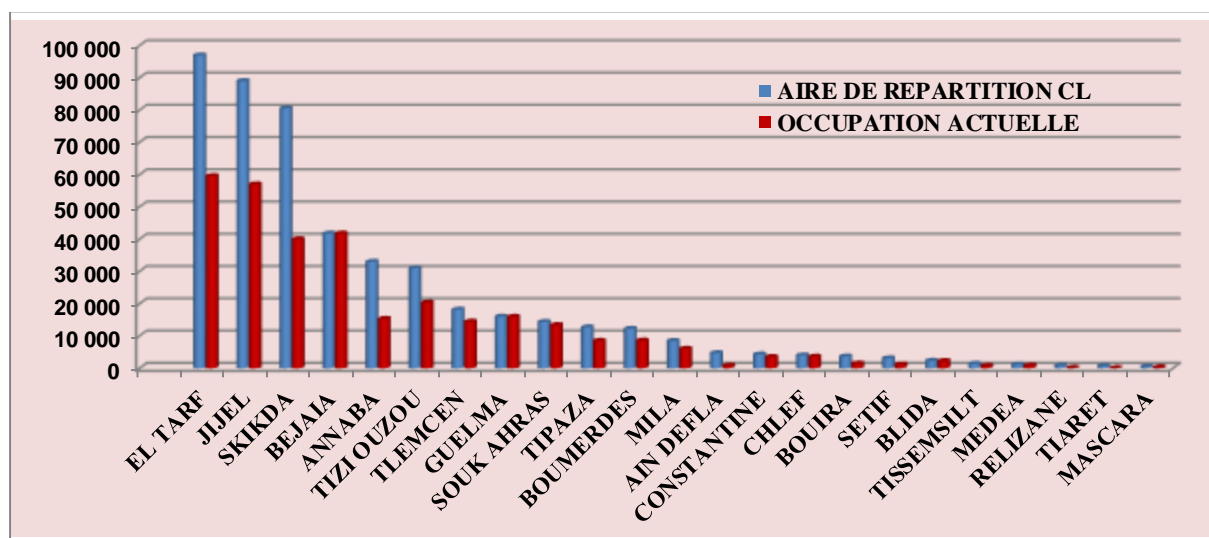


Figure 1.5 : Aire de répartition et aire écologique de la subéraie (D.G.F., 2013)

En analysant la situation des subéraies de l'Oranie, Benabdeli (2009) en distingue plusieurs types : la subéraie très irrégulière (30%), la subéraie claire vieille futaie (10%), la subéraie mixte (20%) et le maquis dense mixte (40%). Dans le Parc National de Tlemcen (P.N.T.), Letreuch-Belarouci (2010) en enregistre 15 types. Mais ces subéraies, ajouta Benabdeli (2009), restent toujours des formations forestières méconnues dans leur composition et dynamique et aucune sylviculture ni subériculture n'y sont adaptées. Les Problèmes d'âge et de densité, l'absence de gestion, la diminution des précipitations et la concurrence biologique priment (Tab. 1.2).

Benabdeli (2009), exprime la situation de ces subéraies à travers le temps et les événements par les fluctuations des superficies et de production (Tab. 1.3).

Tableau 1.2 : Concurrence biologique de *Quercus suber* en Oranie (Benabdeli, 2009)

Forêt	Superficie	<i>Quercus suber</i>	Composition
Beni Ouarsous	1765 ha	199 ha Densité 20 à 160	80 ha pur 25 ha avec QI et GO
Sidi Hamza	1245 ha	850 ha	Mixte à 70%
Zerdeb	2381 ha	700 ha	Mixte à 85%
Yfri	1080 ha	100 ha en 1955	Reste 80 ha en 1990
Guetarnia	10070 ha	50 ha	Reboisement
Terziza	1504 ha	900 ha en 1950	500 ha en 1984
Tagdempt	4792 ha	600 ha	Avec QI
Azouania	127 ha	60 ha	-
Hafir	4 000 ha	2300 ha	Seulement 800 ha pur

QI : *Quercus ilex* – GO : Genévrier oxycèdre

Tableau 1.3 : Situation des subéraies oranaises (Benabdeli, 2009)

Source	Superficie (ha)	Production (Qx)
Marc (1916)	7 350 ha	1 500
G.G.A. (1927)	8 170 ha	1 000
Thintoin (1948)	9 000 ha	1 500
Natividade (1950)	7 000 ha	3 000
Boudy (1955)	14 000 ha	2 500
B.N.E.F. (1984)	-	500
Goussanem (1996)	7 000 ha	1 600

Le bilan à mi-parcours (2001 – 2012) de ce programme montre la réalisation de 18 500 ha de chêne-liège (repeuplement des vides, lutte contre la désertification, boisement, etc.) avec un taux de réussite moyen national de 40 % et une densité moyenne nationale de 237 plants/ha, ce qui est faible par comparaison à d'autres reboisements du pourtour méditerranéen (Tab. 1.4) (Bouhraoua et al., 2014).

Tableau 1.4 : Taux de réussite des reboisements en chêne-liège en Algérie des campagnes 2001-2011 à la réception des travaux (soit 24 mois après leur démarrage), exceptée la campagne 2012 (travaux non réceptionnés) (Bouhraoua et al., 2014)

Wilaya	Surface reboisée (ha)	Surface boisée (ha)	Taux de réussite (%)	
Skikda	3480	2135	61	Acceptable
Jijel	3470	1592	46	
Boumerdès	418	164	39	Non acceptable
El Tarf	1555	584	38	
Sétif	340	123	36	
Tizi Ouzou	1562	394	25	Dérisoire
Bejaïa	1015	220	22	
Tlemcen	630	83	13	
Souk Ahras	885	45	5	
TOTAL	13 355	5 340	40	

A l'Ouest algérien, objet de notre étude, une analyse des résultats des travaux de reboisement réalisés principalement dans les wilayas de Tlemcen, Oran et Mascara depuis 10 ans (2004 – 2013) a été menée sur 19 sites et affiche un total de 808 ha dont 800 ha de plantation et 8 ha d'ensemencement (Tab. 1.5). La densité pratiquée variait de 333 à 1000 plants/ha (Bouhraoua et al., 2014) (Tab.1.5).

Les mêmes auteurs enchainent que la wilaya de Tlemcen occupe le premier rang avec une superficie globale de 728 hectares soit un taux de 90%, répartie en quatre forêts (Hafir, Zariéffet, Zerdeb et Ifri). La forêt domaniale de Hafir a bénéficié d'une superficie de 478 ha (66 %), suivi par la forêt de Zariéffet avec 170 ha (23 %), la forêt d'Ifri avec 50 ha (7%) et en dernier la forêt de Zerdeb avec 30 ha (4 %). Mascara (forêt domaniale de Nesmoth) a bénéficié de 70 ha où les reboisements ont été réalisés sur trois années (2009, 2011 et 2013). Par contre, à Oran, 10 ha uniquement ont été réalisés en forêt domaniale de M'sila en 2009.

Le taux de réussite global moyen avoisine 13 %, il varie entre 0 % et 54 %. Le taux le plus élevé est enregistré dans la wilaya de Tlemcen, au niveau de Hafir (50 – 54 %) et Ifri (48 %). Ailleurs, à Mascara et Oran, les taux de réussite oscillent entre 0 et 20 %. Les forts taux de mortalité enregistrés dans le cadre de ce bilan traduisent l'échec des stratégies de reboisement adoptées. La cause prépondérante est la déficience dans la qualité des entretiens post-reboisement auxquelles s'ajoutent le choix du site à reboiser, la provenance des plants et le suivi des reboisements.

Tableau 1.5 : Répartition des surfaces reboisées et taux de réussite des campagnes de plantation 2004-2011 (réceptionnées) et 2012-2013 (non réceptionnées) dans la région Ouest de l'Algérie (Bouhraoua et al., 2014)

N°	Forêt	Superficie (ha)	Année de plantation	Taux de réussite	Age de la plantation
1	Hafir	150	2009	2 %	3 ans
2		5 (ensemencement)	2010	2 %	2 ans
3		50	2005	1 %	9 ans
4		70	2005	1 %	9 ans
5		130	2004	2 %	9 ans
6		40	2007	54 %	5 ans
7		30	2004	20 %	7 ans
8		3(ensemencement)	2009	50 %	4 ans
9	Zarieffet	40	2005	0 %	9 ans
10		50	2005	1 %	9 ans
11		40	2005	1 %	9 ans
12		40	2005	1 %	9 ans
13	Zerdeb	30	2006	0 %	7 ans
14	M'Sila	10	2009	12 %	4 ans
15	Nesmoth	20	2009	2 %	3 ans
16	Nesmoth	25	2011	30 %	5 mois
				10 %	9 mois
N°	Forêt	Superficie (ha)	Année de plantation	Taux de réussite (%)	Âge de la plantation (mois)
17	Sidi	50	2012	50 %	18 mois
18	Ifri	50	2012	90 %	18 mois
				50 %	22 mois
19	Nesmoth	25	2013	80 %	7 mois
				20 %	9 mois

La réussite des reboisements dépend de la saison, de la technique de plantation et de la qualité des plants (Varela et Piazzetta, 2014). En effet, Messaoudene (2009), dans ses travaux sur les reboisements en chêne-liège dans la région de Bejaia et Tizi-Ouzou, a attribué l'échec enregistré dans ces régions à deux facteurs essentiels : la période de plantation et la qualité

des plants. Il ajoute, à ce sujet, que de nombreux auteurs ont démontré l'effet du stress des plants juste après la plantation. En automne, ce phénomène de stress ne dure pas assez longtemps. Il est en liaison étroite et directe avec les précipitations automnales assez importantes et la diminution des températures. En revanche, les reboisements tardifs sont plus exposés à ce phénomène, surtout à partir du printemps en raison du déficit hydrique. Si cette situation perdure, l'arrivée de la période de sécheresse estivale accentuerait le stress, d'où par conséquent le flétrissement des feuilles, le dessèchement des plants et voire même leur dépérissement. Par ailleurs, les risques seront plus importants dans les parcelles à fortes pentes, très ensoleillées et totalement débroussaillées.

Du point de vue densité des nouvelles plantations, Messaoudene et al. (2011), soulignent que quel que soit la parcelle prise en compte, les densités appliquées sont faibles par comparaison à d'autres reboisements du pourtour méditerranéen, à titre d'exemple, dans la Mamora (Maroc), la densité de plantation pratiquée varie de 900 à 2500 plants/ha, avec une moyenne de 1500 plants/ha, ce qui constitue une norme plus logique quand on s'intéresse aux reboisements intensifs et à l'éducation de plants d'élite d'avenir.

Les mêmes auteurs ajoutent que les échecs constatés ne sont pas focalisés seulement à la qualité des plants, mais aussi au manque de résultats de recherche. Dans ce contexte, pourquoi les reboisements en chêne-liège en Algérie étaient une réussite au cours des années 50 et pas maintenant ? Dans le passé, l'administration forestière coloniale disposait d'une régie pour l'entretien et les suivis des plantations, ce qui n'est pas le cas actuellement. Aujourd'hui, une année après la plantation, les parcelles sont oubliées et abandonnées.

1.2.4. Production du liège en Algérie

Le liège algérien a connu plusieurs périodes. Il était pendant de nombreuses années, l'objet d'une dépréciation qui lui a porté beaucoup de tort, ça provenait en partie des négociations des autres nations productrices qui achetaient des lièges algériens, les mélangeaient à ceux de leur pays et les vendaient aux étrangers sans en indiquer la provenance, aussi des magouilles espagnoles qui incriminaient le liège algérien d'être infesté par la tâche jaune. Tout en trompant leurs correspondants, ils dépréciaient les écorces d'Algérie pour les empêcher d'en acheter (D'Hubert, 1902 ; Dehane, 2012).

Les premières récoltes de la subéraie algérienne sous la domination française datent de 1847 et font état de 447 Qx de liège brut suite aux premières reconnaissances des massifs d'El Kala, Skikda et Annaba (Lamey, 1893 ; Marc, 1930 ; Saccardy, 1937). Après, la production a subi des fluctuations quelques fois négatives et autres positives en fonction des principaux événements et des politiques appliquées.

La récolte du liège dans les forêts domaniales, qui n'était en 1890 que de 1 363 Qx, s'élevait dès 1892 à 11 034 Qx avec un top de 50 000 Qx en 1898 (Lamey, 1893 ; Lapie, 1928).

La politique de décentralisation envers Paris a procuré à l'Algérie un budget et des décisions autonomes dans le domaine forestier et la surface productive est passée de 200 000 ha à 250 000 ha avec un rendement moyen par unité de surface de l'ordre de 60 kg (Lapie, 1928). En effet, sur une période de 15 ans (1901-1915), la production du liège a atteint un tonnage moyen de l'ordre de 10 149,1±1047,5 tonnes tandis que le poids moyen par arbre s'est élevé à 5,5 kg ; le département de Constantine, détenait à lui seul 76,7% de la production (Dehane, 2012).

Durant la première guerre mondiale, la production du liège en Algérie s'est réduite de 95%, elle a régressé de 42 498 Qx en 1916 à 6 111 Qx seulement en 1918 (Meynier, 1981). Plus tard, avec le développement industriel des agglomérés et l'emploi croissant des lièges artificiels en Europe au cours des années 1920 (Blottière, 1930), le rythme des exploitations s'amplifie et la production moyenne par arbre est passée alors de 5,5 kg à 10 kg (Marc, 1930).

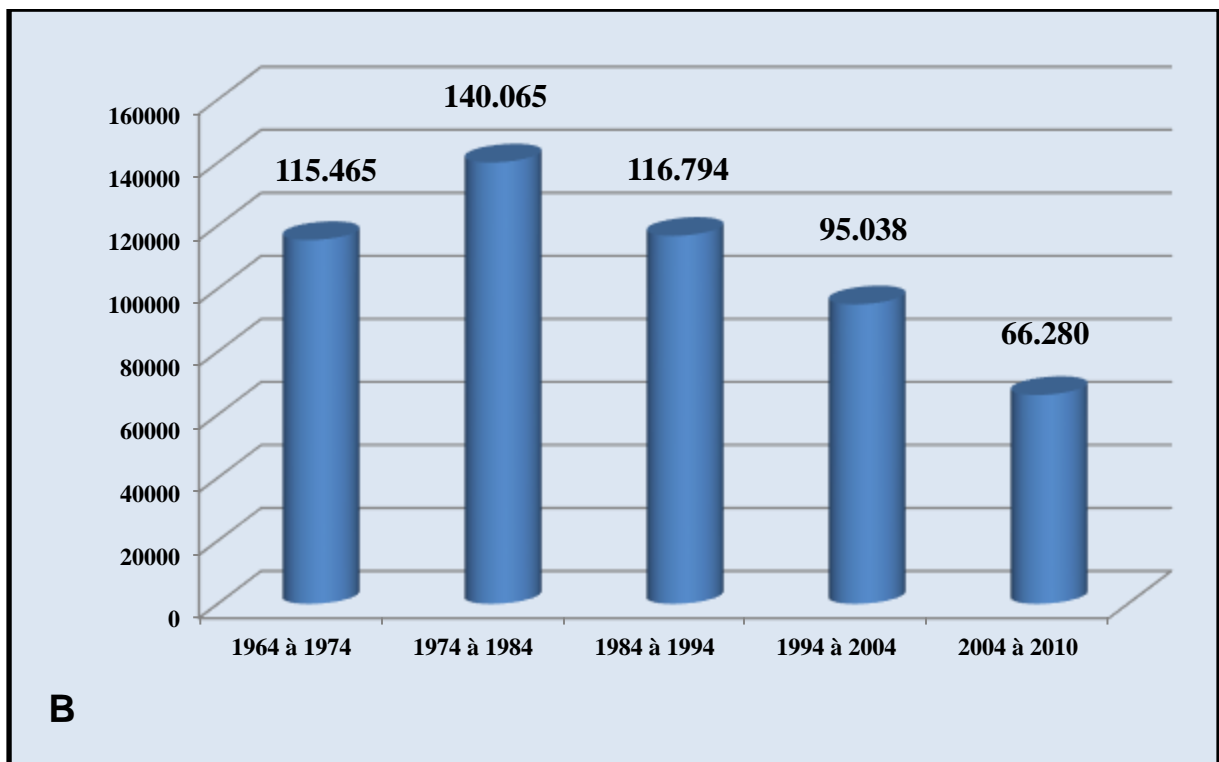
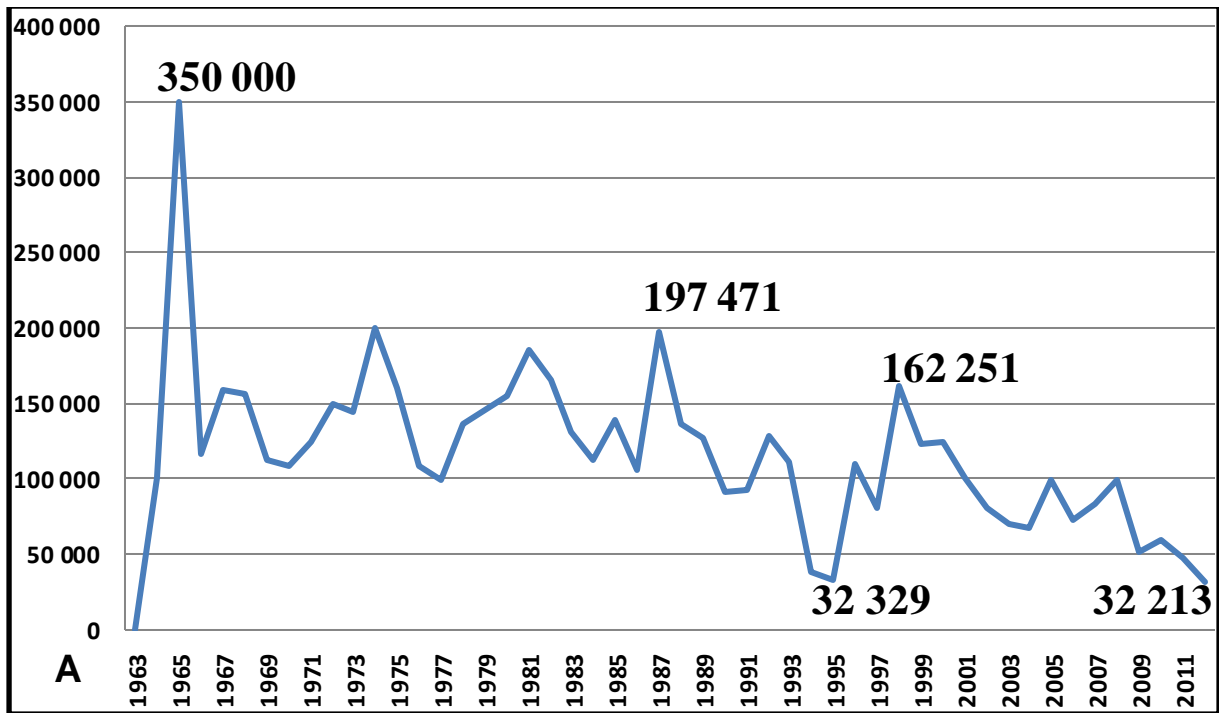
Après 100 ans de colonisation, vers les années 1930, les forêts de chêne-liège couvraient une superficie totale de 440 000 hectares, dont 250 000 appartenaient à l'état, 15 000 hectares aux communes et 175 000 ha aux particuliers (Natividade, 1956). A partir de 1937-1950, la production moyenne normale oscillait autour de 320 000 Qx par an, avec un record de 553 919 Qx en 1937 et dont 90% environ provenant du département de Constantine. (Manjauze, 1958).

A partir de 1954, la quantité des lièges passe de 40 170 tonnes à 13 117 tonnes en 1955, puis à 2 200 tonnes en 1956 ce qui représente 4,5 % du chiffre atteint en 1954 (Manjauze, 1958 ; Lequy, 1970).

Dès l'indépendance, le service forestier algérien a repris l'exploitation des massifs de chêne-liège. En raison d'une absence d'exploitation durant la guerre de libération, la production a atteint un pic jamais égalé soit 350 000 Qx en 1965 (Fig. 1.6A).

Durant les années qui se succédèrent (1966-1993), la quantité de liège produite a subi des fluctuations considérables et a diminué d'environ 40 % par rapport à 1965 (D.G.F., 2013). Aux peuplements vieux et traumatisés par l'exploitation intense des arbres à partir de 1920 (Lapie, 1928 ; Saccardy, 1937 ; Peyerimhoff, 1941), s'ajoutait le manque terrible d'ingénieurs et de techniciens spécialisés qui a profusément contribué à aggraver la situation. La gestion des subéraies est devenue très hasardeuse. L'inventaire forestier national établi par le B.N.E.D.E.R. (1984), indiquait que sur les 230 000 hectares de chêne-liège, 61 % sont représentés par de vieilles futaies, 37 % par de jeunes futaies, 1 % par des perchis et 1 % par des taillis. Les vieilles futaies sont les plus abondantes, ce qui explique la difficulté de la régénération naturelle.

Les années 1994 et 1995 étaient les plus catastrophiques pour les subéraies aussi bien pour la production en liège que pour leur avenir. Les quantités de liège ont frôlé à peine les 33 000 Qx suite à la conjoncture sécuritaire qu'a connue l'Algérie durant la décennie noire. Après, l'exploitation a repris progressivement avec des hauts et des bas et atteint 162 251 Qx en 1998. Malgré l'amélioration des conditions d'accès à certains massifs, la production de liège a atteint seulement 82 973 Qx en 2007 (Fig. 1.6) (D.G.F., 2013).



Figures 1.6 : Fluctuation annuelle (A) (1963 – 2012) et périodique (B) (1964 – 2010) de la production du liège en Algérie (en quintaux) (D.G.F., 2013)

Chapitre 2 : Considérations générales sur le chêne-liège

Table des matières

2.1. Origine géographique.....	39
2.2. Taxonomie et diversité génétique.....	40
2.3. Aire de répartition.....	42
2.4. Description botanique et forestière.....	46
2.4.1. Physionomie et longévité.....	46
2.4.2. Appareil végétatif.....	48
2.4.3. Appareil reproducteur.....	52
2.5. Autoécologie.....	52
2.6. Sylviculture et aménagement.....	56
2.7. Peuplements de chêne-liège.....	58
2.8. Importance écologique.....	59
2.9. Importance socio-économique.....	59
2.10. Facteurs de dégradation des subéraies.....	63
2.10.1. Causes et mécanismes du dépérissement.....	63
2.10.1.1. Actions anthropiques.....	68
2.10.1.1.1. Coupes, récolte de bois et de glands, défrichements.....	68
2.10.1.1.2. Surpâturage.....	69
2.10.1.1.3. Aménagement et traitements sylvicoles non adaptés.....	69
2.10.1.2. Maladies physiologiques.....	70
2.10.1.3. Champignons.....	71
2.10.1.3.1. Champignons de dépérissement.....	71
2.10.1.3.2. Champignons des glands.....	72
2.10.1.4. Insectes.....	73
2.10.1.4.1. Insectes défoliateurs.....	73
2.10.1.4.2. Insectes xylophages.....	73
2.10.1.4.3. Insectes sous-corticaux.....	74
2.10.1.4.4. Insectes racinaires.....	74
2.10.1.4.5. Insectes ravageurs de glands.....	75
2.10.1.5. Autres ravageurs.....	75
2.10.1.6. Incendies.....	75

2.1. Origine géographique

On ne peut comprendre le monde des plantes vivantes sans en connaître le passé, et tout enseignement botanique devait en être inspiré (Emberger, 1955). Ce principe ne concerne pas uniquement la généalogie des végétaux mais aussi l'histoire et l'évolution de la végétation à travers les âges. L'architecture très variée de la surface des pollens permet d'identifier les espèces (Dessain, 1992) et fait de ce matériau fossile, une source d'information très précieuse sur l'origine de notre environnement végétal. Son évolution et son devenir sont autant liés aux événements générés par les processus naturels que par l'occupation humaine et son agencement social.

Les premiers arbres identifiés comme chêne-liège remontent à plusieurs millions d'années. Depuis lors, se sont succédés plusieurs épisodes de changement climatique qui ont affecté la végétation. Le Pléistocène est une période particulièrement intéressante, qui est survenue il y a environ 1,8 million d'années; c'est une période qui se caractérise par une alternance d'époques glaciales de froid extrême avec des états interglaciaires plus chauds. Ces événements ont eu une influence décisive sur la distribution géographique et la diversité génétique du chêne-liège. Le froid l'a obligé à se réfugier dans des zones au climat moins rude, tandis que la douceur interglaciaire a favorisé son expansion territoriale. Certaines études effectuées sur le pollen de l'essence suggèrent que le chêne-liège a survécu de la dernière période glaciale dans le sud et sur les côtes de l'Ibérie et dans l'Afrique du Nord avec une possibilité de recolonisation post-glacial entre les deux zones (Carrion et al., 2000 ; Santos Pereira et al., 2008).

Des recherches en palynologie ont décelé l'existence de pollen de chêne-liège 10 000 ans avant J.C. au sud de l'Espagne, et une présence plus significative, 6 500 ans avant J.C. aux frontières franco-espagnoles (Dessain, 1992). La pénétration en Afrique du Nord aurait eu lieu soit à travers la chaîne de montagnes, submergée à la fin du Pliocène, qui reliait la Sicile à la Tunisie, soit par le trait d'union IbéroMauritanien qui se brisa définitivement au début de l'ère Quaternaire (Peyrinhoff, 1941; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Seigue, 1985 ; Azema, 2004).

Dans le Rif marocain et le nord de la Tunisie (Kroumirie), des études sur l'évolution de la végétation ont clairement montré le caractère paraclimacique et artificiel des chênaies de

Quercus ilex et *Quercus suber* (Reille, 1977). Les spectres de la base des deux séquences indiquent qu'avant que ne s'opère la substitution, qui dans cette région siliceuse profite uniquement à *Quercus suber*, les deux sites séparés par plus de 200 m de dénivelée étaient dans le domaine naturel exclusif de *Quercus canariensis* (*Quercus faginea*). La réduction des forêts naturelles de cet arbre est évidemment la conséquence de déboisements anthropiques dont l'évidence est soulignée par les céréales (Reille, 2013).

La même substitution s'observe dans d'autres régions du pourtour de la Méditerranée occidentale, en Dalmatie et en Istrie (Brand et al., 1975), en Provence (Triat, 1978), en Languedoc, avec un diachronisme en rapport avec les vicissitudes historiques qu'a connues chaque région : elle est ancienne en Provence comme en Corse et récente (d'âge historique) dans le Rif, en rapport avec l'arrivée des Arabes (Reille, 2013).

2.2. Taxonomie et diversité génétique

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est décrit pour la première fois par le suédois Linneo (L) en 1753 dans son livre « Spécies plantarum » (Natividade, 1956). Il appartient au Règne végétal, à l'Embranchement des Spermaphyte, le Sous embranchement des Angiospermes, la Classe des dicotylédones, la Sous classe des Apétales, l'Ordre des Fagales, la Famille des Fagacées, la Sous famille des *Quercoideae*, le Genre des *Quercus* et l'Espèce *suber*.

Le premier mot du nom scientifique du chêne-liège (*Quercus*) représente le genre auquel il appartient, regroupant tous les arbres et arbustes producteurs de glands. Ce genre est sans doute un des genres forestiers les plus riches en espèces, mais aussi un des plus controversés. Il comporte 200 à 500 espèces selon Rehder (1923 in Natividade, 1956). Nixon (1993), rapporte qu'il existe selon les critères de classification adoptée, de 394 à 448 espèces, toutes réparties dans l'hémisphère Boréale : elles occupent surtout les régions tempérées du Nord d'Amérique, de l'Europe et de l'Asie, mais elles poussent aussi dans certaines zones tropicales et subtropicales en Amérique Centro-méridionale. En Afrique du Nord et Asie, le nombre des espèces demeure assez imprécis parce qu'il n'y a pas d'accord entre les chercheurs sur la définition des différents taxons (N'sibi, 2005).

La deuxième partie du nom, « *suber* », désigne l'espèce et signifie « liège » en latin. Cette dénomination est probablement d'origine grecque (Phellodrus : Phellos = liège). Il se

distingue des autres chênes par le développement remarquable de l'enveloppe subéreuse du tronc et des branches. Le chêne-liège s'aperçoit par différentes nominations selon les pays et les régions. Il est nommé *Cork oak* (Angleterre), *Sobreiro* (Portugal), *Suhgera* (Italie), *Korkbaum* (Allemagne), *Alcornoque* (Espagne), *Corcier* (Gascogne), *Suvé* (Provence) et *Korkowoe déréwo* (Russie) (Richard, 1987). En Afrique du Nord, on désigne cette espèce sous les noms d'Ahlidj en iderren, Igui en berbère, Agout, Hamech, Afersi, Aferki ou Iferki. Son écorce est appelée Fersi, Fernan ou Chouber (Trabut, 1925) ; ou Iferki et akhnach en Bébére. La population riveraine de Nesmoth (Mascara, Algérie) l'appelle Tachta.

Grace à la constitution génétique complexe du chêne-liège à laquelle contribue le fait qu'il s'agisse d'une espèce essentiellement allogamique, on observe dans la progéniture d'un même arbre des différences morphologiques si saillantes d'un individu à l'autre et l'on rencontre tant de gradation entre les caractères extrêmes du même organe que chaque spécimen peut être considéré, à la rigueur, comme une forme botanique distincte (Natividade, 1934).

Cette dissemblance des variétés et des formes traduit le grand polymorphisme de cette essence, qui s'exprime par de notables variations individuelles de forme et de caractères botaniques (la périodicité de renouvellement des feuilles et de la fructification, de la forme des écailles de la cupule, de la qualité du gland, de la disposition des rameaux et de la qualité du liège). Ainsi Camus (1938), distingue 24 formes différentes et Natividade (1956), distingue quant à lui 14 formes botaniques.

Certains auteurs comme Aime (1976) ; Manos et Stannford, (2001), signalent que le genre *Quercus* pose un problème phylogénétique qui n'est toujours pas résolu, faisant allusion au problème posé par *Quercus suber* et les espèces voisines : *Quercus pseudo suber* et *Quercus cerris*. Toutes ces considérations demandent de la prudence quant à la définition et à l'identification des nombreuses variétés, sous-espèces et hybrides décrits dans la littérature (Camus, 1938). Outre, l'étude phylogéographique sur les subéraies menée par Lumaret et al., 2005, a permis de confirmer l'existence des variations de l'ADN chloroplastique chez le chêne-liège dans l'ensemble de son aire de répartition. Cette variation est due aux multiples événements de l'hybridation et de l'introgession génétique entre le *Quercus ilex* et le *Quercus suber*. Les mêmes auteurs ajoutent que pour des raisons économiques, l'Homme a joué un grand rôle dans l'extension des subéraies par le transport international des glands.

Phylogénétiquement, le chêne-liège est considéré comme étroitement lié à trois espèces asiatiques de chêne à feuilles caduques. Ce sont le chêne chevelu (*Quercus cerris*) du Sud-Ouest de l'Asie, le chêne en dents de scie (*Quercus acutissima*) de l'Asie orientale, et le chêne-liège chinois (*Quercus variabilis*) (Manos et Stanford, 2001).

En Afrique du Nord, il existe des races nettement distinctes : la race du chêne-liège numidien essentiellement méditerranéenne, qui est celle de la zone orientale de l'Algérie et Tunisie et la race du chêne-liège atlantique ou marocain caractérisé par un port plus élancé, la grosseur et la nature des glands (souvent doux) et les modalités de chute des feuilles. Cette forme atlantique présenterait d'ailleurs des formes de transition la reliant d'une part au chêne-liège de l'Algérie et de Tunisie et de l'autre part, par le Rif et Tanger à celui de l'Andalousie et du Portugal (Boudy, 1955). En Algérie et Tunisie, Boudy (1952) a signalé que *Quercus suber* et *Quercus afares* s'hybrident pour donner *Quercus kabylica*, plus près du chêne-liège et *Quercus numidica*, plus près du chêne afares, décrits tous les deux par Trabut dès 1890 (in Boudy, 1950).

Une étude enzymatique réalisée sur 40 populations de chêne-liège a montré que la diversité maximale est observée dans la Péninsule Ibérique et dans les régions françaises adjacentes (Landes et Catalogne) alors qu'en Afrique du Nord, en Italie, en Corse et en Provence, la diversité est moindre (Toumi et Lumaret, 1998).

En conclusion, il y a là une manifestation de la grande richesse génétique des chênes en général et du chêne-liège en particulier, qui laisse certains auteurs moins inquiets pour l'avenir des chênes quant aux conséquences futures des changements climatiques annoncés.

2.3. Aire de répartition

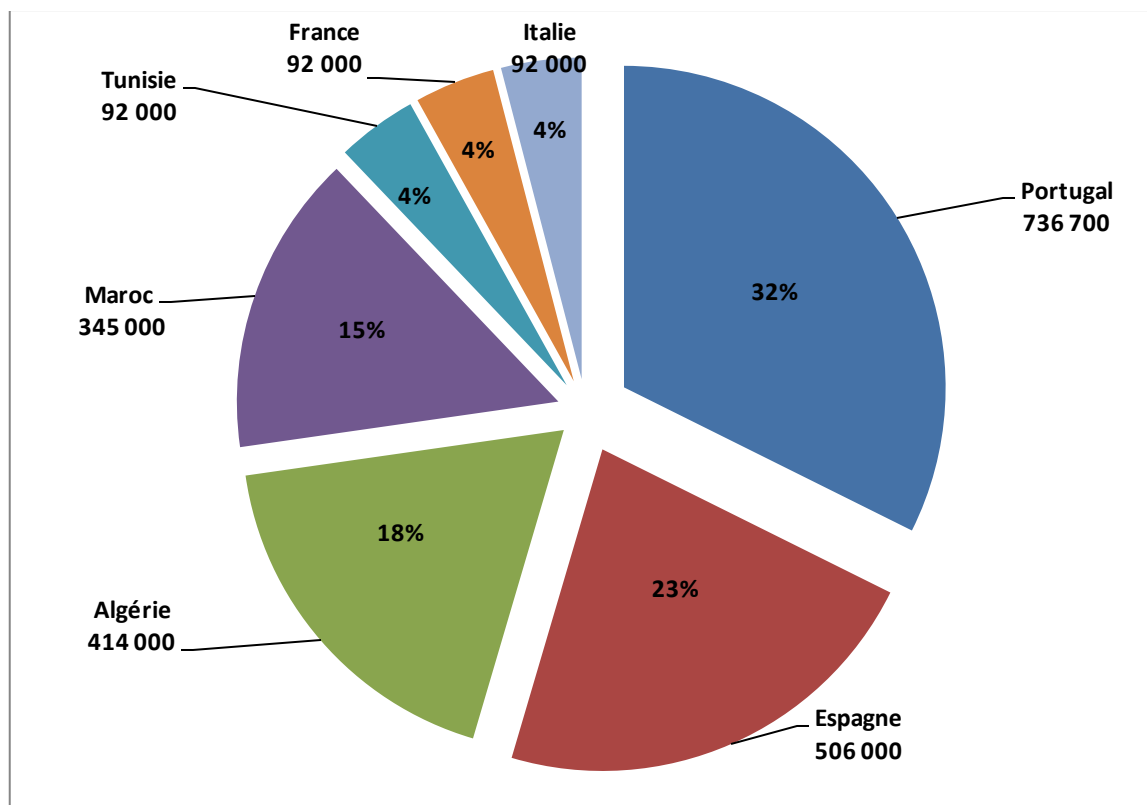
L'aire naturelle du chêne-liège est relativement restreinte, puisque elle concerne exclusivement le pourtour occidental de la Méditerranée et le littoral atlantique, soit entre 31° et 45° de latitude nord (Peyerimhoff, 1941 ; Maire, 1961 ; Quezel et Santa, 1962). Cette essence est signalée dans sept pays, dont quatre d'Europe méridionale (Portugal, Espagne, France et Italie) et trois d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie et Tunisie) (Houard, 1912 ; Peyrimhoff, 1941 ; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Quezel et Santa, 1962 ; Goumand et Rousse, 1988).

Le chêne-liège est circonscrit à la région de la méditerranée occidentale (Quezel et Santa, 1962) et atteint la Sicile à l'Est. Il s'arrête à la façade atlantique, en recouvrant une bonne partie de la Péninsule Ibérique et une grande surface du Maroc jusqu'à la 32^{ème} parallèle (Natividade, 1956), où les influences de la mer et de l'océan permettent d'adoucir la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison estivale du climat méditerranéen. Au Sud, en Algérie et en Tunisie, l'aire du chêne-liège n'atteint pas la 34^{ème} parallèle. Au nord, elle va jusqu'à la 44^{ème} parallèle en France dans des zones du Var et des Landes (Lamey, 1893 et Natividade, 1956).

On note aussi qu'autour de la Méditerranée le chêne-liège inféodé aux substrats non calcaires, s'éloigne peu du rivage, alors que sur les îles méditerranéennes comme les Baléares, la Corse, la Sardaigne et la Sicile, il peut coloniser des terrains assez éloignés de la côte. Dans les pays bordant l'océan Atlantique, cette fagacée pénètre largement à l'intérieur des terres. Un tel constat a laissé penser que le chêne-liège affectionnait les territoires où l'humidité relative de l'air est souvent élevée (Aubert, 1995).

La superficie potentielle de la subéraie serait de 12,5 millions d'hectares d'après le Code International des Pratiques Subéricoles (C.I.P.S.) (2005) et sa superficie originelle aurait été de l'ordre de 7,5 millions d'hectares d'après Salazar Sampaio (1988). Cependant, cette essence totalise actuellement dans le monde environ 2,7 millions d'hectares, dont 1 million et demi d'hectares sont répartis en Europe et près d'un million d'hectares en Afrique du Nord (Aronson et al., 2009 ; Pausas et al., 2009).

La surface actuelle occupée par le chêne-liège en Afrique du Nord est probablement inférieure à 30 % de sa superficie potentielle (Charco, 1999 in Vallejo et al., 2009). Ainsi, en Europe comme en Afrique du Nord, les zones à chêne-liège ont considérablement diminué de taille et de vitalité à cause des fortes variations climatiques (Benabid, 1989), des incendies (surtout après exploitation du liège), des défrichements, des substitutions d'essences, le dépérissement et toutes les autres actions et menaces qui détériorent la santé du chêne-liège. Par contre, dans le sud-ouest de l'Espagne et au Portugal, la zone de chêne-liège a augmenté durant les 200 dernières années, en dépit de quelques épisodes de déclin, comme celles survenues durant la moitié du vingtième siècle (Vallejo et al., 2009). En effet, le Portugal avec ses 32 % de la subéraie mondiale, reste de loin, le plus grand producteur de liège et possède la plus grande industrie (Fig. 2.1).



La superficie mondiale totalise 2 277 700 ha.

Figure 2.1 : Proportions de distribution mondiale du chêne-liège (A.P.C.O.R., 2006)

Les différences sont assez significatives entre les sources indiquant les superficies recensées par pays. Ceci est dû, d'abord à la difficulté même de définir la notion de surface occupée (Zeraia, 1981), ensuite à une évolution qu'elle soit progressive dans le temps ou régressive (Tab. 2.1). Aussi selon Bekdouche (2010), certaines estimations ne prennent en compte que les peuplements offrant une ambiance forestière type, d'autres, englobent les peuplements dégradés synonymes de matorrals ou de maquis hauts.

L'intérêt porté au matériau « liège » a très tôt suscité des tentations plus ou moins heureuses d'acclimatation du chêne-liège en dehors de son aire d'origine. La littérature, toutefois pas très récente (Natividade, 1956 ; Aubert, 1995), mentionne ces essais, parmi les pays où cela s'est opéré sur une grande échelle, on peut signaler : la Russie dès 1819, en reboisement sur le littoral de la Mer noire, et les Etats-Unis d'Amérique dès 1860 ; dans le nord de la Californie, des chênes lièges mesuraient 60 cm de diamètre à hauteur de poitrine à 35 ans et pouvaient atteindre 150 cm plus tard, ces gros arbres fournissaient une quantité

considérable de bois dur mais ne constituaient pas une source intéressante de liège pour les bouchons, en effet, il s'est très vite avéré que le liège domestique était de qualité inférieure.

Et Parmi ceux où l'expérimentation est demeurée plus modeste on trouve, la Nouvelle Zélande (Mac Arthur, 1994), l'Afrique du Sud, le Japon et la Chine, la Turquie, l'Argentine, l'Uruguay, le Sud de l'Australie (Richard, 1987 ; Aronson et al., 2009) et la Bulgarie (Petrov et Genov, 2004) (Fig. 2.2). Toutefois, aucun de ces endroits n'a pu développer avec succès une industrie du liège, même si l'arbre se développe relativement bien sur des sols appropriés (Americo et al., 2009).

Tableau 2.1 : Superficie estimées des forêts de chêne-liège en hectares dans le monde (Lamey, 1893 ; I.P.R.O.C.O.R., 1999 ; Santos Pereira et al., 2008)

Pays	Superficie en ha (1893)	% de la superficie totale (1893)	Superficie en ha (1999)	% de la superficie totale (1999)	Superficie en ha (2008)	% de la superficie totale (2008)
Portugal	300 000	22,08	859 000	32,00	862 000	32,05
Espagne	255 000	18,77	725 000	27,00	725 000	26,98
Algérie	459 000	33,79	440 000	16,40	375 000	13,94
Maroc	?	?	377 000	14,00	440 000	16,36
Italie	80 000	5,89	144 000	5,36	144 000	5,36
Tunisie	116 000	8,54	99 000	3,70	44 000	1,63
France	148 500	10,93	44 000	1,60	99 000	3,68
Total	1 358 500	100	2 688 000	100	2 689 000	100

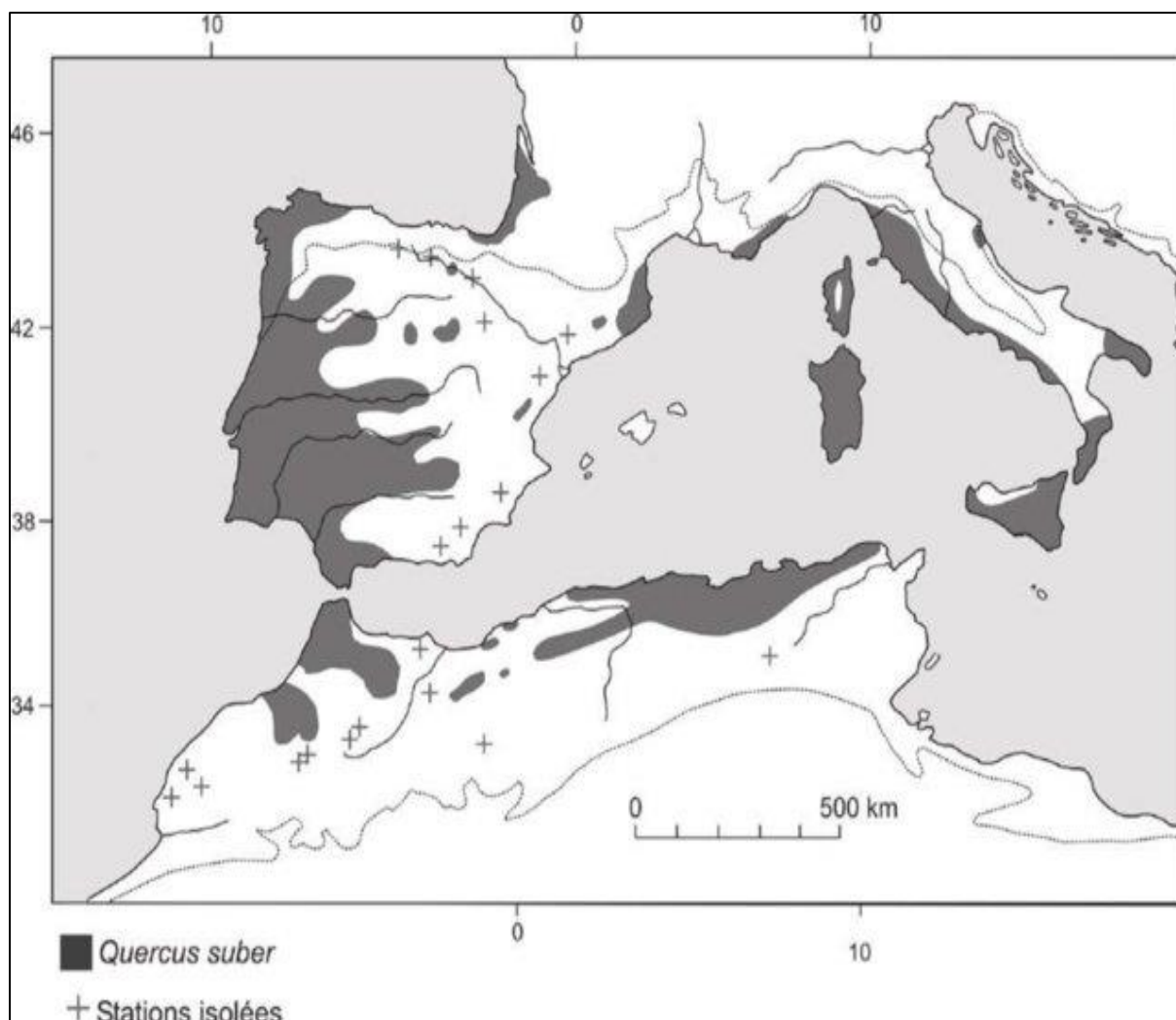


Figure 2.2 : Aire de distribution du chêne-liège dans le monde
(Quézel et Médail, 2003)

2.4. Description botanique et forestière

2.4.1. Physionomie et longévité

Le chêne-liège existe dans des peuplements très variés allant de la futaie pure, plus ou moins dense, à des maquis où il ne subsiste plus qu'à l'état isolé, en passant par des boisements mixtes où il cohabite avec d'autres essences (pins et autres chênes méditerranéens).

Plusieurs auteurs ont décrits les caractères botaniques de l'espèce. C'est un arbre de taille moyenne pouvant atteindre 10 à 20 m de haut et selon Gil et Varela (2008) même 25 m dans des conditions optimales.

L'architecture du houppier offre une ramification de faible densité par rapport à celle du chêne vert. Il est composé de la juxtaposition de masses globuleuses assez espacées, et issues de la prolifération de jeunes rameaux.

Son port est variable en fonction de la densité du peuplement : **tronc court et houppier étalé** dans les peuplements clairs ou à l'état isolé et **tronc long et houppier élancé** dans les peuplements denses (Pl. 2.1).

Le tronc se ramifie le plus souvent à une faible hauteur (3 à 4 m environ) et il est recouvert d'une écorce subéreuse fortement crevassée. Le feuillage est suffisamment léger, laissant passer la lumière et permettant le développement d'un sous-bois abondant.

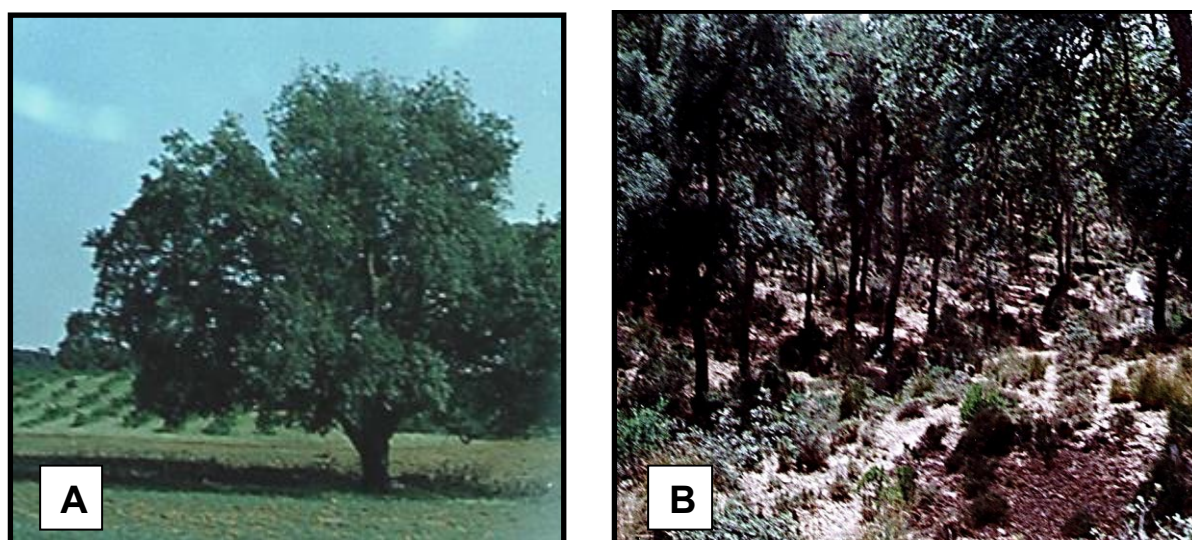


Planche 2.1 : Catégories de grandeur du tronc selon les conditions de végétation:

(A) : chêne-liège isolé (M'sila, 2000) et (B) : chêne-liège en peuplement serré (Hafir, 2009) (Original)

La **circonférence** à 1,30 m du sol, peut atteindre 1 à 2,5 m. Au Portugal, Natividade (1956), signale un arbre abattu de 12 m de circonférence à la base et Saccardy (1937), souligne qu'en Algérie, dans les vieux peuplements, certains sujets font 4 m de circonférence (et exceptionnellement 11 m).

La **longévité** du chêne-liège est très variable selon l'étage de végétation, elle est nécessairement plus grande dans l'aire optimale (humide) et sur un bon substratum que lorsque l'essence est à la limite de son aire écologique (semi-aride) et sur un sol sec et superficiel. Elle varie de 80 (Metro, 1958) à plus de 500 ans (Natividade, 1956) selon les conditions édapho-climatiques du milieu et le nombre de récoltes de liège que l'arbre subit

(Boudy, 1950). Au Portugal, les arbres peuvent vivre jusqu'à un âge très avancé (300 ans); ainsi qu'en Algérie et au Maroc, les vieux arbres de 220 à 250 ans ne sont pas rares ; en Oranie, se trouvent encore de nombreux sujets de plus de 300 ans (Boudy, 1950 et Natividade, 1956), particulièrement dans la vieille futaie de Hafir (Tlemcen). Gil et Varela (2008) signalent que le chêne-liège peut atteindre jusqu'à 500 ans dans certains endroits.

2.4.2. Appareil végétatif

Selon Natividade (1956), dès son jeune âge, le chêne-liège montre des dispositions naturelles à s'enfoncer verticalement avec vigueur dans le sol. En effet, on a pu vérifier que **les racines** des glands semés dans des sachets sans fond ou dans des conteneurs WM, atteignent 50 à 60 cm trois mois uniquement après le semis, tandis que la partie aérienne atteint 9 à 15 cm environ (Pl. 2.2). La grosse racine pivotante d'un chêne-liège adulte est bien constituée et sert de support, il y a également des racines secondaires plus superficielles. Elles fixent l'arbre et lui permettent de s'installer même sur les sols les plus infimes. Elles arrivent aussi à s'emmêler avec celles des arbres voisins et peuvent entrer en symbiose avec beaucoup de champignons. Les grosses racines peuvent porter du liège si elles sont nues (Pl. 2.2). Cet investissement précoce dans les racines, plutôt que dans les tiges et le feuillage, peut contribuer à la survie des plants dans les premières années s'ils sont sujets à la sécheresse. La survie des semis ne peut pas être garantie avant que les racines atteignent une profondeur au sol qui retient l'eau disponible en été (Pausa et al., 2009).

L'architecture du système racinaire est modelée par les conditions édapho-hydriques : ainsi des arbres aux pieds souvent inondés, proches des dayas, n'ont qu'un réseau superficiel de racines, et sont de ce fait très sensibles au dessèchement du sol (Bouchafra et Fraval, 1991). Le chêne-liège rejette bien des souches à condition qu'il y ait assez de lumière. Les rejets peuvent apparaître sur la tige, les branches ou sur les racines latérales. Cette propriété lui permet de reprendre après les incendies (Dessain, 1992).

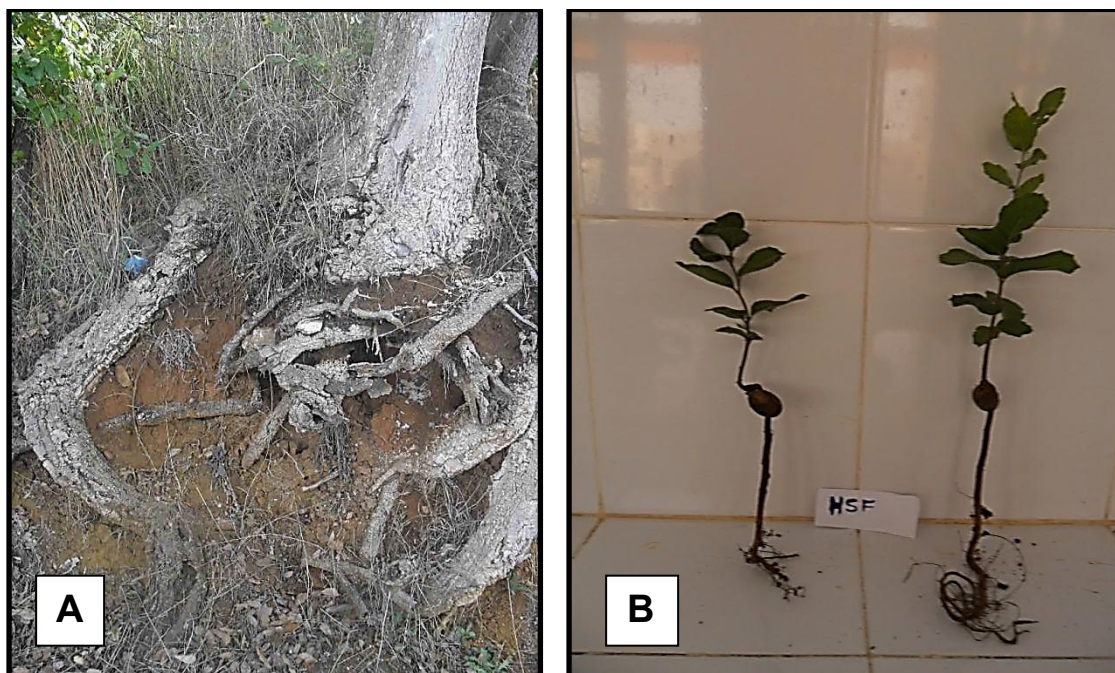


Planche 2.2 : Racines du chêne-liège :

(A) : racines de chêne-liège nues et couvertes de liège (Zarieffet, 2011) et (B) : racines d'un jeune plant (2010) (Original)

Le bois du chêne-liège est dur, lourd, d'un brin clair et légèrement rosé. Il sèche difficilement et fend facilement. Il intervient généralement dans les utilisations qui exigent des qualités de résistance au frottement et à la pourriture (parquets, outils, pièces de bateaux, etc.). Le bois d'œuvre largement utilisé autrefois pour les constructions navales, a aujourd'hui des applications très restreintes et sans valeur (Natividade, 1956). Mais les branches et les rameaux fournissent un excellent charbon.

Le liège est la caractéristique la plus prodigieuse du chêne-liège, et actuellement la plus fructueuse. Elle est peu combustible et isolante. Elle ne brûle que superficiellement et protège les tissus conducteurs de la sève en même temps que l'assise génératrice du liège (Dessain, 1992), ainsi, après un feu, bien que le feuillage soit touché, les parties vitales de l'arbre peuvent rester intactes, ce qui permet à cette essence de reformer son houppier et reprendre sa croissance normale.

Cette écorce perpétuellement en mouvement commence à se former à partir de la deuxième année de la vie d'un plant de chêne-liège (Bouchaffra et Fraval, 1991). Lorsque ce dernier a atteint un périmètre de 60 à 70 cm mesurés à partir de 1,30 m du sol, ce qui demande

près de 25 ans, son exploitation peut commencer et durera entre 130 et 160 ans (Dessain, 1992).

Lors du premier levage (démasclage), on obtient une couche de couleur grisâtre, très épaisse, peu dense, dure, d'une élasticité médiocre et avec de nombreuses et profondes crevasses, il s'agit du liège mâle, vierge ou naturel pouvant atteindre selon Saccardy (1937) 20 cm d'épaisseur (Pl. 2.3). Après le second levage, on récolte un liège dont les propriétés permettront l'exploitation : il présente alors une structure plus homogène et ses faces internes et externes sont planes, c'est le liège femelle ou de reproduction (Pl. 2.3). La qualité du liège augmente avec les levées successives. La hauteur de prélèvement du liège augmente à chaque levée, elle est de 1,5 à 3 fois la circonférence (Veillon, 1998). Ces qualités excellentes (d'élasticité, de résistance, d'isolation, etc.) du liège de reproduction le rendent irremplaçables dans certaines utilisations industrielles.



Planche 2.3 : Liège mâle et liège de reproduction (Zarieffet, 2010) (Original)

Les épaisseurs du liège de reproduction exigées par le travail en bouchonnerie imposent un nombre minimum d'années de croissance qui est fixé à 9 ans au Portugal mais qu'il faut porter à 12 ou 15 ans dans les peuplements des régions montagneuses où les planches sont de bonne qualité mais de faible épaisseur ; au-delà de 15 ans la proportion du liège crevassé augmente de telle façon que les rebuts sont très importants (Veillon, 1998).

Après chaque récolte, le chêne-liège traverse un traumatisme qui est d'autant plus grave que si la récolte coïncide avec les grandes chaleurs (sirocco) ; et pour protéger aussi longtemps que possible la vie de l'arbre et profiter au maximum de sa production en quantité et en qualité, la récolte doit être pratiquée suivant des règles et des normes techniques précises.

Les feuilles sont très polymorphes même au sein du même arbre (ovales, oblongues ou ovales lancéolées). Leur taille varie de 3 à 6 cm de longueur et de 2 à 4 cm de largeur. Elles sont attachées à la tige par un court pétiole (jusqu'à 18 mm de long). Elles sont simples, alternes, dentées ou non, coriaces, glabres et d'un vert brillant au-dessus, tomenteuses et d'un gris-blanchâtre au-dessous (Pl. 2.4). La nervure principale dépasse le limbe en une pointe fine et souple. Les nervures secondaires (5 à 7 paires) se terminent par des dents peu piquantes.



Planche 2.4 : Feuilles de chêne-liège (Hafir, 2010) (Original)

Leur persistance sur l'arbre varie entre deux et trois ans (Saccardy, 1937) et dépend des individus et de l'état de végétation des peuplements (Richard, 1987). Ces feuilles sont bien conçues pour faire face à un climat imprévisible. Elles sont sclérophylles, ce qui est typique selon Pausa et al., (2009) de nombreux arbres et arbustes qui poussent dans des régions présentant de forts déficits hydriques saisonniers, comme la Méditerranée.

La sclérophyllie est souvent considérée comme un trait adaptatif des plantes ligneuses dans les climats à saison sèche, mais elle ne confère pas automatiquement une plus grande tolérance à la sécheresse, et elle a peut-être évolué parce qu'elle offre une protection contre de

nombreux et différents types de stress (Read et Stokes 2006), telle une pauvre nutrition minérale ou des attaques par les défoliateurs (Salleo et al., 2000). La plupart des défoliateurs du chêne-liège s'alimentent en effet, des jeunes feuilles tendres, avant que la sclérophylie ne se développe pleinement (Pausa et al., 2009).

Les bourgeons sont bruns grisâtres, pubescents, ovoïdes ou arrondis et se terminent en pointe. Avant le débourrement, ils sont protégés par des écailles portant des poils courts et serrés.

Le débourrement eu lieu au printemps, les feuilles de deux ou trois ans tombent pour la plupart d'entre elles peu de temps après l'apparition des nouvelles feuilles ; reconstituant ainsi une litière fraîche qui intervient au moment où l'évaporation de l'eau à la surface du sol est accélérée. L'élongation des rameaux se déroule sur plusieurs semaines, dès fois jusqu'à la mi-juin. Toutefois, au cours de fin d'été ou de début d'automne chaud et humide, de nouvelles pousses peuvent être observées. Le nombre et la taille des feuilles par rameaux sont variables, ils dépendent pour une part des caractères de la station. Le chêne-liège refait en habituel son feuillage tous les ans jusqu'à un âge très avancé.

Cependant, après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables (sécheresse, coups de chergui) ou après une récolte exagérée de liège, le chêne-liège peut perdre la totalité de ses feuilles (Saccardy, 1937 ; Natividade, 1956 ; Mabsoute, 1981 ; Hamdaoui, 1994). Un phénomène de refeuillaison partiel peut se produire quelques semaines après une défoliation par le Bombyx disparate (*Lymantria dispar*) ; au printemps suivant, les arbres ne débourrent pas, ou ils le font partiellement et/ou en retard (Bouchafrat et Fraval, 1991).

2.4.3. Appareil reproducteur

Les fleurs et les glands (*cf.* Chap. 3).

2.5. Autoécologie

De nombreux chercheurs se sont penchés sur l'étude des exigences écologiques du chêne-liège notamment Emberger (1939), Marion (1955), Sauvage (1960) et Achhal et al. (1980). Cette essence est étroitement liée aux conditions édaphiques et bioclimatiques du milieu et exigeante en lumière. Les exigences particulières du chêne-liège décident de son

implantation et des soins qu'il faut lui apporter. Les principales régions où pousse le chêne-liège bénéficient d'un climat tempéré chaud et humide, méditerranéen ou atlantique. Sous ce type de climat, l'essence a des besoins précis pour pouvoir se développer dans de bonnes conditions physiologiques, mais présente par ailleurs une certaine rusticité lui permettant de survivre dans des conditions du milieu peu favorables (Natividade, 1956).

En Afrique du Nord, il se rencontre depuis le bord de la mer jusqu'à 2 200 m d'**altitude** au Maroc (Boudy, 1950 et Peyrimhoff, 1941), mais avec un optimum de croissance allant à 600 m (Mangenot, 1942 ; Pereira, 2007). 9/10^e des subéraies sont installées principalement dans l'**étage bioclimatique** humide et doux ; on les trouve essentiellement sur le littoral et en moyenne montagne en Algérie orientale et en Tunisie pendant qu'elles sont faiblement représentées au Maroc dans le Rif occidental et dans le moyen Atlas. Dans ce pays, les subéraies prospèrent surtout dans l'étage subhumide où elles couvrent une superficie considérable sur la côte atlantique, dans le Rif occidental et le Haut Atlas ; alors qu'en Algérie, elles forment dans cet étage des taches plus ou moins étendues dans les montagnes à l'Ouest du pays.

Dans l'étage semi-aride où il est à sa limite écologique inférieure, le chêne-liège est présent au Maroc surtout en plaine, sur la côte atlantique (2/3 des subéraies marocaines) et en Algérie on le trouve du littoral aux moyennes montagnes de l'Ouest (Boudy, 1950 ; Boudy, 1952 ; Benabid, 1985 ; Bouchafra et Fraval, 1991 ; Villemant, 1993).

Fournissant au chêne-liège le support, l'eau et les matières minérales qui lui sont indispensables, **le sol** agit puissamment sur ses conditions d'existence.

Le chêne-liège est une espèce calcifuge et craigne l'hydromorphie. Il s'accommode de sols peu fertiles, superficiels ou lourds (riches en argiles), mais recherche plutôt des textures sableuses, biens aérées et riches en matière organique, pas trop chargés en cailloux et à pH acide ou proche de la neutralité (Aime, 1976 ; Richard, 1987 ; Seigue, 1987 ; Gil et Varela, 2008). Il est éliminé des sols argileux hydromorphes où il est souvent remplacé par le lentisque et le myrte (Boudy, 1950).

Les granites, les gneiss, les micaschistes ou les grès à ciment siliceux et argileux constituent les roches favorables au chêne-liège, car elles présentent des caractéristiques sableuses (Sauvage, 1961). Les calcaires et les marnes l'excluent au profit d'autres espèces.

Par ailleurs, quelques intercalations argileuses ou même marneuses n'éliminent pas le chêne-liège quand il rencontre de bonnes conditions climatiques.

La lumière constitue un des facteurs physiques du milieu les plus influant sur la croissance et le développement des plantes. Le chêne-liège est une essence héliophile, exigeant une position assez claire, parce qu'à l'ombre de ses concurrents, elle végète et finit par disparaître.

Cholet (1997), confirme que la survie des semis et leur croissance augmentent sensiblement avec l'éclairement relatif. Aussi, d'après Zéraia (1981), la meilleure glandée se manifeste dans les expositions Sud et Ouest où la lumière et la température sont suffisantes. Néanmoins, Boudy (1950) a suggéré que, bien qu'essence de lumière, le chêne-liège ait besoin pendant ses premières années d'un couvert végétal léger, pouvant le protéger durant les trois à quatre mois d'été contre les fortes insulations.

Ayant besoin d'une exposition Nord, Nord-est, Nord-ouest (Anonyme, 1914a) ou d'une exposition Est (Richard, 1987), l'absence de cet écran protecteur est une des raisons rendant précaire sa régénération naturelle. Mais en altitude, il s'accommode plutôt des expositions chaudes au Sud (Frochot et Levy, 1986 ; Bouchafra et Fraval, 1991 ; Caritat et al., 1996).

Son comportement vis-à-vis des facteurs climatiques le place parmi les essences les plus plastiques, aussi bien du point de vue des températures que de la pluviométrie. Néanmoins il préfère **des températures** douces de l'ordre de 13 à 18°C en moyenne, il peut supporter des maxima de +40°C (Peyrimhoff, 1941 et Boudy, 1950) ; mais ne supporte pas les froids prolongés inférieurs à -6 ou -9°C si ceux-ci durent plus de trois jours (Achhal et al., 1980). Les valeurs fournies par Sauvage (1961) pour la subéraie marocaine et Saoudi (1983) pour la subéraie tunisienne se situent entre 0,5°C pour l'une et 10,3°C pour l'autre. En Algérie, Dans le secteur littoral de l'Ouest, soumis aux influences maritimes, les minima du mois le plus froid sont les plus élevés. Ils varient entre 4,5 à 8,2°C dans la forêt de M'Sila et dans l'Atlas Tellien (Bouhraoua, 2003 ; Dehane, 2006 ; 2012 ; Belhoucine, 2008). L'éloignement de la mer et l'altitude du relief entraînent souvent une diminution sensible de la température minimale, ainsi les valeurs extrêmes du mois le plus froid diminuent dans les forêts de montagne de 0,2 à 4,5°C (Bouhraoua, 2003 ; Dehane, 2006 ; 2012), ce qui est le cas des forêts objet de l'étude : Hafir et Zariéffet.

Le chêne-liège s'accommode **des précipitations** moyennes annuelles pouvant varier de 400 à 2000 mm. Les rares subéraies qui existent avec des précipitations plus faibles correspondent à des particularités stationnelles favorables (Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Vignes, 1990 ; Yessad, 2000). Ainsi, il ne supporte les longues périodes de sécheresse que grâce à ses adaptations morphologiques xérophytiques et à des facteurs compensateurs écologiques : humidité atmosphérique élevée, précipitations occultes, nappes phréatiques limitrophes, etc. Au Maghreb, les régions les plus arrosées sont localisées dans les chaînes montagneuses du Rif (Maroc), le Nord-est de l'Algérie et la Tunisie où les précipitations dépassent les 800 mm et peuvent atteindre 1200 mm (en Algérie), 1700 mm (en Tunisie) et 2000 mm (au Maroc). Les moins arrosées se trouvent par contre à l'ouest du Maroc, au centre et surtout à l'Ouest de l'Algérie (Battistini, 1938 ; Peyrimhoff, 1941 ; Seltzer, 1946 ; Boudy, 1952 ; Natividade, 1956 ; Valette 1992 ; Villemant, 1993 ; Hamrouni, 1994 ; Belabbes, 1996 ; El Tobi et al., 1998 ; Belghazi et al., 2001). Ces pluies sont réparties sur 50 à 150 jours (Bouhraoua, 2003). Ces zones à faibles précipitations sont caractérisées par une croissance ralentie des chênes-liège, une production moindre.

L'étude phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie présentée par Maire (1926), confirme que le *Quercetum suberis* est d'autant plus luxuriant que les précipitations sont plus fortes. Ce sont incontestablement là les spécificités climatiques de la Kabylie et de la région Est de l'Algérie en allant de Jijel (forêt de Guerrouche) à El Kala. Ces besoins varient néanmoins selon les particularités des stations qu'il colonise : exposition (Nord/Sud), topographie (sommet, fond de vallon), proximité de la mer, etc.

Suivant le régime des pluies qui caractérisent le climat méditerranéen, les exigences pluviométriques du chêne-liège varient beaucoup. Zéraïa (1981), estime que la fréquence des pluies pendant la période estivale constitue l'élément le plus important pour la régénération du chêne-liège. Aussi pour la majorité des régions considérées, le maximum du régime annuel des pluies coïncide en zone littorale avec les deux saisons : l'automne et l'hiver, alors qu'en zone montagneuse, ce qui est le cas des forêts Zariéffet et Hafir, ce maximum s'observe en hiver et au printemps.

Du point de vue **étage de végétation**, le chêne-liège apparaît au méso-méditerranéen et au thermo-méditerranéen, mais il peut aussi se développer au supra-méditerranéen et au méditerranéen supérieur sans qu'il soit l'essence principale de ces deux étages de végétation (Achhal et al., 1980 ; Barbéro et al., 1981).

2.6. Sylviculture et aménagement

En raison du tempérament relativement délicat du chêne-liège, les traitements qui se sont affirmés au cours des temps, se présentent sous deux aspects différents et presque indépendants l'un de l'autre : la sylviculture et la subériculture.

La sylviculture repose sur deux aspects : les opérations sylvicoles (différentes coupes à réaliser en faveur de la pérennité de la régénération) et l'aménagement qui dépend du régime du peuplement, sa structure, sa composition et son état. Ainsi, la sylviculture du chêne-liège s'intéresse non seulement à rendre plus stable la survivance de la forêt par des coupes de régénération, de normaliser son évolution et sa croissance en leur appliquant les opérations culturales nécessaires, mais aussi à apporter d'une manière permanente, l'organisation, facilité et régularité dans les rendements.

Il est communément admis que le recouvrement optimal de la strate arborée du peuplement forestier est de 60%. Si ce taux est supérieur, les arbres se concurrencent fortement pour la lumière et les ressources du sol. Cela peut limiter la production en liège de chaque arbre. Ainsi, il existe une relation entre le recouvrement, le nombre de tiges et le diamètre moyen, afin que pour chaque structure de subéraie, il est proposé une gestion sylvicole.

La subéraie régulière est définie par un aspect homogène de l'âge et des dimensions des arbres. Elle se conduit assez facilement. Les éclaircies ont pour objectif de diminuer la densité au profit des arbres les plus productifs, autour d'une à trois classes de diamètres, tout en conservant un couvert suffisant. Elles sont réalisées après chaque récolte. La densité finale préconisée est de 350 à 400 tiges par hectare. La futaie régulière de chêne-liège présente généralement un sous-bois plus propre. La régénération de ce type de peuplement est cependant plus compliquée. Les coupes d'ensemencement entraînent une explosion du maquis peu profitable aux semis. Cette régénération peut être assistée (débroussaillage de trouées, crochetage, etc.). Elle doit se faire par bouquet afin d'éviter les coupes rases trop importantes tout en tenant compte de la durée de survie des sujets. Ce type de gestion assure un revenu qui augmente en fonction de l'âge du peuplement (Veillon, 1998).

La subéraie irrégulière se caractérise par une hétérogénéité du peuplement de chêne-liège. Aucune classe de diamètre ne se démarque, et les jeunes arbres côtoient les plus gros. Elle demande une attention particulière. Son principe repose sur une régénération continue.

Les éclaircies se feront dans toutes les classes de diamètres afin de conserver un équilibre entre les jeunes sujets improductifs (diamètre < à 25 cm) et les arbres productifs. La régénération se fait dans les trouées laissées lors de l'élimination des arbres improductifs. Cette gestion assure un revenu régulier, sans trou de production, grâce à un renouvellement continu du peuplement. Elle nécessite cependant des interventions sylvicoles régulières pour maintenir l'équilibre (Veillon, 1998).

La subéraie forestière présente généralement un mélange d'essences en accompagnement du chêne-liège (chêne vert, chêne zeen, pin maritime, maquis, etc.). Selon l'âge des chênes liège, on travaillera pour favoriser leur croissance et pour leur apporter plus de lumière. Les essences en sous-bois sont traitées le plus souvent en taillis.

Le taillis à chêne-liège, est défini selon Messaoudene (2008), comme un régime forestier issu de la régénération par rejets de souche. De ce point de vue, le chêne-liège présente une excellente capacité à se régénérer par rejets. Toutefois, elle est très influencée par l'âge des arbres. Ce régime est assez fréquent dans les subéraies incendiées avec ou sans travaux d'assainissement. Le plus souvent, à l'âge de 22 à 40 ans (tout dépend de la fertilité des parcelles), suite à la sélection naturelle, les cépées se composent d'au moins quatre brins. La reconversion de ce taillis en futaie sur souche est possible si des opérations sylvicoles sont adoptées. Aussi, le forestier peut le faire évoluer vers la structure composée du taillis sous futaie. L'objectif, dans ce cas, est d'éduquer les brins d'élite du taillis en semenciers qui permettront d'assurer la régénération naturelle.

La subériculture quant à elle, est une arboriculture sommaire, très développée dans certaines régions comme la péninsule ibérique où le chêne-liège est presque traité en arbre fruitier, mais très simplifiée en Afrique du Nord où, en dehors de la période des récoltes, l'arbre est abandonné à lui-même (Boudy, 1952). Elle a pour objectif la mise en valeur et la récolte du liège en quantité et en qualité sans pour autant provoquer le déséquilibre sanitaire de l'arbre, c'est en d'autres termes « une exploitation industrielle ».

La subériculture en futaie régulière se caractérise donc par des périodes de production nulle et des périodes de très forte production. Alors qu'en futaie irrégulière, elle se caractérise par une production de liège régulière tout au long de la vie du peuplement, les jeunes arbres garantissent l'avenir du peuplement et donc de la production.

2.7. Peuplements de chêne-liège

En Algérie, le chêne-liège forme généralement, des peuplements purs ou en mélange avec d'autres essences suivant l'altitude, l'exposition, le climat et la nature du sol.

En altitude et sur les expositions fraîches des étages bioclimatiques humides et subhumides, on trouve le chêne zeen (*Quercus canariensis Willd.*), le chêne afares (*Quercus afares*) qui dominent. Sur les expositions chaudes de l'étage semi-aride comme sur les terrains secs à tendance calcaire, le chêne vert et le thuya prennent la place par interpénétration (Boudy, 1950 ; Quezel, 2000). D'autres essences peuvent se trouver en mélange avec le chêne-liège en proportions variables ; comme c'est le cas du pin maritime (sur le littoral et en basse montagne), du chêne tauzin, du pin d'Alep, des aulnes, du tamaris, du châtaignier et du caroubier (G.G.A., 1927 ; Boudy, 1950 ; 1951 ; Natividade, 1956 ; Zine, 1992 et Quézel, 2000). Ailleurs, au Maroc (Mamora), on trouve aussi, le frêne oxyphille, le micocoulier, le merisier ou le poirier (El Yousfi, 1991).

Par ailleurs, le sous-bois est riche et caractéristique. Il dépend de l'étage bioclimatique, de l'altitude, de la densité du peuplement et son stade de dégradation.

En étage humide, sur le littoral et en basse montagne des subéraies claires, se développe un sous-bois très dense parfois impénétrable à caractère hygrophile tels les Lianes (*Smilax aspersa*), le Lierre (*Hedera hélix*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) et le Laurier rose (*Nerium oleander*), mais aussi le Myrte (*Myrtus communis*), la Bruyère arborescente (*Erica arborea*), l'Arbousier (*Arbus unedo*), le Lentisque (*Pistacia lentiscus*) et la Phyllère (*Phillyrea angustifolia*).

En altitude, certains de ces végétaux disparaissent pour céder la place au Cytise à trois fleurs (*Cytisus triflorus*), au Calycotome épineux (*Calycotom spinosa*), à l'Aubépine (*Cratoegus monogyna*) et à divers Cistes. Par contre, dans les peuplements denses, ce sous-bois est moins développé (Boudy, 1950-1952 ; Natividade, 1956 ; Zeraia, 1986 ; Jacamon, 1987 ; El Yousfi, 1991 ; Leonardi et al., 1992).

En semi-aride, pousse un sous-bois à caractère xérophile composé essentiellement de Cistes (*Cistus salviiflorus*, *Cistus monspeliensis*, *Cistus ladaniferus*, etc.), de Lavandes (*Lavandula atlantica* et *Lavandula stoechas*), de Doum (*Chamaerops humilis*) et

Hélianthèmes (*Helianthemum halimifolium*) (Boudy, 1950 ; 1952 ; Natividade, 1956 ; El Yousfi, 1991 ; Quézel, 2000 ; Amandier, 2002).

2.8. Importance écologique

L'importance écologique du chêne-liège réside dans son rôle de conservation des sols et la lutte contre la désertification. C'est aussi un anti polluant de l'environnement par la séquestration du dioxyde de carbone et la lutte contre l'effet de serre atténuant ainsi les effets du changement climatique. En effet, le chêne-liège joue un rôle très important. Les forêts de chêne-liège sont d'excellents puits de carbone et leur exploitation, a un impact particulièrement positif au niveau de la fixation du carbone. L'Association Portugaise du Liège (A.P.C.O.R., 2009), annonce qu'environ 2,2 millions d'hectares de forêts de chêne-liège dans le monde absorbent approximativement 14 millions de tonnes de CO₂/an et un chêne-liège exploité absorbe 2,5 à 4 fois plus de CO₂ qu'un arbre non exploité.

D'autre part, la forêt de chêne-liège, abrite une biodiversité considérable animale et végétale, particulièrement, celle en voie de disparition, ce qui leur a valu d'être reconnu comme habitat d'intérêt prioritaire par l'Union européenne dans le cadre du réseau *Natura 2000*.

2.9. Importance socio-économique

Partout dans le monde, et depuis l'antiquité, les subéraies ont toujours occupé une intéressante place sur le plan socio-économique. Elles ont toujours été une source appréciable de revenus tant pour les forestiers que pour les riverains en offrant des services très divers, écologiques, sylvicoles, cynégétiques, apicoles, pastoraux et touristiques. Le liège, produit principal, profite en conséquence d'une importante place dans l'économie industrielle, les autres produits à moindre proportion sont utilisés très localement et / ou d'une manière épisodique (Bouchaour-Djabeur, 2001).

Depuis l'époque romaine, les subéraies algériennes tenaient déjà une place intéressante dans la vie de la population autochtone qui fuyait dans les montagnes pour se réfugier dans les forêts de chêne-liège très denses. En outre, grâce à son sous-bois riche et abondant, les riverains se servent inlassablement de terrains de parcours comme support et aliment pour un bétail varié et se procurent du bois pour les activités ménagères (préparation

des repas et chauffage en hivers). Natividade (1956), précisa que le bois de chauffage et charbon de bois sont la plus importante si non l'unique destination des branches et des rameaux du chêne-liège.

Le bois d'œuvre largement utilisé autrefois pour les constructions navales, a aujourd'hui des applications très restreintes et sans valeur (Natividade, 1956), parce, lourd et compact, ce bois est difficile à travailler et se fend en séchant (Boudy, 1950).

Feuilles et glands, bien qu'on ne puisse pas les considérer comme un revenu constant, ils forment un complément important pour l'alimentation des animaux.

La cellulose qui représente une ressource pour l'avenir n'a pas encore trouvé sa véritable valeur.

L'écorce du liège fournit à l'industrie un deuxième produit connu sous le nom de « **tanin** ». Le tannage des cuirs et des peaux a une origine très ancienne.

Le liège, matériau très recherché, se singularise par les caractéristiques suivantes :

- Légèreté
- Elasticité et compressibilité
- Isolation thermique
- Haute imperméabilité
- Pouvoir d'absorption
- Absence de toxicité
- Amortisseur d'impact
- Faible combustibilité

Malgré sa rareté, le liège est à l'origine d'une ancienne activité dans les forêts et l'industrie. Par ses propriétés physiques et mécaniques, son emploi s'est généralisé où il a trouvé de très nombreuses et toujours de nouvelles possibilités d'utilisation : la pêche et navigation, les ruches, la chaussure, l'habitat, le bouchage, fabrication du papier et laine de liège, etc.

La grande concentration de subérine dans le liège rend les cellules de ce tissu imperméable aux liquides et aux gaz. D'un point de vue thermique, acoustique et vibratoire, le liège est un très mauvais conducteur. Sa première utilisation en tant qu'isotherme remonte très

tôt dans l'Antiquité dans la fabrication de ruches. Grâce à ces trois propriétés, le liège devient le matériau idéal pour le bouchage des bouteilles.

Par ailleurs, la qualité du liège est très variable. En effet, les travaux de Messaoudène et Metna (2010), montrent que le facteur stationnel module beaucoup les caractères du liège d'où sa variabilité au sein des subéraies de la même région, et que l'apport de la sylviculture, améliore cette qualité.

En ce qui concerne sa place dans la construction, et surtout pour ses qualités d'imputrescibilité, on retrouve quelques traces des premiers emplois du liège comme isolant thermique parmi les anciennes populations d'Afrique du Nord qui l'utilisaient en plaques et mélangé avec de l'argile pour la construction des murs de leurs habitations.

Le liège a également un rôle majeur à jouer dans le secteur des économies d'énergies : il s'agit en effet d'un des matériaux d'isolation les plus efficaces pour le bâtiment, et probablement le plus écologique, car 100 % naturel (sans colle, les granulés de liège s'agglomèrent par chauffage grâce à leur propre résine, la subérine). Le liège fut d'ailleurs choisi par le Portugal comme revêtement extérieur de leur pavillon lors de l'exposition universelle de Shanghai (Pl. 2.5), ou comme revêtement de sol par l'architecte chargé de la réalisation de la *Sagrada família* à Barcelone. Cette filière est d'autant plus intéressante qu'elle permet de valoriser le liège mâle, inutilisable dans le secteur du bouchon, mais dont le prix d'achat est encore malheureusement inférieur à son coût d'exploitation (récoltes déficitaires) (Piazzetta, 2014).



Planche 2.5 : Pavillon du Portugal à l'exposition universelle de Shanghai, entièrement revêtu de liège (planeteliège.com in Piazzetta, 2014)

Il est aussi utilisé dans la fabrication de la chaussure orthopédique, comme joint dans l'industrie mécanique et des fluides et comme isolant anti vibratile lors de l'installation d'équipements. Le papier liège est utilisé pour l'impression, couverture de livres, la fabrication de vêtements, maroquinerie et autres produits. Le liège est également utilisé dans la fabrication des volants, poignées de cannes à pêche et des dispositifs spéciaux pour l'industrie spatiale.

Après la transformation industrielle du liège, il en résulte des déchets importants en fin de processus qui trouveront leurs utilisations à des fins diverses : En agriculture, la poudre de liège joue le rôle d'amendement. Les granulés de liège de différentes dimensions sont aussi recommandés comme aérateur au niveau des pépinières forestières et ont donné de bons résultats pour la croissance des semis (Bouchaour-Djabeur et Merabet, 2015). Aussi, les rebuts peuvent être utilisés pour fabriquer une large gamme de produits, y compris les panneaux d'isolation, carrelage et l'insonorisation dans l'industrie automobile, ainsi que pour l'artisanat et des usages artistiques (Gil et Varela, 2008).

L'apiculture est une activité, qui selon Beltran (2002), ne porte aucun préjudice à la subéraie, et qui est au contraire bénéfique, car elle facilite la pollinisation de nombreuses espèces de son cortège floristique.

A la différence du bois, pour lequel existent précédemment des tarifs et des tables de cubage, la production du liège sur arbre diffère d'une région à une autre. Elle varie plus ou moins selon la sylviculture appliquée, la densité du peuplement, les conditions stationnelles et les rotations de levée du liège (Remata Gete, 2008).

La filière liège est dominée respectivement par le Portugal et l'Espagne, qui représentent à eux deux, plus de 60 % des superficies de subéraies et plus de 80 % de la production mondiale de liège ((Pereira, 2008 ; A.P.C.O.R., 2009. Tandis que l'Algérie ne participe qu'avec 10 % (D.G.D., 2008) de ce secteur très prometteur.

Le Portugal est le seul pays qui produit plus de liège à l'hectare (250 kg/ ha /an). Le reste des pays du sud d'Europe (Espagne, France, Italie) détiennent une production de liège équilibré en relation avec la superficie de leurs subéraies (220-225 kg / ha/an) ; les subéraies du Maghreb par contre, produisent moins de liège par hectare (50-100kg / ha/ an) (Montero et al., 1994 ; Avila et Bernal ,1998).

2.10. Facteurs de dégradation des subéraies

Si les introgressions chêne vert-chêne-liège ont joué un rôle sérieux dans la dynamique globale et la colonisation du chêne-liège au Maroc comme le souligne Belahbib et al., (2005), les nombreuses menaces ont, par contre, concouru à la dégradation de la grande part des subéraies mondiales, à leur destruction et la réduction fatale de sa production (Tab. 2.2).

Tableau 2.2 : Production mondiale de liège (I.P.R.O.C.O.R., 2000)

Pays	Production – t (en 1880-1900)	Production – t (en 1999)	% de la production totale (1999)
Portugal	40 000	136 000	50,4
Espagne	60 000	78 000	28,9
Algérie	30 000	10 000	3,7
Maroc	10 000	18 000	6,7
Italie	15 000	11 000	4,1
Tunisie	?	10 000	3,7
France	20 000	7 000	2,6
TOTAL	175 000	270 000	100

2.10.1. Causes et mécanismes du dépérissement

Les complications sanitaires des peuplements forestiers sont très anciennes et remontent à la fin du 19ème siècle. Au début du siècle dernier, de nombreux pays d'Europe et d'Amérique du Nord souffraient déjà de ces problèmes. L'apparition des phénomènes de déclin plus spectaculaires n'a pris un caractère vraiment inquiétant dans ces forêts qu'au début des années 1980 (Delatour, 1983 ; Bonneau et Landmann, 1988). Ces phénomènes n'ont pas toujours eu la même expression, certains s'expriment d'une manière beaucoup plus intense que d'autres.

Les symptômes de ce dépérissement sont en général un déficit foliaire progressif, la mortalité anormale des feuilles (décoloration anormale), bourgeons, brindilles et branches associé à une régression de l'état sanitaire de l'arbre pouvant aller jusqu'à sa mort.

Évidemment, l'écosystème méditerranéen ne sort pas de l'ordinaire et les peuplements de chêne-liège se trouvent affectés par ce phénomène avec une intensité variable d'un pays à l'autre. En Algérie, Messaoudene (2000), écrit que la majorité des subéraies se trouve dans un état déplorable et une grande partie est vouée encore à disparaître suite aux incendies récurrents et la dégradation du milieu.

Les nombreux travaux de recherches sur la situation sanitaire actuelle du chêne-liège, découvre que la quasi-totalité des pays présente une dégradation incessante de la subéraie provoquée par une multitude de facteurs qui sont en général communs à la plupart de ces pays (Garolera, 1988 ; Nageleisen et Hett, 1989 ; Sousa et al., 1995 ; Marras et al., 1995 ; Bakry et Abourouh, 1996 ; Bouchaour-Djabeur, 2001 ; Bouhraoua et al., 2002 ; Bouhraoua, 2003 ; N'sibi, 2005 ; Dehane, 2006).

Il est difficile d'expliquer de manière approuvable l'origine exacte de ce dépérissement. Les évaluations partielles qui prennent en considération un seul facteur associé à la perte de vigueur sont variables d'une région à une autre et ne sont plus d'actualité.

Après des décennies de constatations, plusieurs auteurs se rejoignent aujourd'hui sur un seul concept pour expliquer la complexité du phénomène de dépérissement. Les dépérissements sont définis comme des phénomènes causés par l'interaction de plusieurs facteurs de stress de nature biotique et abiotique agissant de façon indépendante, additive, synergique ou antagoniste.

Parmi les **facteurs abiotiques**, il se dégage le stress climatique, facteur écologique le plus souvent impliqué à travers le monde dans la déstabilisation des écosystèmes forestiers et le déclenchement des phénomènes de dégradation de leur état sanitaire. Il intervient par la sécheresse qui peut sévir longtemps (Garrec et al., 1989 ; Becer et Bert, 1995 in Thomas et al., 2002 ; Varela, 2008 ; Garrigue et al., 2008).

Le stress chimique traduit par l'acidification des sols (Caspary, 1991), le dépôt acide sec et humide, l'ozone et les micropolluants organiques (Rice et Lewis, 1988 ; Garrec et al., 1989 ; Walters et Mc Carthy, 1997 ; Dupouey et al., 1998 in Thomas et al., 2002), est d'autant un facteur contribuant à l'affaiblissement des arbres. À ces facteurs s'ajoute, mais rarement, le facteur « altitude » qui semble affecter parfois indirectement le fonctionnement physiologique de l'arbre (Thomas et al., 2002). D'après Schütt et Cowling (1985 in Rice et Lewis, 1988), les arbres des hautes altitudes (> 550 m) sont plus exposés au dépérissement que ceux de basses

altitudes (< 500 m). Généralement en altitude, les sols sont superficiels et bénéficient de quantités d'eau moins importantes, alors que ceux situés en basses altitudes profitent d'une réserve hydrique très importante (Bruckert, 1993 in Thomas et al., 2002).

Les facteurs biotiques représentés par les ravageurs aux régimes alimentaires variés (défoliateurs, xylophages, etc.) et les maladies cryptogamiques (fongiques, bactériennes ou virales) sont parmi les agents qui interviennent dans l'altération physiologique des arbres forestiers (Hanson et al., 1976 in Walters et Mc Carthy, 1997).

L'interaction entre les différents facteurs biotiques et abiotiques, entraîne une diminution progressive de « la vitalité et de la vigueur des arbres » (Delatour, 1983). Cette baisse de vitalité conduit à une réduction de leur capacité à se défendre, créant ainsi des conditions favorables à l'installation des agents pathogènes. Une fois persistant, il induit la mort « isolée » des arbres puis prend de l'ampleur par « tâches » et enfin « massive ou généralisée » des peuplements. Il en résulte une réduction progressive de la productivité ligneuse des forêts et de leur santé (Auclair et al., 1992). La figure 2.3, montre l'évolution régressive de la santé des arbres forestiers sujets à des stress biotiques et abiotiques dans le temps.

Selon l'ordre chronologique, tous ces facteurs interagissent et se succèdent de façon particulière, ils entraînent une détérioration générale (portant notamment sur l'aspect et la croissance) et graduelle, se terminant par la mort de l'arbre selon trois échelons successifs, les facteurs prédisposant, les facteurs déclenchant et les facteurs aggravants (Sinclair, 1964 ; Houston, 1992 ; Auclair et al., 1992).

Les facteurs de prédisposition : ce sont des facteurs qui exercent leur action de façon permanente durant une bonne partie de la vie de l'arbre provoquant généralement des stress de faible intensité. Durant cette période, la sensibilité de l'arbre envers l'action d'autres facteurs s'accroît (Maugard, 1992). Parmi les principaux facteurs qui prédisposent les arbres au processus d'altération sanitaire, nous citons les facteurs édaphiques, climatiques et sylvicoles (mauvais aménagements, etc.).

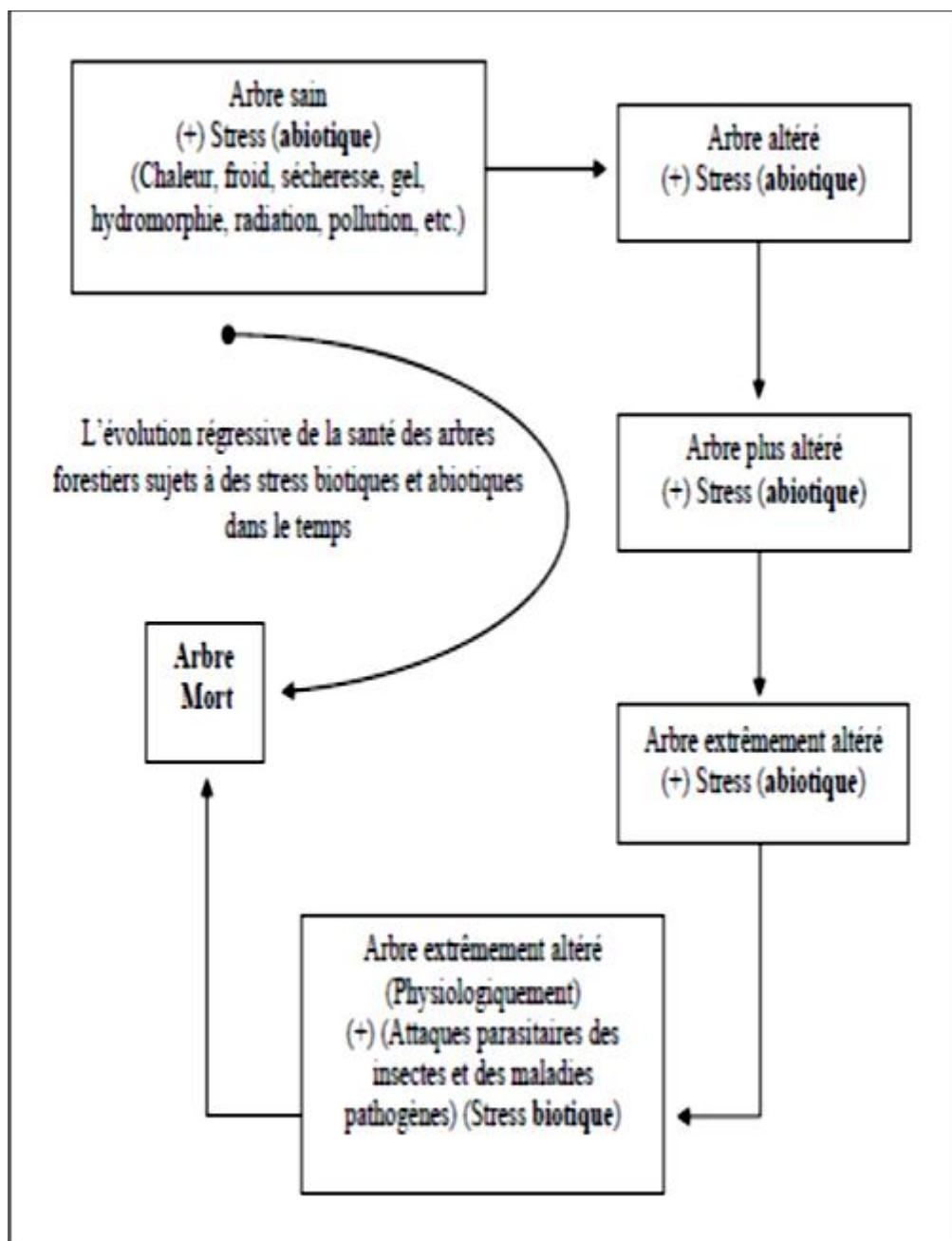


Figure 2.3. Le modèle de dépérissement des arbres forestiers
(Abdenbi, 2003)

Les facteurs de déclenchement (ou incitants) : ce sont des facteurs défavorables qui agissent en peu de temps sur la physiologie des arbres. Ils représentent donc pour l'arbre un stress de forte intensité mais de courte durée, ce qui déclenche en général le dépérissement de l'arbre. Ils sont essentiellement de nature abiotique comme la sécheresse et biotique comme les attaques d'insectes défoliateurs en particulier (Auclair et al., 1992).

Il convient de signaler ici que les défoliateurs forestiers sont beaucoup moins dangereux sur les essences feuillues que sur les conifères (Bovey et al., 1975). D'après cet auteur, il est rare qu'une défoliation consécutive ait une conséquence néfaste sur la vitalité des arbres. Au contraire, chez les résineux, la destruction des aiguilles perturbent la physiologie des arbres et les exposent à un affaiblissement plus avancé.

Les facteurs d'accélération (aggravants) sont des facteurs qui interviennent en phase terminale du déclin. C'est-à-dire, que sur les arbres profondément stressés, ils accélèrent leur dépérissement en entraînant le plus souvent leur mort. Ils sont essentiellement d'origine biotique, ou sont rarement représentés par les xylophages secondaires et les champignons de faiblesses.

Amandier (2006), résume la conjonction de ces trois types de facteurs dans la figure 2.4.

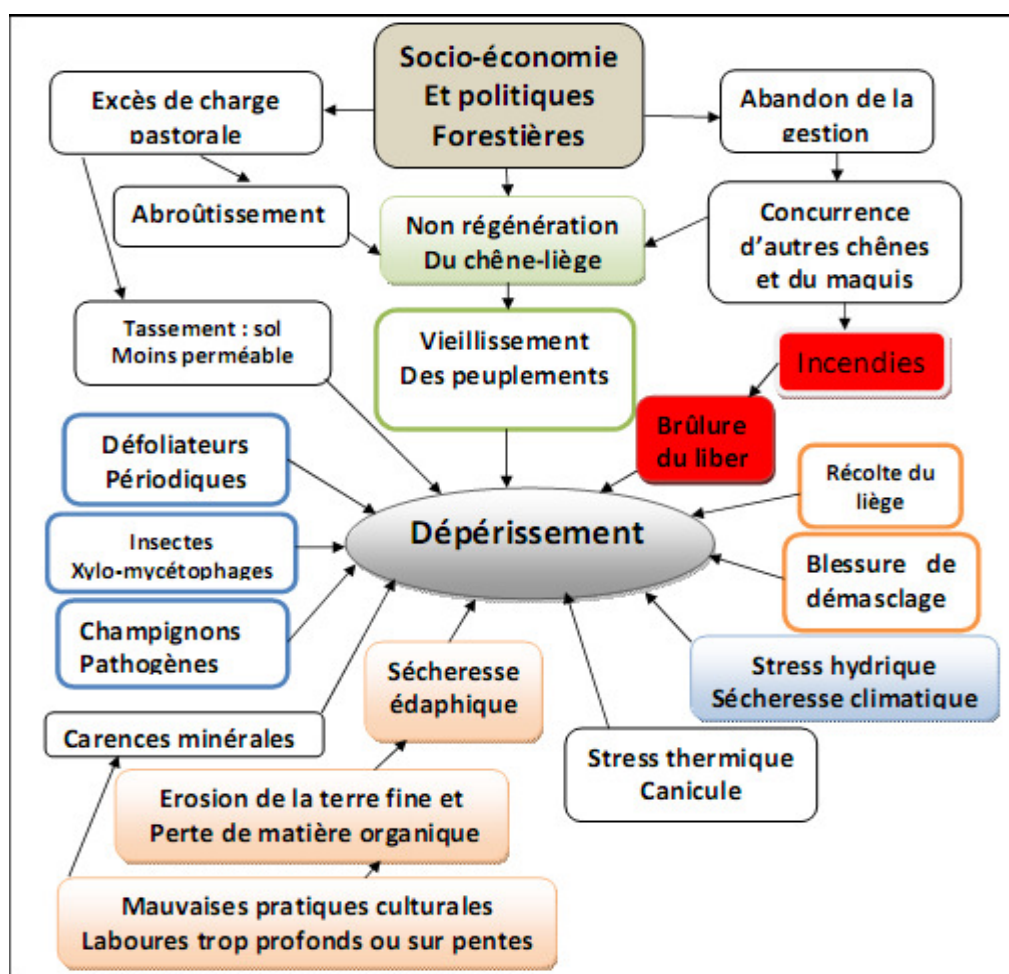


Figure 2.4 : Dépérissement du chêne-liège résulte de multiples interactions (Amandier, 2006)

2.10.1.1. Actions anthropiques

Toutes les subéraies traduisent, dans leur répartition actuelle comme dans l'allure des arbres qui les composent, l'intensité des actions directes et indirectes de l'homme (Villemant et Fraval, 1991), parmi lesquelles nous citons les plus dommageables qui ne connaissent aucun répit, et leur impact augmente d'année en année.

2.10.1.1.1. Coupes, récolte de bois et de glands, défrichements

Les rares **coupes** à blanc étoc ou celles de fortes éclaircies, entreprises légalement par les gestionnaires, perturbent profondément les conditions écologiques des subéraies. Cette pratique s'est avérée très nocive pour les subéraies de montagne (Seigue, 1985 ; Benabid, 2000).

En plus de la **récolte du bois sec**, de la cueillette des différentes plantes utiles accompagnatrices du chêne-liège et la **récolte des glands** dans le cadre usager de la forêt, les écosystèmes à chêne-liège subissent beaucoup de coupes délictueuses et des défrichements. Tous les actes illicites accomplis pour satisfaire des besoins de subsistance ou à des fins commerciales, prennent de l'ampleur surtout dans les régions à forte population riveraine. la vigilance des gestionnaires n'est pas suffisante et/ou défaillante.

En effet, la récolte abusée des glands constitue, dans certaines régions, une pratique très dégradante pour les écosystèmes à chênes. Le chêne vert en est également victime de ce délit vu ses glands doux et comestibles. En forêts domaniales de Hafir et Zariéffet (objet de notre étude), nous avons exceptionnellement rencontré des glands doux, quoique leur gaulage d'une manière abusive ait une autre destination que la consommation humaine, ils sont utilisés comme support d'alimentation pour les animaux domestiques en période difficiles ou plus récemment à des fins commerciales pour les pépiniéristes. En 2010, on a vendu les glands de chêne-liège à 600 dinars algérien le kilogramme. Les conséquences de cette action qui se fait la plupart des cas par gaulage, sans pour autant oublier l'émondage et l'écimage, entrave toute éventualité de régénération et provoque des blessures graves aux arbres qui entrent en état de stress.

La baisse des surfaces occupées par le chêne-liège entraîne celle des aires de pâturage et donc celle de la principale ressource des riverains, alors que la population augmente de jour en jour. Benabid (2000), considère que le facteur de destruction le plus dangereux et le

plus brutal, est incontestablement **les défrichements de la subéraie**. Certains sont prévus par les programmes des aménagements forestiers, d'autres sont illégalement pratiqués par les populations riveraines.

Durant les dernières années, on a remarqué une augmentation énergique des défrichements illégaux opérés pour de la céréaliculture et de l'arboriculture. Particulièrement en Mamora (Maroc), c'est la canabiculture ou culture du chanvre indien (*Cannabis indica* var. *kif*) qui s'est étendue sur presque tous les versants qui étaient occupés par les écosystèmes à chêne-liège (Aafi, 2006). Cet acte de déforestation détruit les sols sous l'effet de l'érosion. L'extension anarchique de l'habitat représentée par des constructions en dur ou bidonvilles rétrécit également les subéraie.

Autour des villes où l'accroissement démographique est énorme, les aménagements urbanistiques et récréatifs, éliminent eux aussi de grandes surfaces de subéraies et aggravent leur dépérissement soit par action directe ou indirecte (dépôts d'ordures, vandalisme de l'homme qu'il soit riverain ou citadin).

2.10.1.1.2. Surpâturage

La subéraie algérienne constitue un bon terrain de parcours, mais une charge pastorale exagérée et incontrôlée composée le plus souvent de bovins, ovins et caprins, lui est préjudiciable. Elle entraîne la dégradation du sous-bois qui se traduit par la disparition des plantes apétantes au profit de celles inapétantes, le broutage des glands et des jeunes pousses (non-respect de la mise en défens) et le tassement du sol qui ne permet pas la manifestation d'éventuelle germination des glands rescapés.

2.10.1.1.3. Aménagement et traitements sylvicoles non adaptés

La plupart des programmes d'aménagement et des traitements sylvicoles appliqués aux subéraies de l'Afrique du nord, ne leurs sont pas adaptés, en raison du fait que les recherches relatives à la structure et à la productivité de ces peuplements ne sont pas développées et par conséquent leur application constitue un phénomène de dégradation et de destruction des subéraies (Benabid, 2000). Les démasclages effectués dans de mauvaises conditions, exceptionnellement lors des vents chauds (sirocco), aggravés par les usages et pratiques délictueuses, place les arbres dans des situations très difficiles. Certains repeuplements des aires naturelles de chêne-liège, même si elles sont marginales, sans

aucune étude préalable par des espèces réputées rentables à court terme, pèsent aussi sur les chênes-liège connus par leur tempérament délicat.

2.10.1.2. Maladies physiologiques

Les maladies d'origine physiologique sont liées à des perturbations de la croissance ou du métabolisme qui ne font pas intervenir d'organismes (Lanier et al., 1976). Les mieux connues sont des maladies de carence qui provoquent surtout des symptômes foliaires (chlorose, nécrose).

D'autres affections liées au sol (déficience ou excès d'eau, sol squelettique), ou au climat (sécheresse, froid) favorisent souvent le développement d'action parasitaire. Un autre cas d'incident physiologique est causé par la neige, la foudre, la grêle et surtout les fortes et longues gelées hivernales qui provoquent des crevasses plus ou moins profondes sur le tronc et les grosses branches, occasionnant ainsi des déformations bien visibles du bois. Le vent entraîne souvent des dépérissements et favorise l'installation des lignivores à la faveur des blessures. Par ailleurs, la chaleur par insolation provoque le dessèchement des parties du tronc exposées au sud (Lanier et al., 1976).

D'autres facteurs physiologiques (carences), entraînent des troubles métaboliques conduisant à des altérations du développement. Landmann (1996), signale que les répercussions d'une élévation de la température sur la dynamique des insectes ravageurs et des champignons pathogènes sont l'un des mécanismes par lesquels les changements climatiques pourraient perturber la forêt. Le climat chaud des dernières années apparaît également comme une des causes les plus plausibles de ces évolutions.

La pollution de l'air cause selon Bary-Lenger et al. (1979), des dommages aigus (une brusque dessiccation des feuilles d'un arbre ou un flétrissement total des jeunes plants) et chroniques et moins spectaculaires (les faibles doses des gaz ou des concentrations réduites de poussières freinant les processus physiologiques de croissance des arbres, et à la longue, les plus affaiblis meurent).

L'affaiblissement des chênes-liège, favorisent le développement de certaines calamités et maladies qui, habituellement ne causent pas de dégâts chez les arbres vigoureux. Les arbres impuissants, deviennent la proie facile des insectes xylophages, phyllophages et champignons (Boudy, 1952).

2.10.1.3. Champignons

Les chênes subissent des attaques à tous les stades de leur développement. Seules les plus dangereuses et les plus connues sont présentées ici.

2.10.1.3.1. Champignons de dépérissement

Les champignons sont très répandus dans le milieu terrestre, Ils peuvent attaquer tous les organes des arbres sur lesquels ils provoquent de nombreux symptômes (Becker et Lévy, 1983). En causant des chancres et des pustules jaunes, ils interviennent dans le dépérissement généralement prématuré des arbres. Parmi les plus fréquents, on peut citer :

- *Les Polypores*, n'attaquent généralement que les arbres dépérissants et profitent de nombreux troubles qui frappent le chêne-liège. Ils peuvent également s'introduire dans des sujets sains. L'arbre de tout âge meurt affaibli par des blessures ou une mauvaise croissance (Boudy, 1950).
- *Hypoxylum mediterraneum Ces.* ou charbon de la mère, est un parasite secondaire qui fait des ravages considérables dans les peuplements de chêne-liège même jeunes. Son attaque provoque d'abord la désorganisation du liber de l'arbre atteint avec émission de suintements noirâtres, ensuite son remplacement par un stroma de couleur noire qui se développe jusqu'aux plus fines ramifications, et oblige le liège à se fendre en se détachant du tronc (Malencon, 1937 ; Richard, 1987). La lutte ne peut être que préventive et réside dans le maintien du meilleur état sanitaire possible du peuplement par éradication des sujets dépérissants, vieux ou malades.
- *Microsphaera quercina* ou oïdium des chênes, attaque les feuilles et n'est dangereux que par les feuilles et les rejets.
- *Phytophthora cinnamomi* est un champignon racinaire responsable de la maladie de l'Encre, provoquant une pourriture rouge. Depuis les années 80, des dépérissements de chênes-liège due à ce pathogène sont observés dans plusieurs pays méditerranéens (Braisier et al., 1992).

De nombreux autres champignons sont susceptibles d'altérer le bois à la faveur de plaies occasionnées par le déliégeage ou l'élagage, ou bien ne sont que de simples saprophytes (Richard, 1987).

2.10.1.3.2. Champignons des glands

Le gland peut être colonisé par un ensemble de champignons pathogènes spécifiques. Parmi eux, *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald (1947), s'avère le parasite le plus dommageable des stocks des glands de chênes, en effet, dans des conditions favorables le champignon peut détruire un pourcentage élevé des glands stockés (Delatour, 1983) et ses problèmes sont devenus plus fréquents ces dernières années ; il peut détériorer d'une manière irrévocable la viabilité des graines (Suszka et al., 1994 ; Schröder, 1999 ; Schröder et al., 2001).

Il provoque l'apparition d'une pourriture noire caractéristique (Morelet, 1974 in Preney et al., 1997). Ce champignon persiste plusieurs années (près de 10 ans) dans les glands attaqués au sol, sur lesquels il peut fructifier chaque automne ; de couleur brune, la fructification se présente sous la forme d'un disque concave de 1 à 2 cm de diamètre, porté par un pédoncule pouvant atteindre 3 à 4 cm (Delatour et Morelet, 1979 ; Preney et al. 1997 ; Stiti, 1999).

Actuellement, le traitement « thermothérapie » des glands, par lequel les glands sont submergés dans l'eau à 41°C pour 2 heures suivis du séchage superficiel rapide, est la seule méthode faisable pour atténuer l'action de *Ciboria batschiana* (Delatour et Morelet, 1979).

Puisque la thermothérapie est longue et relativement chère, elle devrait seulement être employée sur des lots de grande infection. Sans compter ces considérations économiques, l'utilisation courante de la thermothérapie n'est pas souhaitable car le traitement peut induire la prolifération des espèces de *penicillium* et que ces glands sont susceptibles aux basses températures (8°C) à long terme (Schröder, 1999).

Pareillement, la thermothérapie n'est pas également justifié dans le cas où les glands subissent des températures trop élevées, parce que de grandes parties des cotylédons sont endommagées (reconnaissable par décoloration foncée caractéristique de tissu) et détériore aussi irréversiblement la vitalité de la graine ; par conséquent, on exige un essai qui permet l'évaluation du taux d'infection des glands fraîchement récoltés pour décider sur la nécessité de la thermothérapie et les chances pour l'entreposage à long terme réussi (Schröder et al., 2001).

2.10.1.4. Insectes

Par l'aptitude de produire une nouvelle couche de liège lorsque l'ancienne est enlevée, le chêne-liège favorise l'installation de toute une panoplie d'insectes cherchant nourriture ou refuge. Néanmoins, les ravageurs susceptibles de réduire la qualité et la quantité du liège produit sont nombreux et dangereux (Bouchaour-Djabeur, 2013). Ils s'attaquent aussi bien aux feuilles, rameaux et bois, qu'à l'écorce, racines et glands. Parmi les plus répandus et les plus effroyables, on peut rencontrer :

2.10.1.4.1. Insectes défoliateurs

➤ *Lymantria Dispar L.* ou bombyx disparate, le phyllophage le plus terrible des ennemis du chêne-liège. Avec ses invasions brutales, il provoque des ravages spectaculaires et périodiques. Si les invasions se limitent à une année, les conséquences sur l'arbre sont sans importance, tandis que si elles se répètent durant plusieurs années de suite et sur le même point, les défoliations alarmantes, peuvent compromettre gravement la production de liège et la glandée si difficile à se concrétiser dans des conditions normales. Le déséquilibre physiologique qui en résulte trouble la circulation de la sève qui contrarie par conséquent le démasclage prévu à cette époque. C'est un épuisement physiologique graduel des arbres pouvant s'infecter facilement par la moindre action ou agression d'autres parasites.

➤ *Tortrix Viridana L.* ou tordeuse verte, s'attaque aux bourgeons et aux feuilles, tout en causant moins de dégâts que le précédent. La lutte contre ces deux phytophages peut être chimique ou biologique (Fraval et Villemant, 1997).

2.10.1.4.2. Insectes xylophages

➤ *Cerambyx Cerdo L.* (le grand capricorne du chêne), est un xylophage qui s'attaque notamment aux vieux arbres. Il est remarquable par sa taille, 30 à 55 mm de long, il est de couleur marron uniforme, avec les élytres finement rugueux. La larve, apode, de couleur ivoire, mesure jusqu'à 70 mm de long. Les œufs, de même couleur, sont à peu près sphériques. Les imagos, qui apparaissent au début de l'été, passent la journée, immobiles dans leur galerie et entrent en activité dès le coucher du soleil. Ils circulent toute la nuit sur le liège où ils sucent les minuscules écoulements de sève éparés sur les troncs. Les mâles se livrent entre eux à de violents combats, qui pourraient servir à établir une sorte de territoire. La femelle fécondée, grimpe souvent en haut de l'arbre, puis elle dépose ses œufs isolément dans

les petites fissures du liège. La jeune larve vit dans l'écorce ; elle creuse ensuite dans le liber puis dans le bois de cœur, une galerie (de section ovale) qui peut atteindre en fin de développement, plusieurs centimètres de large. Le développement larvaire est très long : il dure de 2 à 3 ans. La loge nymphale, ovoïde, recouverte intérieurement d'une substance crayeuse, est caractéristique (Vilement et Fraval, 1993).

➤ *Platypus Cylindrus F.*, est un petit coléoptère brun et de forme allongée, de 7 à 8 mm de long qui s'attaque en général d'après Yessad (2000), aux arbres affaiblis (xylophage secondaire). Le platype peut être parfois primaire et fait périr un arbre sain en une année. La plupart des cas, la mortalité des individus attaqués intervient après une succession de stress (blessures, sécheresse...), sur les arbres de diamètre important (vieux). Les sujets plus jeunes semblent réagir plus vigoureusement contre les attaques. Le *Cerambyx Cerdo L.* et *Platypus Cylindrus F.*, ont été signalés par Bouchaour-Djabeur (2001) ; Bouhraoua et al., 2002 et Bouhraoua (2003), en forêt domaniale de M'sila (Oran, Nord-ouest algérien).

➤ *Cossus Cossus L.*, de 6 à 8 cm d'envergure, apparaît en juin. Les chenilles grégaires, peuvent dans certains cas tuer un chêne grand et vigoureux en quelques mois (Chadigan et al., 1991). Les chenilles se nourrissent dans les faisceaux libéro-ligneux et même dans les écorces (Feron et al., 1966). La chenille est presque aussi grande que celle du *Cerambyx cerdo*, elle utilise fréquemment la galerie créée par ce dernier. Le développement larvaire est aussi lent. La femelle toujours plus grosse que le mâle, est pourvue d'une tarière à l'aide de laquelle, elle insère ses œufs dans les fentes de l'écorce.

2.10.1.4.3. Insectes sous-corticaux

➤ *Crematogaster scutellaris Ol.*, ou fourmi du liège, d'assez petite taille (4 à 5 cm) creuse avec plaisir sa galerie dans le liège (mâle ou de reproduction) des sujets parfaitement en bonne santé. Il en résulte, un liège troué, perdant toute valeur marchande, en plus la levée est entravée par les piqûres de cet insecte. Les fourmis du liège vivent en colonies très populeuses qui comportent souvent plus de 5000 individus (Casevitz-Weulersse, 1981).

2.10.1.4.4. Insectes racinaires

➤ *Les vers blancs*, sont généralement des larves qui vivent dans le sol. Elle peuvent appartenir à des familles très différentes (hanneton, charançon, etc.). Elles creusent des galeries et s'alimentent des racines (I.P.R.O.C.O.R., 2000).

2.10.1.4.5. Insectes ravageurs de glands

Les glands des chênes constituent une nourriture très appréciée pour de nombreux animaux (insectes, rongeurs, sangliers...) qui détruisent souvent plus que la moitié de la glandée. Le niveau de dégâts causés varie selon les années et les lieux (El Hassani et al., 1994). Parmi les insectes les plus dangereux, Villemant et Fraval (1991) citent :

- *Cydia fagiglandama* (Zeller), *Lepidoptera Tortricidae* ou Carpocapse des glands,
- *Cydia splendana* (Hübner), *Lepidoptera Tortricidae* ou Carpocapse des châtaignes,
- *Curculio glandium* (Marsham), *Coleoptera Curculionidae* ou Balanin des glands,
- *Curculio elephas* (Marsham), *Coléoptera Curculionidae* ou Balanin des châtaignes,
- *Neuroterus glandiformis* (Giraud), *Hymenoptera Cynipidae* ou Cynips des glands.

2.10.1.5. Autres ravageurs

Les sangliers en bouleversant les lignes des semis, les rats et les petits rongeurs, en mangeant les glands, commettent des dégâts dans les peuplements naturels et artificiels (Boudy, 1952). Le même auteur voit que le rôle des oiseaux est au contraire très variable, certains, entre autres les pigeons enlèvent parfois un grand nombre de glands qu'ils absorbent, quitte à les dégorger ensuite. En réalité, un grand nombre de semis accidentels sont ainsi le fait des oiseaux particulièrement aux grands vols de palombes.

2.10.1.6. Incendies

Le feu est certainement l'un des facteurs déterminants de l'histoire forestière de la planète et le plus redoutable. Sous les dynamiques actuelles d'occupation du sol et les changements climatiques qui bouleversent déjà les précipitations, l'évolution prévisible du risque d'incendie à moyen terme n'est guère favorable. Ces bouleversements seront accompagnés d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes, surtout sécheresse et vagues de chaleurs prolongées.

De nombreuses espèces ont développé des stratégies pour survivre aux incendies périodiques (Pausas et al., 2004 ; Pausas et Verdú, 2005). En effet, la plupart des espèces de chêne ont la capacité de produire des rejets après des perturbations graves, y compris après le feu (Pausas, 1997). De ce fait, le chêne-liège est considéré par beaucoup comme l'arbre miracle : s'il n'est pas exploité, l'isolante couche de liège protège les tissus du tronc et des rameaux, et permet aux bourgeons de produire rapidement des rejets et des drageons, ce qui va permettre à l'arbre de reverdir un à deux mois après le passage du feu. Toutefois, cette

conception est dangereuse parce qu'elle endort la capacité à réagir des scientifiques et hommes de liège.

Les dommages résultant de l'incendie varient en fonction de la fréquence du feu, de la densité du sous-bois, de la nature et l'état du peuplement, de la période où il intervient, sans pour autant oublier l'épaisseur du liège et l'âge (ou la taille) des chênes-liège. Boudy (1950), estime que si un incendie survenait durant les trois premières années qui suivent l'écorçage, la plus grande partie des sujets écorcés peut être considérée comme perdue, la mortalité s'établit comme suite selon l'âge du liège :

1 an → 100 %	2 ans → 90 %	3 ans → 70 %	4 ans → 50 %
6 ans → 35 %	9 ans → 10 %	12 ans → 2 %	

Par conséquent, peu après l'incendie, la plupart des chênes-liège survivront. Mais, quelques fois, bien que le fût conserve encore son ancien aspect, et sous l'écorce le bois demeure intact, les tissus corticaux moribonds présentent de graves lésions et s'ensuit la mort des sujets gravement atteints. Ce sont certains jeunes arbres qui supportent mal ce phénomène, parce qu'ils ne sont pas bien protégés. Il en est de même pour les vieux sujets qui échouent à reproduire des rejets, eux, au contraire, parce qu'ils ont une écorce souvent trop épaisse. Moreira et al. (2007), ajoutent que lorsque l'arbre n'a jamais été déliégé, la capacité à se régénérer tend à être plus élevée.

Parfois la mort n'est pas brutale, à chaque passage de feu, le chêne-liège souffre et perd un peu de sa vitalité, il devient de plus en plus sensible aux agressions extérieures (climat, attaques des ravageurs) et la broussaille concurrente l'étouffe de plus en plus. L'élimination de cette dernière lui permet sans doute de mieux se développer et de moins souffrir de la concurrence en eau cruellement déficiente en saison sèche.

En Algérie, le bilan des surfaces boisées parcourues par les incendies se fait chaque année plus lourd et la subéraie présente l'indice de risque « incendie » le plus élevé. Par exemple, la D.G.F. (2013), signale en :

- **2011: 4 187 ha**, soit **46 %** du total enregistré en forêts;
- **2012: 17 512 ha**, soit **18 %** du total enregistré en forêts.

La figure 2.5, révèle la fréquence des incendies favorisés par un sous-bois abondant, desséché et très inflammable, il est totalement ravagé par les feux. Néanmoins, les Cistacées

et les Ericacées réagissent vigoureusement en développant un matorral très dense parfois impénétrable. Il en résulte un déséquilibre dans les écosystèmes à chêne-liège, qui entrave toute régénération de cette essence (Benabid, 2000).

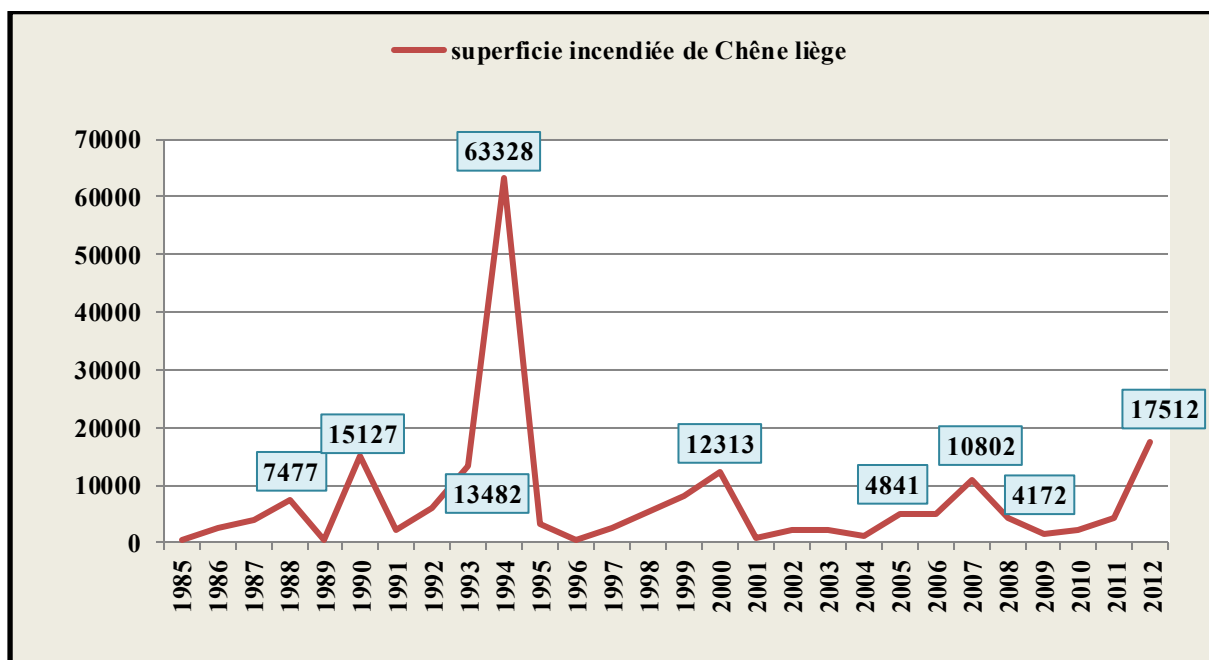


Figure 2.5 : Superficies incendiées de chêne-liège en Algérie (1985 – 2012) (D.G.F., 2013)

Le manque d'intervention sylvicole en vue d'un rajeunissement des subéraies et l'absence d'un aménagement propre à ces dernières, en plus des incendies justifient la régression de la production nationale. Pourtant, Zeraïa (1982), écrit que plus de 90% des subéraies appartiennent au domaine public de l'état, ce qui aurait pu permettre une gestion plus aisée, uniforme et rentable du système, étant donné que le pouvoir décisionnel est centralisé.

Chapitre 3 : Régénération du chêne-liège et croissance

Table des matières

3.1. Introduction	78
3.2. La régénération : une phase-clé	78
3.2.1. Production des graines et dispersion.....	79
3.2.1.1. Les fleurs	79
3.2.1.2. Les glands	82
3.2.2. Germination et établissement des semis	86
3.3. Méthodes de régénération	89
3.3.1. Régénération naturelle	90
3.3.2. Régénération artificielle ou assistée.....	91
3.3.2.1. Régénération assistée par drageonnement	91
3.3.2.2. Régénération assistée par recépage.....	92
3.3.2.3. Régénération artificielle par semis direct	94
3.3.2.4. Régénération artificielle par plantation.....	94
3.4. Essais de régénération des subéraies dans divers pays	96
3.4.1. Au Portugal (Varela et Piazzetta, 2014).....	96
3.4.2. En Estrémadure, Espagne (Puebla Ovando et Piazzetta, 2014)	97
3.4.3. En Sardaigne, Italie (Ruiu et al., 2013)	98
3.4.4. En Pyrénées- Orientales et dans les Maures, France (Piazzetta, 2013 et Amandier, 2014)	99
3.4.5. En Tunisie (Stiti et al., 2014).....	100
3.4.6. En Maâmora, Maroc (El Antry et Piazzetta, 2014).....	100
3.4.7. En Algérie (Bouhraoua et al., 2014).....	101
3.5. Croissance des plants	102
3.5.1. Croissance racinaire	102
3.5.2. Croissance rythmique (aérienne).....	102

3.1. Introduction

La forêt étant un milieu qui vit et qui fonctionne, constituant ainsi un écosystème. Tous ses éléments dépendent plus ou moins les uns des autres et de leur environnement physique. La nature de ces liens est d'ordre énergétique et alimentaire.

Fonctionnant comme une machine vivante, aux mécanismes difficiles à mettre en évidence, l'écosystème forestier est principalement caractérisé par sa strate arborescente. Cette strate détermine les conditions de vie des organismes qui cohabitent sous son ombre, en engendrant une modification des caractères du microclimat et même celle de l'atmosphère environnante par la densité et la répartition de l'écran foliaire.

La dynamique de chaque individu est fortement influencée par les interactions entre cet individu et les autres éléments de l'écosystème (Begon et al., 1990). Pour assurer le renouvellement perpétuel des forêts, les connaissances scientifiques sur la dynamique de la régénération naturelle s'avèrent importantes.

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés spécialement au milieu méditerranéen, dont la conservation des forêts et de la végétation forestière constitue un problème important mais complexe du fait de l'hétérogénéité des situations et des multiples usages et pressions anthropiques pratiqués ainsi qu'une période de sécheresse estivale importante (Quézel 1976 ; 1979 ; 1980).

3.2. La régénération : une phase-clé

L'établissement d'une espèce dans une communauté végétale est souvent limité par les événements qui se produisent lors des premiers stades de vie des plantes (Olf et al., 1994 ; Fenner et Kitajima, 1999 ; Suding et Goldberg, 1999 ; Burt-Smith et Tilman, 2003 ; Foster et Tilman, 2003). Il est donc vital pour comprendre la distribution des espèces dans les communautés végétales, de s'attacher à décrire à la fois la **niche de régénération** et la **niche des adultes**. La niche de régénération conditionne la réussite du recrutement d'une espèce, alors que la niche des individus adultes est importante pour leur persistance et leur reproduction. Les mécanismes impliqués, notamment les interactions biotiques, peuvent différer en fonction du stade de vie pris en compte et un renversement des effets de la communauté peut même être observé entre deux âges (Bertness et Callaway, 1994).

La régénération comprend des phases bien distinctes définissant le cycle de vie d'une plante passant par **la production, la dispersion, la germination des graines, l'installation et la croissance des semis** (Madsen et Larsen, 1997). Le succès de chacune des phases du cycle de vie dépend d'interactions de plusieurs facteurs (Paluch, 2005). Ces facteurs peuvent être considérés comme tous les facteurs physiques et biotiques (Matney et Hodges, 1991). Ils comprennent à la fois les facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, le régime des radiations durant la saison de croissance ainsi que les facteurs édaphiques (Delhin et al., 2004 ; Pardos et al., 2007) représentés par l'humidité, la texture du sol et la profondeur des couches d'humus, qui peuvent influencer à leur tour sur la disponibilité en eau et en nutriments (Rojo et Montero, 1996). Les exigences vis-à-vis de ces facteurs diffèrent d'une espèce à une autre. La croissance et la survie des nouveaux émergents, sont alors associées à une combinaison de nombreux facteurs, certains liés aux semences (physiologiques) et d'autres extrinsèques. La figure 3.1, illustre les principaux facteurs qui contrôlent la germination et l'établissement initial d'individus issus de graines.

3.2.1. Production des graines et dispersion

L'absence d'une espèce dans une communauté peut être due à plusieurs facteurs. Le premier est le manque de graines (Pärtel et al., 2000 ; Turnbull et al., 2000 ; Foster et Tilman, 2003; Eskelinen et Virtanen, 2005 ; Gross et al., 2005 ; Ehrlén et al., 2006) qui peut être dû à une limitation de la production ou de la dispersion des graines. L'approvisionnement en graines est variable d'une espèce à une autre.

3.2.1.1. Les fleurs

Le chêne-liège est monoïque, les fleurs mâles (de 15 à 25) en chatons de 4 à 8 cm de long, jaunes, filiformes, pendant à l'extrémité des rameaux de l'année précédente, ou à la base de ceux de l'année en cours. Les fleurs femelles en chatons court (2 à 5) de 0,5 à 4 cm de long, poussent isolées ou en groupe de trois maximum à l'aisselle des feuilles des rameaux de l'année (Pl. 3.1). Elles sont enveloppées à leur base par la cupule qui les protège et qui persistera sur le futur gland. Bien que monoïque comme tous les chênes, le *Quercus suber* est essentiellement allogame (les fleurs d'un individu sont fécondés par du pollen provenant d'autres individus) (Natividade, 1956).

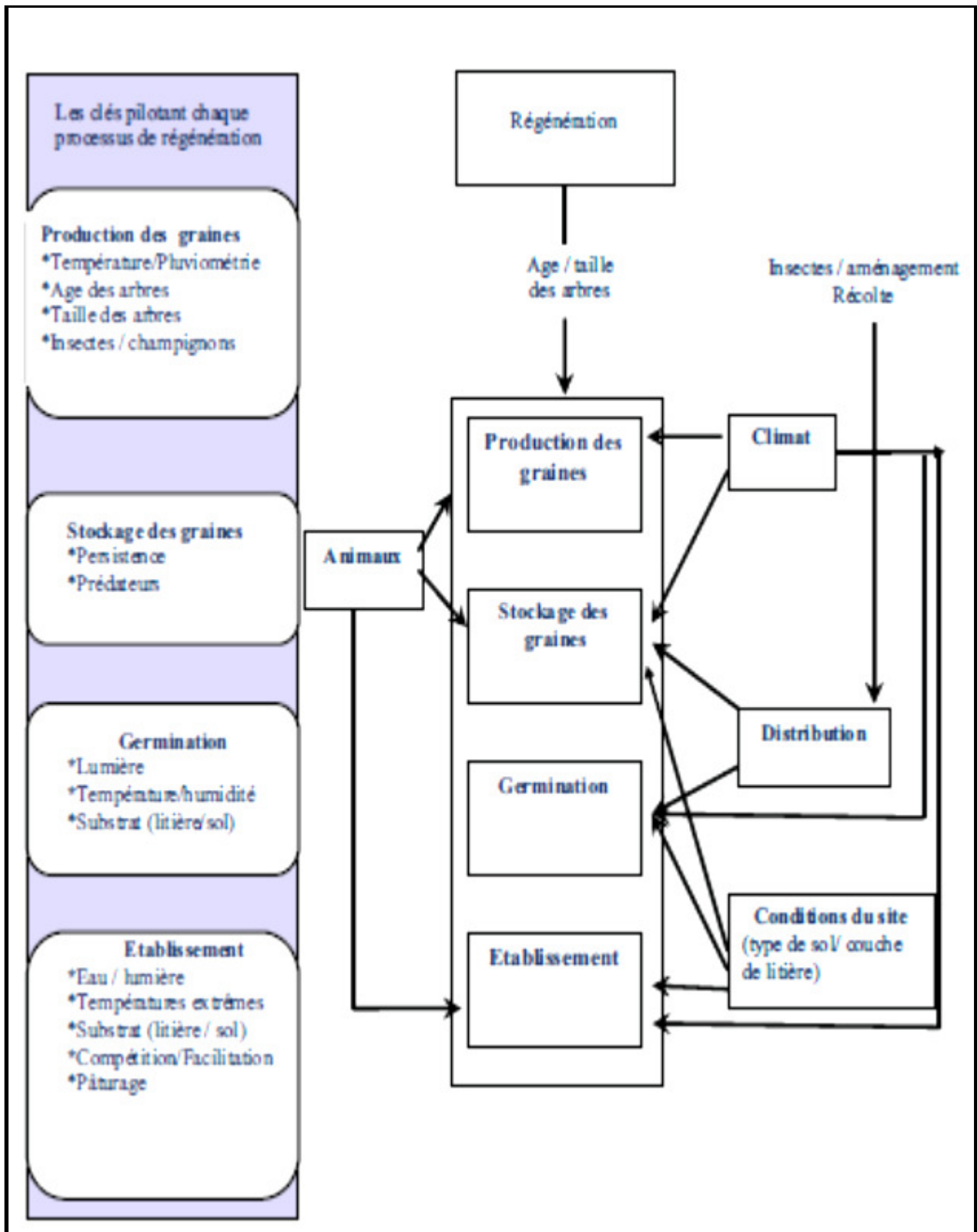


Figure 3.1 : diagramme illustrant l'influence de certains facteurs biotiques et abiotiques sur quelques phases du processus de régénération (Price et al., 2001)

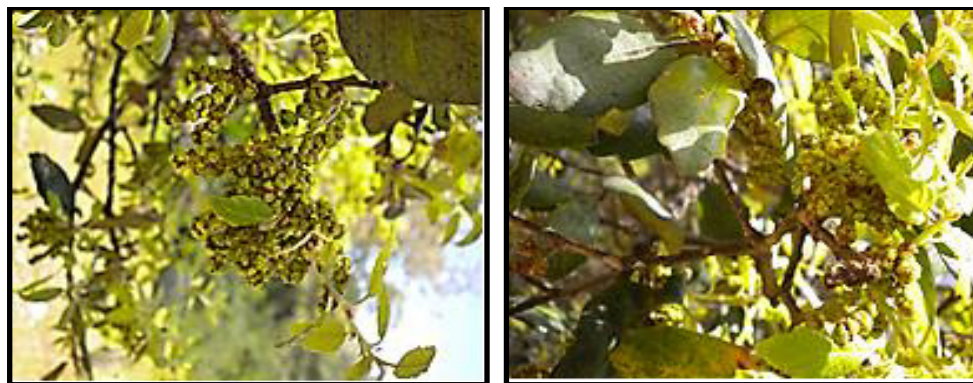


Planche 3.1 : Inflorescences mâles et femelles du chêne-liège (Hafir, 2010) (Original)

La fructification du chêne-liège est caractérisée par une certaine alternance et la fréquence d'une bonne glandée dépend de plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques. La floraison et la fructification sont précoces ; elles commencent dès l'âge de 12 à 15 ans et se poursuivent jusqu'à 150 ans (G.G.A., 1927 ; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956). La floraison peut avoir lieu en hiver dès le mois de janvier (Maire, 1961) ; mais le plus souvent au printemps, en même temps que la feuillaison, à partir du mois d'avril, et se prolonge jusqu'au mois de juin selon l'exposition et l'altitude (G.G.A., 1927 et Jacamon, 1987).

La fructification ne devient abondante et soutenue qu'à partir de 30 à 40 ans et diminue dès que l'arbre présente des signes de vieillesse. Néanmoins, en Tunisie, N'sibi (2005) a constaté que les rejets de souches commencent à fructifier à l'âge de 6 ans et que les arbres de chênes lièges adultes fructifient quatre ans après le passage du feu.

La production des graines implique une floraison, des conditions favorables de pollinisation et de fécondation, une quantité de chaleur, de lumière et d'eau nécessaires à la maturation.

Un climat sec et chaud au moment de la différenciation des bourgeons reproducteurs est un facteur déterminant de la taille finale des semences chez les conifères et les feuillus (Greene et Johnson, 2004). Djinnit (1977), estime que pour le chêne-liège, l'effet de l'exposition prime sur celui de la nature physiologique végétale. En effet, en évaluant la fructification sur pied de quelques subéraies algériennes, Zéraia (1982), signale qu'il y a une meilleure et abondante fructification dans les expositions Sud-ouest, ce qui semble être en liaison directe avec la quantité de **lumière** et de **chaleur** qui y règnent. De ce fait, il s'avère que les chênes-liège situés en bordure recevant un maximum de lumière sont beaucoup plus productifs que ceux de l'intérieur de forêt pour qui, l'intensité de la concurrence inter-

individus et le manque de lumière sont plus accentués. Zeraia (1981), ajoute que **le froid** accélère la chute des fruits et son excès détruit les glands au sol par les gelées ou même sur l'arbre à -4°C .

Leadem et al. (1997), ont montré que la production des graines est aussi sous l'influence **des caractéristiques des arbres et des peuplements** tels que la densité, l'arrangement spatial, la hauteur, le diamètre à hauteur de poitrine, la surface basale des arbres et l'état sanitaire des houppiers.

Si de nombreux auteurs identifient les causes possibles **de pertes de graines**, il existe en revanche, très peu d'études exhaustives évaluant l'importance relative des facteurs incriminés. Les pertes des graines sont dues en grandes parties à des avortements de fleurs. Ces avortements, occasionnés par une pollinisation insuffisante, **des insectes, des acariens, le gel** ou **un déficit nutritionnel**, constituent un sérieux facteur limitant en peuplements de chênes.

En outre, il existe une part non négligeable des ovules qui ont reçu du pollen et voient leurs embryons avorter en produisant des graines vides ou partiellement détruites. Les causes peuvent être physiologiques ou génétiques d'une part, et d'autres parts, les insectes sont les plus dommageables. Les dégâts sont causés par des espèces attaquant après la fécondation ou par le développement de larves issues d'œufs pondus avant cette période.

3.2.1.2. Les glands

Les fleurs fécondées donnent naissance à des glands qui apparaissent à la fin mai ou début juin, avec un aspect globuleux et une dimension de quelques millimètres. Leur accroissement est très faible en été, mais s'accélère après les premières pluies automnales. Ils mûrissent l'année de la floraison, entre octobre et janvier (Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Maire, 1961). Ce fruit nécessite une période de développement d'environ 6 mois en ordinaire. Dans la région d'étude, nous avons constaté que les premiers glands tombés (fin septembre, début octobre) étaient souvent parasités et n'avaient de ce fait aucune valeur. Ceux qui tombent vers la mi-novembre appelés « martinengs » (Jaubert De Passa, 1842 in Aubert, 1995), ont au contraire un grand intérêt pour la régénération, ou bien pour la nourriture de certains animaux.

Le gland (*ballot*), fruit caractéristique du genre *Quercus*, est sec, indéhiscent appelé akène, dont la base aplatie repose sur une cupule polymorphe, conique, grisâtre, un peu atténuée à la base, munie d'écaillés grises, pubescentes et portée par un pédoncule qui peut aller jusqu'à 4 cm de long. Il présente une cicatrice circulaire à la base que recouvre la cupule. Le fruit est de formes et de dimensions variables dès fois, au sein du même arbre. Il est de couleur brune à maturité, à surface lisse et luisante, arrondi au sommet (Pl. 3.2). Sa taille varie de 2 à 5 cm en longueur et de 1 à 2 cm en largeur.



Planche 3.2 : Cupules et glands de chêne-liège (Hafir, 2010) (Original)

Il est constitué d'une graine enveloppée par un péricarpe, de couleur brune (l'endocarpe, le mésocarpe et l'épicarpe). Le hile constitue la partie basale du gland ; c'est la zone la plus perméable du péricarpe. Le micropyle représente la partie distale (Fig. 3.2).

La graine est protégée par un tégument assez mince et nervuré. Elle comprend deux cotylédons qui cachent du côté du micropyle un embryon composé d'une radicule, d'une tigelle et d'une gemmule. Ces cotylédons sont ordinairement amers, exceptionnellement doux et comestibles comme c'est le cas en forêt de la Mamora (Maroc) et dans la région étudiée (Hafir) où nous avons rencontré quelques pieds produisant également des glands doux. Les glands des subéraies de montagne sont plus petits et se conservent mieux que les glands des subéraies de plaine.

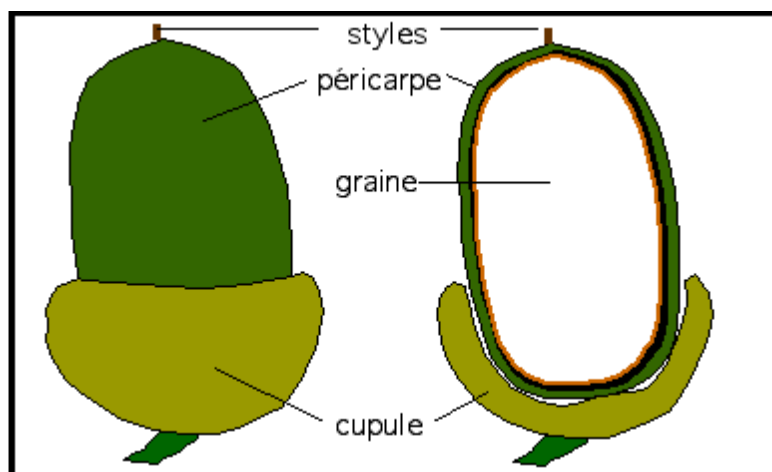


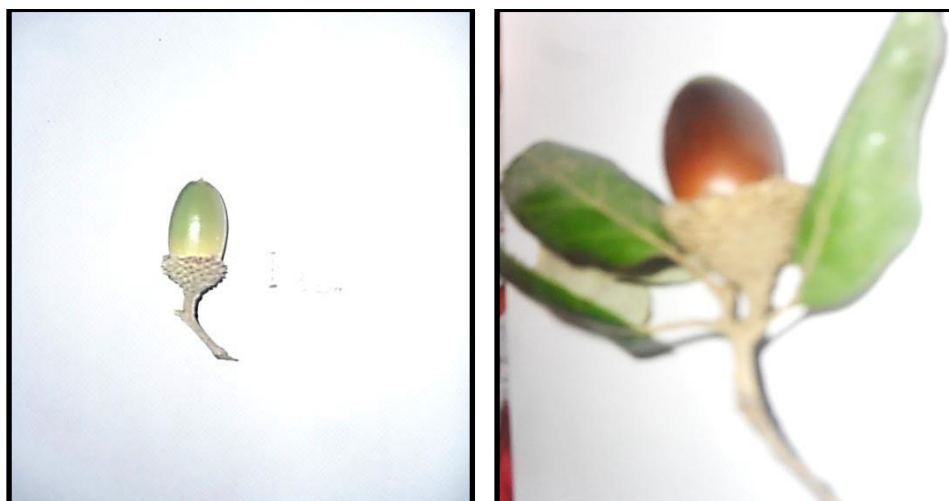
Figure 3.2 : Schéma de gland de chêne-liège (Saouli, 2009)

Dans la péninsule Ibérique, on distingue couramment trois sortes de glands, en fonction de leur période de maturation : les glands hâtifs primeurs en septembre, les seconds en octobre et les tardifs en janvier (Camus, 1938 ; Natividade, 1956). Cependant ces deux auteurs ne sont pas d'accord sur la durée de maturation des glands : 2 ans pour le premier et 1 an pour le second. La production des glands par arbre est très variable, de 1 à quelques dizaines de kilogrammes, selon l'âge, l'état sanitaire de l'arbre et les conditions stationnelles et climatiques.

Les travaux de Thomas (1972), cité par Merouani (1996), rapportent que la maturation des graines suit un modèle de développement qui se fait en trois phases : 1) une phase de division cellulaire, 2) une phase d'accumulation des réserves, et 3) une phase de déshydratation. Leur développement complet coïncide avec leur chute, mais les semences morphologiquement mûres peuvent ne pas l'être physiologiquement et donc peuvent ne pas être capables de germer (Côme, 1972).

La maturité morphologique des fruits correspond à l'élaboration des éléments constitutifs de la semence. Elle est achevée quand l'embryon atteint son développement maximal. Elle se manifeste visiblement par le changement de coloration du vert au brun de leurs enveloppes (Pl. 3.3) et l'augmentation de leurs tailles. Elle reste liée aux conditions auxquelles ils sont soumis tout au long de leur développement.

La maturité physiologique, quant à elle, comporte des modifications physiologiques délicates, qui ne se manifestent par aucune transformation morphologique et qui rendent la semence capable de germer.



**Planche 3.3 : Maturation du gland de chêne-liège du vert au marron (Hafir, 2010)
(Original)**

Le gland de chêne-liège possède suffisamment de réserves pour faire face aux différents aléas climatiques. Malheureusement, cet avantage va à son encontre puisqu'il constitue une proie d'excellence à certains prédateurs (oiseaux, insectes, champignons, vertébrés) en plus de l'action humaine. Si les glands amers sont réservés au bétail, les glands doux servent à l'alimentation humaine et font l'objet d'un actif commerce. Belabbes (1996), annonce d'après des expériences menées en pépinière (Algérie), que la prédation des glands de chêne-liège représentait 63,58 % de l'échec global.

Les semences produites et qui échappent aux attaques et à la déprédation et sous l'effet des facteurs de dissémination, **se dispersent** au sol. Ces dernières peuvent cependant migrer depuis leur source de production (arbre mère) sur des distances parfois importantes

L'installation d'un nouveau peuplement peut dépendre de l'aptitude de dispersion de ces semences, qui est à son tour influencée par leurs caractéristiques physiques propres (forme, poids, etc.). Les vecteurs de transport sont divers : eau, vent, animaux et leurs variations spatio-temporelles. La topographie peut également jouer un rôle non négligeable (Oshawa et al. 2007). Aubert (1995), signale que la dispersion des glands de chêne-liège est assurée par la pesanteur, les animaux tels que les oiseaux (geais, corvidés) et mammifères (sangliers, écureuils, mulots, etc.).

3.2.2. Germination et établissement des semis

Tandis que les agriculteurs, les forestiers et bien d'autres auteurs pensent qu'une graine germe, quand la radicule perce les téguments, les physiologistes selon Harper (1977), réservent le terme de germination, sensu stricto, aux événements physiologiques compris entre le début de l'inhibition et celui de la croissance radriculaire, et comprend quatre phases : Imbibition, Activation, Mitoses de la radicule et Sortie de la radicule à travers les enveloppes.

La germination est un processus physiologique vulnérable et sensible qui correspond à la transition de la phase de vie latente de graine à la phase de développement de la plantule (Harper, 1977). C'est en fait un processus irréversible (Bewley et Black, 1994) et par conséquent un mauvais moment ou localisation de la germination sera la cause de la mort des individus qui aura un effet sur le recrutement de la population (Harper, 1977; Silvertown et Charlesworth, 2001). La phase d'établissement est également considérée comme une étape cruciale de la vie des plantes, en raison des taux de mortalité couramment élevés et son potentiel de modifier et fixer les tendances spatiales et temporelles de recrutement (Harper, 1977 ; Silvestown et Lovett-Doust, 1993 ; Clark et al., 1999).

La germination dépend de nombreux paramètres internes et **externes**. Merouani (1996), affirme que d'une manière générale, elle est très influencée par la qualité et la quantité d'éléments (eau, inhibiteurs, stimulateurs, etc.) que contiennent les graines d'une part et par les conditions biotiques et abiotiques qui les accueillent d'autre part.

La lumière est un facteur important pour la germination. Toutefois la qualité et la quantité de la lumière perçue par les graines est dépendante de la position de ces dernières au niveau du sol, du couvert végétal, des caractéristiques tégumentaires des graines, ainsi que du tempérament des espèces. Cependant, le chêne-liège est capable de germer indifféremment des conditions de lumière. Seulement, à un stade de développement très jeune, les semis ont besoin d'ombrage et leurs besoins en lumière augmentent au fur et à mesure qu'ils croissent.

Un autre facteur de contrôle de la germination est **la température**. Elle peut être exprimée en température minimale (parfois difficile à définir), température optimale et température maximale. C'est aux températures moyennes 13°C et 18°C que l'aptitude à la germination des fruits est meilleure avec des taux respectifs de 94 % et 96% (Merouani, 1996). Les intervalles de température favorables pour la germination dépendent en grande

partie de la période de l'année au cours de laquelle les graines achèvent leur cycle de vie, de l'origine géographique des espèces et la qualité des graines.

Outre la lumière et la température, **l'humidité** a toujours été considérée comme un facteur important pour la germination et la levée des semis au cours de la première saison de croissance (Vaartaja, 1950 ; Tirén, 1952 ; Winsa, 1995 ; De Chantal, 2003). Une teneur en eau optimale (humidité du sol à proximité du point de flétrissement permanent) est nécessaire pour déclencher la germination des graines tandis qu'une teneur de plus en plus importante est exigée pour la croissance des semis (Wangchuk, 2007). Toutefois, un excès d'eau est presque toujours dommageable du fait qu'il tend à remplacer l'air du sol qui à son tour limite la respiration ou encore cause des maladies fongiques.

Urbietta et al. (2008) ont suggéré dans une étude sur l'établissement des semis de trois espèces de chênes sympatriques (*Quercus suber* L., *Quercus canariensis* Willd et *Quercus pyrenaica* Willd) que l'eau peut agir comme double facteur de stress (excès ou déficit) durant les premières étapes de recrutement des semis dans l'écosystème forestier : un excès d'eau du sol pendant l'hiver a diminué la germination et a allongé la période de temps nécessaire à l'émergence, ce qui a diminué le taux de survie des semis pendant la saison sèche.

Le stress hydrique est presque toujours souligné comme un facteur limitant pour la germination soit en retardant son initiation, soit par une réduction du pouvoir germinatif final (Hardegree et Ermmereich, 1990 ; Gorai et al., 2009 ; Mantovani et Iglesias, 2010). La plupart des espèces méditerranéennes sont exposées pendant la saison estivale à un stress hydrique. Ksontini (1996), a montré qu'au cours de deux cycles de sécheresse, la conductance stomatique des jeunes plants de chêne-liège est restée inférieure à celle de sujets adultes, d'une part à cause de leur système racinaire moins développé et, d'autre part, d'un meilleur évitement pour économiser l'eau ; ceci est particulièrement remarquable chez *Quercus faginea* jeune, qui procède à une fermeture stomatique rapide, comme sur le terrain pour des arbres adultes.

Pardos et al., (2005) supposent qu'une humidité importante du sol associée à une sécheresse estivale peut être cruciale pour l'établissement des semis. La lumière est également considérée comme un facteur influençant indirectement la germination et la performance des semis en contrôlant les fluctuations de la température (Vásquez-Yanes et Orosco-Segovia, 1993 ; Bullock, 2000), changeant la disponibilité d'eau et par conséquent l'absorption des nutriments.

La mauvaise qualité pédologique du substratum et la présence de calcaire dans le sol constituent des facteurs limitants pour l'installation des jeunes semis de chêne-liège (Boudy, 1952). Cependant les propriétés physico-chimiques de la litière et de l'humus, présentent un rôle très important dans la levée, notamment, en évitant le dessèchement précoce des glands. Zéraïa, 1981 et Messaoudène, 1984, rapportent que la germination et la croissance des semis de chêne-liège sont favorisées dans les stations mixtes de chêne-liège et de chêne zeen sur un sol humifère et qu'une litière épaisse entraîne sa régénération naturelle.

Parmi les **caractéristiques internes de la graine**, sa **teneur en eau**, sa **taille**, sa **quantité de réserves** ou son **génome**, ont une influence fondamentale sur le succès de la germination et des premiers stades de vie des semis. Un problème difficile à résoudre est celui du maintien de la teneur en eau à un niveau relativement élevé pour conserver le pouvoir germinatif des semences. Le seuil critique de déshydratation compatible avec le maintien du pouvoir germinatif se situe à 40% pour le chêne-liège (Alatou, 1984). La teneur élevée en eau des glands les rend sensibles à l'effet du gel précoce contre lequel le péricarpe ne constitue pas une protection suffisante.

Les espèces à grosses graines donnent généralement de grosses plantules qui supportent mieux le manque de ressources et les phénomènes hasardeux tels que l'herbivorie, la sécheresse et les pathogènes (Fenner et Kiajima, 1999 ; Stiti, 1999 ; Coomes et Grubb, 2003 ; Leiva et Fernandez-Alez, 2005 ; Xiao et al., 2007 ; Abidi et Abidi, 2009 ; Bouchaour-Djabeur et al., 2011). Certains auteurs ont suggéré que les plantes à graines de petites tailles ont besoin de lumière pour compenser leurs réserves alimentaires limitées (Thompson et Grime, 1983).

La reprise de la vie active de la semence après une période de repos, de durée variable, débute par une imbibition. Cette hydratation induit des changements métaboliques au sein de la graine. Les réserves contenues dans la graine sont graduellement dégradées par des enzymes. Les nutriments sont ensuite utilisés par les organes en croissance de l'embryon. C'est la radicule (racine embryonnaire) qui émerge la première de la graine, permettant à la jeune plantule de s'introduire dans le sol. Ensuite, la jeune tige perce le sol, atteint l'air libre et, stimulée par la lumière et la température déploie ses premières feuilles. Celles-ci commencent à fabriquer des sucres par photosynthèse. L'embryon a alors utilisé toutes les réserves contenues dans la graine et commence sa vie autonome en tant que jeune plantule.

Conclusion

Comme nous venons de le voir, le recrutement d'une espèce dans une communauté végétale est donc souvent limité par les événements qui se produisent lors des premiers stades de vie des plantes. La production des graines, la germination et la première phase de survie et de croissance sont sous le contrôle de nombreux facteurs abiotiques. Toutefois, ces facteurs ne sont pas les seuls qui agissent sur la régénération d'une espèce donnée. Les interactions qui existent entre cette dernière et les autres individus partageant son milieu de vie, sont toutes aussi importantes. Ces interactions appelées biotiques regroupent les interactions plante-plante ainsi que les interactions plantes-organismes (prédation).

3.3. Méthodes de régénération

Assurant la pérennité de la forêt, la régénération doit être l'objectif le plus important de toute sylviculture. Comme nous venons de le voir, c'est une étape nécessaire mais délicate de la vie de la forêt. Boudy (1950), affirma que la régénération est d'autant plus délicate qu'elle a été abordée très tardivement. Cela n'exclut pas les travaux de beaucoup d'auteurs qui ont déjà évoqué ce problème épineux ; ce sont entre autres : Boudy, 1951 ; De Beaucorps et al., 1956 ; Marion, 1951 ; 1955 ; 1956 ; Lepoutre, 1965 ; Artigues et Lepoutre, 1967 ; El Hassani et Dahmani, 1996.

Cette noble espèce témoigne d'un tempérament robuste, résistant aux diverses dégradations auxquelles elle est soumise. Elle continue à se maintenir par régénération naturelle et surtout par rejets de souches à la suite de l'intervention humaine ou après passage du feu. En revanche, dans des situations moins favorables, elle est menacée et vite dominée par d'autres essences plus résistantes comme le chêne vert, le chêne zeen, le pin d'Alep ou le pin maritime. Le manque de régénération fait que les massifs forestiers vieillissent progressivement sans que de nouveaux pieds poussent là où les vieux disparaissent, réduisant ainsi la superficie de la subéraie. Sans être une panacée, le recours à la régénération artificielle par semis direct ou plantation lorsque la régénération naturelle fait défaut, constitue une bonne alternative si on veut préserver nos subéraies.

3.3.1. Régénération naturelle

Les glands de chêne-liège connaissent des taux de germination très élevés, permettant une régénération naturelle par semis abondants (Pl. 3.4), particulièrement pendant les années pluvieuses et, nécessairement, si le peuplement n'est pas sur-pâturé et/ou les glands échappent à la dent des ravageurs.



Planche 3.4 : Régénération naturelle dans la subéraie de Hafir (Original)

La régénération naturelle offre plusieurs avantages qui se résument selon Varela et Piazzetta (2013) comme suite :

- Les nouveaux peuplements ont de fortes chances de bonne adaptation (même origine génétique) ;
- il n'y a pas de perturbation du sol surtout dans les sols pauvres et squelettiques et dans les stations avec étés chauds et secs où la matière organique se minéralise rapidement ;
- la germination des glands *in situ* permet la formation d'un système racinaire profond au détriment du houppier de l'arbre, un développement physiologiquement adapté à la sécheresse estivale ;
- la possibilité d'une sélection phénotypique naturelle ;
- comme elle représente l'investissement le plus faible de toutes les techniques de reboisement.

Cependant cette régénération présente aussi quelques inconvénients. Elle ne peut être obtenue que dans le respect de certaines conditions. En plus du bon état sanitaire des semenciers, une ouverture dans le couvert des chênes-liège et une mise en défens, il faut que

les facteurs biotiques et abiotiques, les caractéristiques externes et internes de la graine déjà vues plus haut, soient favorables.

Elle est considérée comme facile au Portugal (Natividade, 1956) et plus délicate en Afrique du nord (Boudy, 1952 et Marion, 1955). En effet, Zéraia (1981), annonce que le taux de réussite des semis naturels dans les conditions naturelles, sans aucune intervention, n'est que de 13 % sur sol favorable ; pour les stades de dégradation, le taux n'est que de 8 % dans les mêmes conditions. En étudiant les facteurs influençant la régénération naturelle du chêne-liège dans la forêt de Guerouch (Jijel, Algérie), Djinit (1977) a observé que 40 % des glands étaient dévorés par les rongeurs. D'autant plus que tout le Maghreb souffre d'une pression pastorale et les semis sont consommés par le bétail au fur et à mesure de leur apparition.

La régénération par semis naturels de chêne-liège est liée à la nature des communautés végétales. N'sibi (2005), déclare dans ce contexte que lorsque les types de groupements correspondant au *Cytiso triflori Quercetum suberis* Braun-Blanquet, (1950) sont infiltrés massivement par un matorral dense et élevé à base de diverses espèces liées à la dégradation des écosystèmes subéricols et appartenant aux genres *Cistus*, *Erica*, *Pistacia*, *Pteridium*, etc., la régénération naturelle par semis devient très aléatoire et fugace ou encore quasi nulle.

3.3.2. Régénération artificielle ou assistée

3.3.2.1. Régénération assistée par drageonnement

Le drageonnement peut constituer un autre procédé de renouvellement de la subéraie traumatisée. C'est le fait de produire de jeunes pousses issues de racines souterraines traçantes d'une plante (Pl. 3.5). Pour le chêne-liège, Boudy (1950) a constaté qu'il est tout à fait exceptionnel et n'a été constaté qu'après incendies et encore dans une mesure très limitée. Hasnaoui (1992) a pu observer que le drageonnement existe un peu partout dans les forêts de la Tunisie (surtout après coupe) et il est même abondant dans la subéraie de Bellif (Tunisie).

Actuellement, il consiste à renouveler le peuplement en stimulant les racines des arbres préexistants. Avec le broyage mécanique, on supprime la strate arbustive et herbacée (sous étage) du peuplement forestier et stimule les racines du chêne-liège (http://www.promhaies.net/wp-content/uploads/2012/07/10_recepage.pdf). Pareillement, dans les Maures (France), les forestiers régénèrent les subéraies incendiées en faisant passer un bull

pour blesser les racines, c'est plus avantageux en coût, temps et moyens humains (Messaoudène, *Com.pers.*).



Planche 3.5 : Observation d'un drageon (Brun, 2014)

3.3.2.2. Régénération assistée par recépage

Le recépage ou rejet de souches est la méthode de régénération la plus utilisée (Marion, 1955 ; Natividade, 1956 ; Lepoutre, 1965). Il provient du développement de bourgeons dormants d'arbres qu'on a préalablement coupés, procréant de nouveaux brins qu'il faudra ensuite sélectionner (Pl. 3.6). Il intervient en général à la base du tronc, mais la coupe peut également se faire à 1,30 m du sol (ce qui donne des arbres défectueux ou mal conformes). Le chêne-liège possède une excellente capacité à se régénérer de souche après plusieurs incendies ou après plusieurs coupes. Les anciennes études (Boudy, 1952) rapportent que c'est grâce à cette méthode qu'un très grand nombre de massifs ont pu subsister malgré les incendies et les agressions de l'homme. Les souches peuvent rejeter et donner des rejets vigoureux jusqu'à un âge modérément avancé (80 à 100 ans) selon les conditions écologiques du milieu. Cette aptitude s'affaiblit avec l'âge, l'épuisement de l'arbre après plusieurs récoltes de liège (vigueur), les conditions de climat et de sol peu propices. Les rejets sont d'autant plus abondants et vigoureux que les sujets rejetant sont jeunes et le couvert plus réduit.



Planche 3.6 : Observation de rejets de souche (Messaoudene, 2008)

La sélection naturelle se fait graduellement suite aux compétitions inter-brins et inter-cépées. En étudiant la croissance et la structure d'un taillis de chêne-liège dans la forêt domaniale des Béni Ghobri (Algérie), Gettas (2013) dévoile que la cépée à 2-3 brins apparait comme modèle à retenir dans le contexte de la gestion des taillis pour cette région ; toutefois, l'homme peut accélérer le processus de développement des taillis par un ensemble d'opérations sylvicoles tout en avantageant la croissance d'une variable au détriment de l'autre.

Bien que cette technique influe sur la vitalité et la longévité des arbres comme sur la quantité et la qualité de la production du liège (Natividade (1956), les brins issus de rejets et profitant d'un système racinaire bien développé, gagnent 10 à 15 ans pour la production de liège avant un sujet issu de semi (Varela et Piazzetta, 2014).

Il est parfois utilisé abusivement après passage du feu pour régénérer les sujets intéressants et préserver leur qualité phénotypique existante (qualité du liège et production des glands). Cela peut déclencher une érosion génétique (Varela et Piazzetta, 2014) et représente un inconvénient majeur vis-à-vis du changement climatique, parce que le drageonnement ou le recépage crée des « clones » des arbres préexistants sans brassage génétique. A l'inverse de la reproduction sexuée, qui elle, permet une évolution génétique des arbres pouvant s'adapter aux changements climatiques (hausse des températures et modification des précipitations).

3.3.2.3. Régénération artificielle par semis direct

N'exigeant pas de pépinières coûteuses et de transplantation traumatisante des plants, la régénération artificielle par semis direct offre un intérêt économique et écologique, permettant le développement en place du système racinaire pivotant qui pourra explorer rapidement les couches profondes du sol et planifier des peuplements en futaie régulière faciles à gérer par la suite. C'est une technique intéressante quand la régénération naturelle est hétérogène.

Champreux (2001), déclare que le semis direct évite la réduction du développement des racines par le volume toujours insuffisant des conteneurs. Ce procédé a généralement donné des résultats meilleurs par rapport à ceux des plants élevés en pépinières. Par ailleurs, Amandier (2006), déclare que dans un bilan de quelques plantations de chêne-liège réalisées en France, une très forte proportion de jeunes plants manifestent un port rampant (la plagiotropie), ce qui les désavantage beaucoup dans la concurrence pour la lumière exercée par les espèces du maquis et finissent par être éliminés.

Les glands doivent être semés le plutôt possible après leur chute. A ce propos, Merouani et al. (2001) déclarent que c'est au moment de la dissémination des glands qu'on obtient le meilleur taux de germination (92 %). Ce mode de semis consiste à mettre deux glands par pôtet sur deux niveaux différents ensuite, recouvrir le pôtet de végétation ligneuse de manière à éviter leur destruction par la dent de l'animal (sangliers, rongeurs et oiseaux), puis protéger les jeunes plants contre la chaleur estivale.

3.3.2.4. Régénération artificielle par plantation

Vue l'état actuel des peuplements de chêne-liège (notamment le dépérissement) et le déficit en régénération naturelle, la régénération artificielle par plantation est privilégiée. Le chêne-liège peut être marcotté par divers procédés (Natividade, 1956), et même greffé sur d'autres chênes (Richard, 1987). Les méthodes évoquées sont assez anciennes, mais il pourrait profiter des progrès récents réalisés dans le domaine de la multiplication végétative. Cette technique se heurte en général à plusieurs obstacles liés par exemple au choix des milieux de culture pour les différents stades de micro-propagation et leur contamination, à l'âge, à la nature et à l'oxydation de l'explant, mais la non obtention de plants viables après transplantation reste la contrainte majeure.

La plantation des chênes-liège élevés en pépinière est une technique qui s'impose à l'heure actuelle et se justifie tout-à-fait pour garantir l'épanouissement et la perpétuité des peuplements affaiblis et vieillissants de chêne-liège. Elle présente une plus grande probabilité de réussite en conditions difficiles, nécessite moins de graines, des soins moins importants après le repeuplement (futaies régulières où les débroussailllements seront mécanisés si la topographie le permet) et nous fait gagner un an dans l'évolution par rapport au semis direct.

La régénération artificielle permet ainsi d'avoir une vision à long terme de la gestion des subéraies ayant une grande diversité génétique « pas de clones ». Hachechena (1995), montre dans une étude au niveau de la forêt de Bainem (Algérie) que les plants de chêne-liège en conteneurs résistent mieux à la transplantation en forêt (60 à 100 %) que les plants à racines nues (0 et 20 %). Hasnaoui (1995) ajoute que La transplantation se fait en automne (vers le mois de novembre), la parcelle plantée doit être mise en défens strict pendant une période minimale de 15 ans, des interventions de binage (au début de l'été) et d'arrosage (une ou deux fois au cours du premier été) sont très bénéfiques.

Néanmoins, elle reste une opération importante à préparer qui doit prendre en compte différents facteurs dont les principaux demeurent :

- le choix du site (pédologie, alimentation en eau, topographie, exposition)
- la préparation appliquée du sol (labour ou sous-solage),
- les techniques de plantation et le choix de densité,
- la graine de bonne qualité (provenance et état sanitaire),
- la qualité physiologique des plants (amélioration génétique),
- le respect de la période de plantation (après les premières pluies),
- l'arrosage, capital les deux premières années,
- et, bien évidemment, la protection (mise en défens, tubex, etc.).

Conclusion

La régénération des subéraies relève d'un choix multifactoriel et qu'il n'y a pas de méthodes miracle. Chacune de ces dernières a des inconvénients et des avantages. La régénération naturelle (glands) est très profitable mais autant difficile à obtenir, très incertaine et pas uniforme à toutes les stations. Elle est compromise par divers facteurs, mais aggravée d'après Bouchaour-Djabeur (2001); Bouhraoua (2003) et Bouchaour-Djabeur (2011) par l'affaiblissement de l'état physiologique des arbres et l'action des insectes ravageurs des

glands. Le recépage constitue une excellente voie de survivance et de pérennité des forêts de chêne-liège, mais doit s'appliquer avec prudence. La régénération artificielle pourrait donc jouer un rôle majeur pour supplanter la régénération naturelle par semi.

Une façon plus analytique d'envisager les difficultés de régénération est de considérer, aux différents stades de développement (pollen, gland, plantule, semi), le rapport de la plante aux facteurs climatiques (lumière, température, humidité), édaphiques (nutriments, phytotoxicité) et biocénotiques (Landmann, 1994). Enfin, les diverses méthodes peuvent être aménagées, combinées et adaptées en fonction de la physiologie des peuplements, des conditions stationnelles et de la gestion forestière appliquée.

3.4. Essais de régénération des subéraies dans divers pays

Les pays producteurs de liège se sont penchés sur la question de la régénération des peuplements de chêne-liège. Les journées techniques du liège organisées par Forêt Modèle de Provence dans le Var en novembre 2013 ont permis à tous les intervenants de montrer leurs expériences. Dans cette partie, nous allons synthétiser les notions importantes à retenir de ces journées pour aider à la régénération des subéraies de tout le pourtour méditerranéen.

3.4.1. Au Portugal (Varela et Piazzetta, 2014)

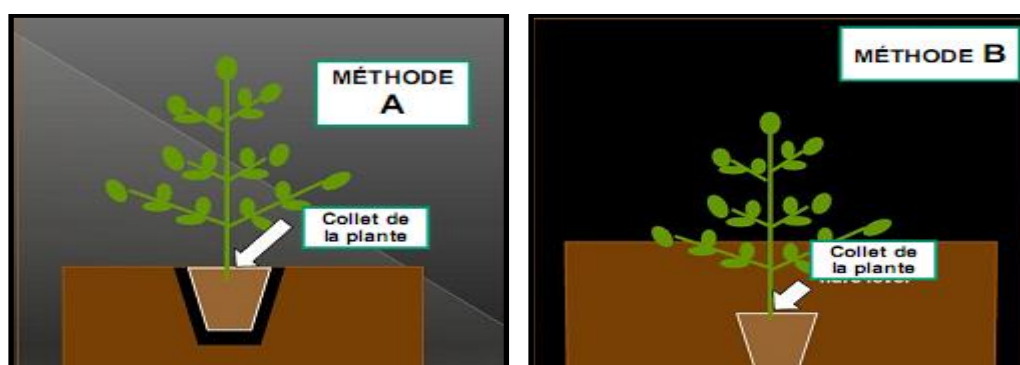
Au Portugal, quatre méthodes de régénération sont distinguées : naturelle par glandée, régénération artificielle par semi direct, régénération artificielle par plantation et régénération artificielle par recépage. La régénération naturelle par glandée est pratiquée avec des glands qui présentent un bon taux de germination (80 %), elle est à envisager dans des parcelles forestières au potentiel de croissance important. Le fait de vouloir régénérer des subéraies où les peuplements sont dépérissants est une mauvaise idée, il faut des semenciers capables de produire de bonnes glandées.

La régénération par recépage est la plus simple à mettre en œuvre et permet de conserver la qualité phénotypique des individus coupés : qualité du liège, rectitude, production de glands, etc. Néanmoins, il n'y a pas de brassage génétique.

La régénération artificielle par semi nécessite une quantité importante de glands à semer, quatre à six glands sont enterrés dans chaque trou. Il faut faire attention à protéger ces

plantations de la faune sauvage qui apprécient grandement les glands de chêne-liège comme le sanglier, le geai bleu ou encore le mulot. Afin d'accélérer le mécanisme physiologique de germination, les forestiers portugais immergent les glands dans de l'eau additionnée d'un fongicide pendant 24 heures.

On peut réaliser également une plantation avec des plants issus de pépinières forestières qui passe par plusieurs facteurs clés : la préparation du sol, les techniques de plantation, la qualité des glands et plants, la provenance du matériel forestier utilisé et l'arrosage qui est obligatoire les deux premières années après la plantation. Le travail du sol pour une plantation au Portugal se fait par un labour en plein et un sous solage. La technique de plantation des plants s'éloigne de la méthode traditionnelle qui consiste à enterrer la motte du plant jusqu'au collet. En effet, la technique portugaise vise à enterrer le collet avec une partie du feuillage à 10 centimètres (cm) en-dessous du sol, ce qui permet d'éviter le détachement de la motte du plant et de favoriser l'accès à la réserve en eau du sol sur une durée plus longue (Fig. 3.3).



**Figure 3.3 : Méthodes de régénération artificielle par plantation au Portugal
(Varela et Piazzetta, 2014)**

3.4.2. En Estrémadure, Espagne (Puebla Ovando et Piazzetta, 2014)

Les plantations sont réalisées à la suite d'un travail préalable du sol avec un sous-solage et un labour. Les densités de plantations sont comprises entre 200 et 300 tiges par ha. Les propriétaires forestiers utilisent des densités faibles pour privilégier le sylvopastoralisme (Pl. 3.7). La production de liège est une recette complémentaire à l'élevage, elle n'est donc pas primordiale pour les propriétaires forestiers d'Estrémadure. La taille de formation se fait entre 5 et 10 ans et l'âge moyen de démasclage est d'environ 40 ans.

La flore est également un bon indicateur : les secteurs où prédominent *Lavandula stoechas* sont des mauvaises stations avec une faible croissance du chêne-liège, à l'inverse, ceux comportant des cistes (*Cistus ladaniferus*) ou des genêts (*Cytisus multiflorus*, *Cytisus scoparius*, *Cytisus striatus*) ont un potentiel intéressant pour une bonne croissance de l'espèce. Enfin, les protections individuelles tubulaires (abris-serre à double paroi alvéolaire, tubex) montrent une supériorité de croissance en circonférence à hauteur de poitrine des sujets plantés.



Planche 3.7 : Sylvopastoralisme en forêt (<http://www.idele.fr/>, 2015)

3.4.3. En Sardaigne, Italie (Ruiu et al., 2013)

La Sardaigne abrite 80 % de subéraies aménagées possédant de bonnes potentialités de régénération naturelle. Le manque de régénération constaté dans certaines régions de l'île, est lié à une gestion forestière incorrecte caractérisée par l'absence de travaux sylvicoles et par un surpâturage, associé à d'autres problèmes, comme les insectes nuisibles, les champignons pathogènes et les mauvaises conditions climatiques.

La régénération naturelle par glandée ou par voie végétative (recépage), est la méthode la plus simple, mais nécessite des interventions très difficiles à adopter, telle que la réduction du pâturage et le débroussaillage contrôlé.

Le principal facteur de dégradation des subéraies sardes sont les incendies. Les auteurs ont effectué plusieurs études et ont présenté une méthodologie qui a permis la récupération

complète des subéraies parcourues par le feu en distinguant la régénération artificielle réalisée en plaine et celle sur terrain en pente.

La régénération artificielle par plantation en plaine concerne généralement les terrains à végétation dégradée ou d'anciennes terres agricoles. Elle passe par un labour préalable du terrain en plein sur une profondeur maximale de 0,8 à 1 m sans retournement du sol. L'espacement entre les tiges est 2X2 m à 3X3 m avec un mélange d'autres essences de chênes ou de résineux en alternance (1 ligne sur 2). Les accessoires individuels des plants sont efficaces, protection sous forme de treillis métalliques ou d'abris-serres, particulièrement le tubex de 60 cm de hauteur qui a permis une croissance intéressante en hauteur et en diamètre s'il est retiré au bout de la 6^{ème} année.

3.4.4. En Pyrénées- Orientales et dans les Maures, France (Piazzetta, 2013 et Amandier, 2014)

Peu après sa création en 1993, l'institut méditerranéen du liège (I.M.L.) a eu pour objet de tester différentes techniques de boisement en chêne-liège, par la mise en place et le suivi d'un réseau de placettes expérimentales, en partenariat avec le Centre Régional de la Propriété Forestière du Languedoc-Roussillon (C.R.P.F.) en Pyrénées- Orientales.

Les résultats des nombreuses expériences ont permis de mettre en évidence la supériorité des plants sur les semis, l'effet globalement neutre des disques de paillage en liège, celui négatif des abris-serres et de la fertilisation, et enfin celui positif des conteneurs de gros volume pour les plants (600 cm³). Il ressort également l'importance que représente le suivi et l'entretien de la parcelle (débroussaillage, taille, élagage) pour la réussite du boisement, notamment dans ses premières années, ainsi que la résistance éprouvée des jeunes chênes-liège face aux incendies.

Dans les Maures, la multiplication végétative par rejets et drageons stimulée par les feux, le recépage ou encore le gyrobroyage aide à repeupler la subéraie, mais entraîne également l'absence d'un brassage génétique qui serait précieux pour exprimer la variabilité de la population et garantir une meilleure adaptation au changement climatique.

Malgré la perturbation élevée du sol qui déclenche une minéralisation de la matière organique (Varela et Piazzetta, 2014), Amandier (2013) suggère qu'il est préférable de se concentrer sur la plantation en plein nécessitant un travail du sol généralisé. En effet, quand le

travail du sol est localisé (repeuplement), les sujets implantés se trouvent en concurrence avec les arbres déjà en place et réclament un suivi très important. La plantation en plein peut se faire lors de reconversion de friches agricoles ou bien de l'élimination d'un peuplement préexistant en réalisant une coupe rase ou un dessouchage et par la suite une plantation de nouveaux sujets.

Le C.R.P.F. avec la collaboration de propriétaires forestiers volontaires, ont installé de nombreux essais (modalités de plantation, accessoires, etc.) pour les plantations de chênes-liège, notamment le problème de plagiotropie juvénile les affectant sur les moins bonnes stations. Il en ressort quelques solutions qui apparaissent pertinentes mais le champ d'expérimentation reste ouvert pour confirmer leur intérêt ou explorer des idées nouvelles.

3.4.5. En Tunisie (Stiti et al., 2014)

Avec l'échec des semis directs, la régénération artificielle par plantation de plants élevés en pépinière est désormais la plus employée pour réhabiliter les subéraies. Ceci nécessite la conservation des glands sains à court et moyen terme pour remédier au problème de l'irrégularité de la glandée et l'amélioration des techniques de production des plants.

Sur le plan pratique, les études ont montré que la vigueur et le taux de réussite des plants âgés de 6 mois installés sur le terrain sont significativement supérieurs à ceux âgés d'une année, ce qui réduit la nécessité de pratiquer des regarnis, et donc des coûts de plantation moindres. Il convient d'utiliser la technique d'autocernage, de planter de décembre à mars plutôt qu'en saison printanière (avril à mai) car les sujets implantés n'ont pas suffisamment de temps pour s'installer et affronter la sécheresse estivale et de préparer le sol mécaniquement.

3.4.6. En Maâmora, Maroc (El Antry et Piazzetta, 2014)

En Maâmora (Maroc), la régénération artificielle connaît des échecs dus à la sécheresse estivale et aux attaques des vers blancs qui deviennent parfois spectaculaires. Pour remédier à ces pertes, l'itinéraire technique de régénération du chêne-liège adopté consiste à :

- l'organisation et sélection des zones de collecte des glands,
- la conservation des glands,
- l'autocernage aérien des racines

- le choix et étude des sites à régénérer
- la préparation du sol à opter (labour en plein, labour en bande, potet, élément de fossé) en fonction des facteurs du milieu (topographie, nature et profondeur du sol, pluviométrie),
- la densité des plants en plaine : 1 100 à 833 pôtets /ha en sol nu et 150 plants /ha sous couvert. Tandis qu'en montagne : 625 à 833 pôtets/ha par bande et 400 à 625 plants/ha par pôtet (à la recherche),
- la période de plantation entre novembre et janvier de l'année suivante,
- la mycorhization,
- la conduite des peuplements (travaux sylvicoles et récolte de liège).

Le bilan des réalisations en matière de régénération et de reconstitution de l'écosystème au cours de la période 1990 – 2006, a atteint les 17 170 ha.

3.4.7. En Algérie (Bouhraoua et al., 2014)

Pour reconstituer la couverture forestière en Algérie, de nombreux programmes de reboisement ont été mis en œuvre par le passé, tels les Cahiers Populaires de Reboisement (C.P.R.) en 1963, le barrage vert dans les années 1970 – 1980, sans pour autant que le chêne-liège n'a été pris en compte en sa juste valeur.

Les nouveaux programmes de réhabilitation des subéraies plus le programme national de reboisement (P.N.R.) sont encourageants du point de vue source financière mobilisée pour la subéraie. Cependant Bouhraoua et al., 2014, en analysant les reboisements en chênes-liège entre contraintes écologiques et exigences techniques, expliquent les facteurs ayant contribué à l'obtention des résultats médiocres qui sont résumés comme suit :

- La multiplication des opérations de reboisement dans la même conservation et sur des surfaces importantes, ce qui a engendré des difficultés de surveillance, de suivi et gestion des périmètres reboisés par les forestiers.
 - La qualité de l'entretien en matière d'arrosage.
 - Le choix des sites à reboiser.
 - La qualité et la provenance des plants.
 - Les incendies de forêts.
 - L'absence de mise en défens et systèmes de protection des plantations.
 - La durée très courte de clôture des opérations de reboisement (24 mois) et l'absence des travaux d'entretien et de suivi.

Les auteurs concluent que la question du reboisement en chêne-liège doit être traitée dans un contexte à part (par exemple un C.P.T. spécial : les techniques d'exécution propres au chêne-liège, durée de suivi plus longue, superficies maîtrisables, etc.). Elle doit faire l'objet d'une réflexion approfondie en intégrant suffisamment la compétence scientifique et technique, capable de dégager des enseignements utiles pour réussir les futurs programmes.

3.5. Croissance des plants

La croissance est un processus par lequel les organismes vivants grandissent, à travers des transformations morphologiques et fonctionnelles, jusqu'à atteindre leur maturité

3.5.1. Croissance racinaire

La croissance des racines est un phénomène complexe qui dépend du nombre d'extrémités actives, de leur vitesse d'allongement et de leur vitesse de croissance en épaisseur. De plus, elle n'est pas continue au cours d'une année (Lemaire et al., 1989).

Riedacker (1974), cité par Lemaire et al. (1989), indique un rythme saisonnier de croissance des parties racinaires, il fait correspondre le genre *Quercus* au groupe SA (sans antagonisme) dans lequel le débourrement de la croissance aérienne ne déprime pas l'allongement du système racinaire.

Sur le plan pratique, le chêne-liège est une espèce dite pivotante, la croissance racinaire de la première année se résume souvent à la croissance du pivot. Il en résulte qu'après un an, sa longueur peut dépasser le mètre linéaire. Le cernage est pratiqué pour stopper la croissance du pivot et favoriser le développement des racines primaires et secondaires. Le cernage est, certes, une intervention pratique et économique mais il peut entraver la croissance des jeunes plants en enlevant la partie utile de son système racinaire. En conséquence, au lieu de cerner la racine, on provoque l'arrêt de sa croissance en ménageant un espace de 20 cm à la base des conteneurs sans fond pour le passage de l'air (autocernage) (C.E.M.A.G.R.E.F., 1991 in Brun, 2014).

3.5.2. Croissance rythmique (aérienne)

Chez les plantes pérennes, ligneuses en particulier, les bourgeons sont les organes-clés de l'articulation entre deux phases de végétation actives. De l'une à l'autre, les bourgeons ne

sont qu'apparemment au repos, et les phénomènes qui s'y découlent sont nombreux et concernent le développement au sens large (différenciation et croissance) (Crabbé, 1996). Ainsi, la tige s'édifie par des vagues de croissance, qui d'un point de vue morphologique se traduisent par la superposition de différents étages ainsi que par la production, au cours de chaque vague de croissance, de différents types foliaires.

Devant la multitude des espèces présentant ce mode de croissance, les spécialistes tendent à considérer que la croissance rythmique est un mode de croissance évolué, sélectionné au cours de l'évolution. Il offrirait en fait un « principe d'économie » permettant à l'arbre, végétal longévif et de grandes dimensions, d'élaborer longuement son appareil végétatif ramifié, en maximisant l'acquisition de matière et en minimisant les contraintes nées de déficiences du milieu ou de compétitions internes (Crabbé, 1993). Le rythme de croissance constituerait donc un cadre rigoureux dans lequel les diverses activités morphogénétiques de l'arbre devraient s'insérer pour produire un individu de grande taille se développant de manière équilibrée pendant de nombreuses années.

Les arrêts et reprises de croissance des bourgeons de chêne ne sont pas liés à des variations du milieu, donc présentent un caractère endogène ; la croissance rythmique endogène des arbres est caractérisée par le fait que dans un milieu permettant un développement optimum, les tiges manifestent des alternances de temps d'activité et de repos assez régulières pour qu'apparaisse une périodicité (Champagnat et al., 1986a et b).

Au cours du printemps et de l'été, la croissance du bourgeon terminal des chênes en pousses successives séparées par des périodes de repos est un caractère bien connu de leur développement, appelé communément "pousses de la Saint-Jean" en France ; en zone tempérée, la croissance par vague ou croissance polycyclique (pour les forestiers) intéresse tous les chênes étudiés jusqu'à présent, elle est très régulière (Alatou, 1990).

Ce sont les chênes pédonculés (Champagnat et al., 1986b ; Alatou et al., 1989 ; Alatou, 1990), les chênes sessiles (Champagnat et al., 1986a) et les chênes rouges (Hanson et al., 1986 et 1988 ; Dickson, 1986) qui sont les plus analysés. Les données sont moins nombreuses pour les chênes méditerranéens : le chêne vert (Lavarenne et al., 1975), le chêne afarès (Alatou et al., 1995) ; le chêne zeen (Alatou et al., 1995 ; Alatou, 1990) ; le chêne-liège (Alatou et al., 1989 ; Alatou, 1990). Sous ce climat, ce type de croissance intéresse également beaucoup d'espèces ligneuses, parmi elles : le Hêtre (Lavarenne et al., 1971) ; le

Noyer (Mauguet, 1977) et le Méléze (Owen et Molder, 1984). Sous le climat tropical, la croissance par vagues trouve sa pleine expansion (Crabbé, 1996), elle est rencontrée par exemple chez l'Hévéa (Halle et Martin, 1968) ; le Manguier (Parisot, 1985) ; le Terminalia (Maillard et al., 1987) ; etc.

Dans la nature, la croissance du chêne-liège se réalise par "flushs", le nombre de pousses observées est de deux à trois entre le mois d'avril et novembre. Au-delà, s'installe une dormance automno-hivernal ; cette croissance polycyclique est surtout fréquente chez les jeunes sujets (drageons, rejets, jeunes arbres) et tend à disparaître lorsque l'arbre devient adulte (Alatou et al., 1995).

Il a été suggéré que le défaut d'accessibilité des nutriments ou des régulateurs de croissance constituerait des limitations majeures à l'une ou l'autre des manifestations de la croissance et pourrait ainsi intervenir dans l'apparition et l'expression du rythme (Champagnat et al., 1986b ; Barnola et al., 1993). Cependant, à l'heure actuelle trop d'incertitudes subsistent quant à l'enchaînement des phénomènes conduisant à l'expression de la croissance rythmique (Rached-Kanouni, 2013).

Pour étudier le déterminisme de la croissance rythmique, le chêne-liège (*Quercus suber* L.) occupe une place importante, présentant un rythme de croissance de la tige bien marqué que l'on peut aisément obtenir en conditions contrôlées.

Placée à 25°C J.L. (16 H / 24 H), cette espèce produit une vague de croissance toutes les 5 à 6 semaines (Alatou et al., 1995 ; Alatou, 1990). L'expression temporelle correspond à une alternance de périodes d'allongement de la tige et de repos du bourgeon terminal, alors que l'expression spatiale correspond à une variation de la longueur des entre-nœuds et à un polymorphisme foliaire ou hétéroblastie (Alatou, 1990). Ces unités de morphogenèse sont édifiées selon le même auteur, de la même manière et chaque étage comporte sur un axe orthotrope des ensembles foliaires de natures différentes :

- **Ensembles foliaires à stipules écailleuses**, correspondent aux premières pièces foliaires développées sur l'axe caulinaire,
- **Ensembles foliaires à limbes assimilateurs stipulés**, sont les feuilles lobées du chêne,
 - **Ensembles foliaires à limbe avorté**, entourent le bourgeon terminal écailleux à la fin d'une vague de croissance.

Chapitre 4 : Les interactions entre les plantes et leurs bio-agresseurs

Table des matières

4.1. Définition du terme « stress de la plante ».....	105
4.2. Quelques généralités sur les interactions entre les plantes et leurs bio-agresseurs	105
4.2.1. Processus de sélection de la plante hôte par les insectes.....	106
4.3. Mécanismes de défense.....	108
4.3.1. Composés produits par la plante hôte	109
4.3.1.1. Proline	110
4.3.1.2. Sucres solubles	111

4.1. Définition du terme « stress de la plante »

Le terme “**stress**”, un mot d’origine anglaise est défini par le dictionnaire Larousse 2000, comme étant « l’ensemble des perturbations provoquées par une agression quelconque sur un organisme ». En effet, la notion de stress implique, d’une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l’animal ; et d’autre part une réaction sensible de l’individu dans les différents aspects de sa physiologie.

Ces stress sont soit de nature abiotique, se dévoilant à chaque fois qu’il y a un excès ou un déficit dans l’environnement physique (entre autres, la sécheresse, la température et les blessures) ou chimique (dont la salinité, le pH du sol et les produits chimiques), soit de nature biotique (agressions par les virus, les phytophages dont les insectes, les pathogènes, compétition). Face à ces multiples stress, la plante exprime soit la maladie soit la résistance.

4.2. Quelques généralités sur les interactions entre les plantes et leurs bio-agresseurs

Cette partie n’est pas exhaustive, elle doit juste permettre de comprendre la complexité des relations entre les plantes et les bio-agresseurs. Il existe plusieurs catégories de bio-agresseurs : Les pathogènes (virus, bactéries, champignons, etc.), les ravageurs directs (nématodes, insectes phytophages) ou les ravageurs indirects qui sont vecteurs de maladies. Les bio-agresseurs sont plus ou moins spécialisés sur des espèces végétales appelées plantes hôtes. En général, les cultures sont plus souvent la proie de ces bio-agresseurs que les plantes sauvages (Gols et al., 2008). Plusieurs raisons peuvent expliquer ce phénomène : d’une part l’accès à une ressource abondante, concentrée sur de grandes parcelles est plus facile que de trouver des plantes hôtes dispersées dans des mosaïques paysagères (Ratnadass et Deguine, 2013) ce qui favorise la survie des bio-agresseurs tout en diminuant les habitats de leurs antagonistes (prédateurs et parasitoïdes). D’autre part, la longévité des ressources végétales cultivées d’une année sur l’autre, du fait de la diminution de la rotation des cultures ou parce que c’est une culture pérenne, est favorable à l’installation durable des bio-agresseurs.

A partir du milieu du 20^{ème} siècle, la lutte contre les bio-agresseurs a majoritairement reposé sur l’utilisation de pesticides de synthèse à large spectre d’action, mais les effets secondaires de ces produits sur les écosystèmes cultivés ont également été mis en évidence,

notamment leur impact négatif sur les auxiliaires de cultures (Hardin et al., 1995). Depuis, des stratégies de lutte plus respectueuses de l'environnement sont recherchées. La modification de l'environnement parcellaire (augmentation de la diversité des cultures, mélanges variétaux, etc.) peut impacter le cortège de bio-agresseurs directement en étant défavorable aux ravageurs ou indirectement en favorisant l'installation d'auxiliaires. De même, le recours à la lutte biologique basée sur l'utilisation des ennemis naturels des cultures (Letourneau et al., 2009) et visant à rétablir les équilibres trophiques par la stimulation des défenses naturelles des plantes est en plein essor. Autant de domaines qui nécessitent au préalable de bien connaître les interactions entre les plantes hôtes et leur cortège de bio-agresseurs.

4.2.1. Processus de sélection de la plante hôte par les insectes

Les interactions plante/bio-agresseurs dépendent à la fois de facteurs biotiques (ressources alimentaires, cycle de vie de l'espèce de bio-agresseur, sensibilité des variétés végétales utilisées, hétérogénéité des populations et des phénotypes) et de facteurs abiotiques (conditions climatiques, sol, topographie). Les critères de choix par l'insecte de la plante hôte dépendent de l'espèce déprédatrice, de son mode de vie et de sa stratégie reproductrice globale. Les plantes hôtes peuvent par exemple servir de sites d'accouplement, de site de ponte, de refuge ou de nutrition (Thiéry et al., 2013a).

Si certains bio-agresseurs spécialistes monophages sont inféodés à une seule espèce de plante hôte, d'autres, les oligophages, le sont vis à vis d'espèces de plantes de différents genres mais appartenant à la même famille végétale. Enfin, les généralistes polyphages s'alimentent sur des plantes hôtes de différentes familles végétales (Schoonhoven et al., 1998 ; Bernays et Chapman, 1994). Les insectes généralistes peuvent davantage s'adapter aux systèmes culturels variables dans le temps (Kennedy et Storer, 2000). Mais compte tenu de nos systèmes de production spécialisés par région, de la faible variété d'espèces cultivées annuelles ou pérennes, environ 75 % des insectes phytophages sont des spécialistes (Bernays et Chapman, 1994). Pour survivre, leur cycle de vie doit être en phase avec celui de leurs plantes hôtes afin de pouvoir bénéficier au mieux de l'abondance de la ressource que ce soit pour s'alimenter ou assurer la survie de sa descendance. En outre, du fait de leur coévolution avec la plante hôte (Ferreira et al., 2007), les spécialistes parviennent mieux à contourner les défenses de la plante en s'adaptant notamment aux molécules secondaires de défense ou toxines qu'elle produit (Gols et al., 2008 ; Moreau et Thiéry, 2013).

Les bio-agresseurs qui peuvent maîtriser leurs déplacements, peuvent d'avantage localiser et choisir leur plante hôte que ceux dont la distance de déplacement est faible ou plus aléatoire. Pour les insectes phytophages, la localisation de la plante hôte s'effectue en premier lieu à distance en fonction de caractéristiques olfactives et visuelles, puis la sélection de l'organe de l'hôte est confirmée en fonction de caractéristiques tactiles de mécano réception et de gustation au contact de la plante (Fig. 4.1) (Maher, 2002). Il peut y avoir des interactions entre les stimuli visuels et olfactifs pour trouver plus aisément la plante hôte (Todd et al., 1990).

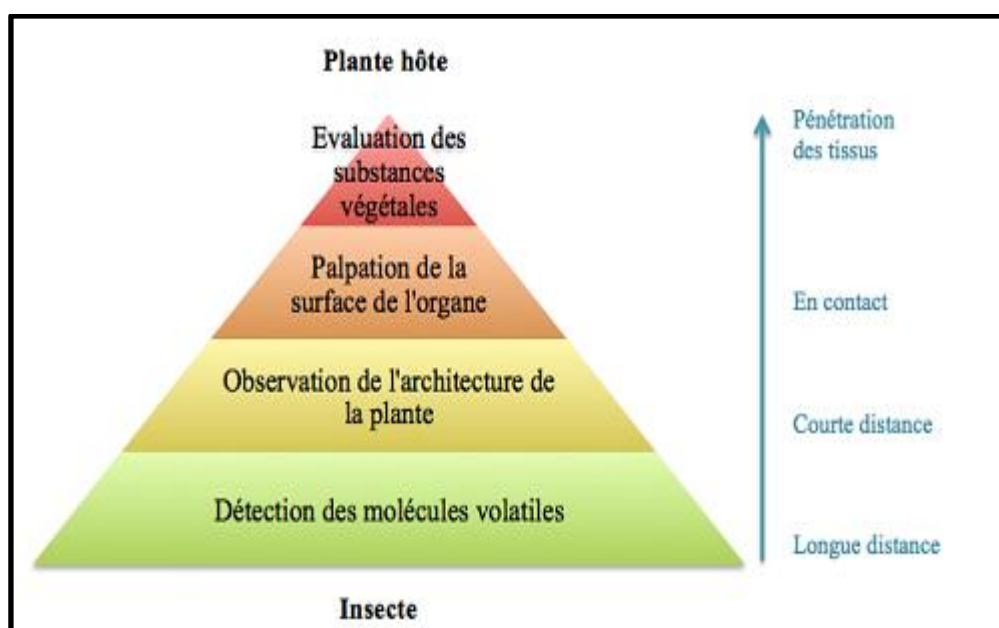


Figure 4.1: Principaux critères de sélection de la plante hôte par les insectes en fonction de la distance (Anatole-Monnier, 2014)

En fonction des caractéristiques perçues, l'insecte détermine la nature de la plante et si celle-ci sera propice à sa nutrition ou à son développement (Dethier, 1982 ; Miller et Strickler, 1984 ; Renwick et Huang, 1994), ou au développement de sa progéniture. Si les généralistes sont plutôt attirés par des plantes présentant peu de stimuli négatifs (barrières physiques, composés répulsifs, toxines), la présence de caractéristiques spécifiques de la plante hôte notamment les composés volatils sont indispensables aux spécialistes pour formaliser leur choix (Bernays et Chapman, 1994, Schoonhoven et al., 1998, Städler, 2002).

Les capacités de sélection des plantes hôtes par les insectes sont intimement liées aux capacités sensorielles des insectes considérés, de la performance des modalités sensorielles

dont ils disposent, mais aussi des registres comportementaux qu'ils peuvent élaborer, du stade de développement de l'insecte et de son sexe (Anatole-Monnier, 2014). Une autre composante clé de la spécificité est la durée de vie, qui lorsqu'elle est élevée permet d'accumuler les expériences et donc d'améliorer les performances sélectives.

Les critères de choix des insectes reposent principalement sur les métabolites produits par la plante et de leur facilité d'accès via les caractéristiques physiques de l'espèce végétale, et donc dépendent d'une part du stade phénologique, du génotype de la plante et d'autre part de facteurs édaphiques via son alimentation (Anatole-Monnier, 2014).

4.3. Mécanismes de défense

La plante vit de façon continue en interaction avec les différents composants de son milieu naturel. En plus du biotope n'offrant pas toujours des conditions favorables pour le développement de la plante, elle subit encore les attaques par différents organismes. Dans cette situation naturelle, la plante est obligée de faire face à différents **stress abiotiques** (notamment la sécheresse, les blessures, les variations de température et de lumière) ou **biotiques** (attaques par des agents pathogènes tels que les virus, bactéries, champignons et des ravageurs tels que les nématodes et les insectes).

Les connaissances sur les relations herbivore-plante restent faibles par rapport aux connaissances plante-pathogène. La survie des insectes herbivores dépend strictement de la réponse des plantes à leurs attaques. Pour y faire face, le végétal possède plusieurs types de barrières, physiques ou chimiques. Plus une plante est capable de mettre en place des mécanismes de défense rapides et appropriés, moins le stress aura des conséquences sur sa santé (Rémus-Borel, 2007).

L'adaptation à chacun de ces stress présente un coût énergétique élevé, c'est pourquoi, la plante investira plus ou moins pour répondre à un stress en fonction de la gravité des dommages occasionnés ou de leur fréquence (Stamp, 2003 ; Kelly et Hanley, 2005 ; Behmer et al., 2002 cité par Alonso et al., 2009). Les stratégies des plantes vis à vis des bio-agresseurs varient en fonction des espèces végétales. On distingue la stratégie de défense et la stratégie d'échappement.

Les plantes ayant **une stratégie d'échappement**, retardent leur cycle biologique, facilitent la dispersion des graines dans l'espace, ont une croissance rapide, des feuilles plus

riches en nutriments, une défense chimique inexistante ou inefficace et cherchent davantage à compenser les pertes importantes (jusqu'à 60% sur feuilles) dues aux bio-agresseurs (Kursar et Coley, 2003) par la production de nouvelles feuilles (Peeters, 2002).

Tandis que les plantes ayant **une stratégie de défense**, ont une croissance lente ou des feuilles persistantes et investissent davantage dans des systèmes de défense physiques et chimiques. Les **réponses de défense de la plante** peuvent être **constitutives** (défenses passives) et **inductives** (défenses actives), elles forment le concept de **la résistance de la plante** (Ziadi, 2001). Les réponses constitutives telles que les barrières physiques et chimiques, sont présentes à tout moment du développement de la plante et permettent de contrer la pénétration et le développement des bio-agresseurs ; les réponses inductives regroupent quant à elles, un ensemble de défenses induites par la présence d'un bio-agresseur et nécessitent la synthèse de nouveaux composés (Rémus-Borel, 2007). Une représentation schématique des réponses de la plante aux stress biotiques et abiotiques est illustrée par la figure 4.2.

L'analyse des mécanismes de réponse de la plante a permis d'identifier trois étapes clés : 1) **perception du signal** ; 2) **transduction** intracellulaire et intercellulaire du signal ; 3) initiation des **réactions de défense** de la plante (Ziadi, 2001). En effet, un stress est reconnu par une plante, quand il est perçu au niveau cellulaire puis transmis à la plante entière. Pour assurer sa survie face aux stress biotiques, la plante met en place différentes stratégies de défense. Suivant la biologie du parasite et la nature du parasitisme, elle adaptera ses réponses par une rationalisation fine de ses mécanismes de défense.

4.3.1. Composés produits par la plante hôte

D'une manière générale, la résistance correspond à la rapidité de la réponse de la plante face à un stress (Rémus-Borel, 2007). Le plus souvent, les résistances sont soit à la fois totales, spécifiques et à déterminisme monogénique ou partielles ; soit non spécifiques et à déterminisme polygénique (Gravot, 2009). Pour se défendre, de nombreux changements se produisent au niveau du métabolisme des tissus des plantes lors de l'attaque d'un bio-agresseur (Rémus-Borel, 2007).

Les osmolytes ou osmoprotecteurs, sont de petites molécules non chargées, de pH neutre, hydrophiles et non toxiques, leurs structures chimiques présentent des affinités pour les groupements carbonés des protéines ; ils sont qualifiés de compatibles, car ils ne

perturbent pas les interactions entre les macromolécules et le solvant (Meloni et al, 2004 ; Calu, 2006). Parmi les osmolytes, on trouve des acides aminés comme la proline, les ammoniums quaternaires comme la glycine-bétaine et les carbohydrates comme le tréhalose (Calu, 2006).

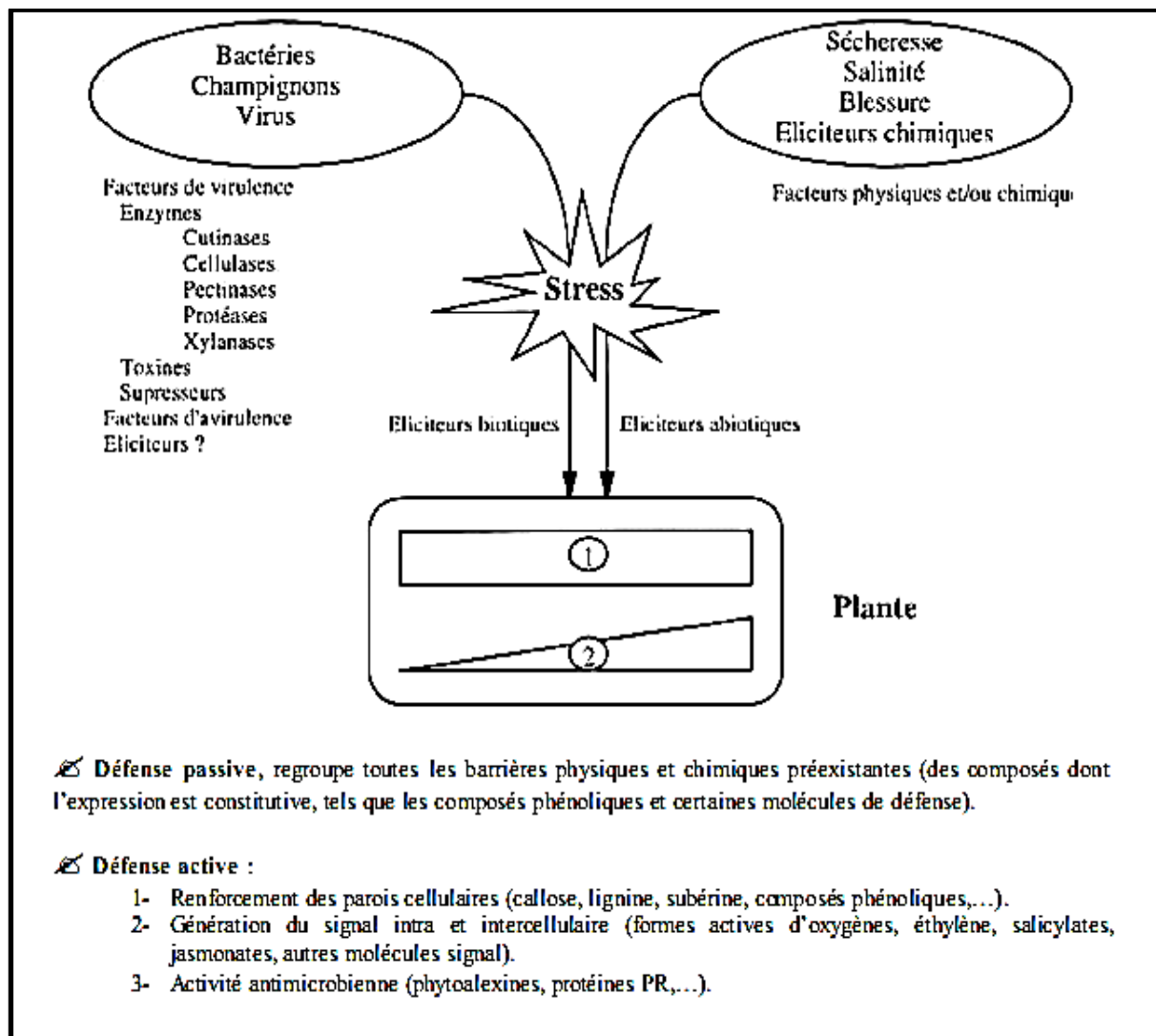


Figure 4.2 : Représentation schématique des réponses de défense de la plante aux différents stress biotiques et abiotiques (Ziadi, 2001)

4.3.1.1. Proline

Outre son rôle dans le métabolisme primaire en tant que constituant des protéines, la proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées (stress salins, hydriques, thermiques, métallique, etc.) et joue un rôle important dans la tolérance des plantes. Son accumulation a été démontrée

chez de nombreuses espèces (Tahri et al., 1998 ; Leprince et al., 1993 ; Thiery et al., 2013a ; Gleeson et al., 2005 ; Mazher et al., 2007 ; Rached-Kanouni et al., 2012 ; Rached-Kanouni, 2013).

Elle agit comme un médiateur de l'ajustement osmotique sous le stress salin, un stabilisateur des structures subcellulaires, un puits d'énergie et même une contrainte connexe de signal ; elle participe dans l'osmorégulation de la cellule et de la protection des protéines au cours de la déshydratation et peut agir comme un régulateur enzymatique en condition de stress (Rontain et al., 2002). La proline, localisée principalement dans le cytoplasme, agirait comme un cryoprotectant durant l'exposition de la plante à des températures gélives (Galiba, 1994).

Bien que des travaux tendent à démontrer un lien de cause à effet entre l'accumulation de la proline et la tolérance au froid, d'autres résultats suggèrent que l'augmentation des concentrations de la proline est davantage une conséquence du stress qu'un mécanisme d'adaptation (Delauney et Verma, 1993 ; Hare et Cress, 1997). Par exemple, Wanner et Junttila (1999 in Nanjo et al., 2003), ont récemment démontré qu'une augmentation de la tolérance a été enregistrée chez *Arabidopsis* avant même l'accumulation de la proline, ce qui suggère un rôle secondaire de cet acide aminé dans l'endurcissement au froid.

4.3.1.2. Sucres solubles

De nombreuses recherches montrent que l'acclimatation des arbres au froid, qui commence à l'automne, est concomitante avec une augmentation de la concentration des sucres dans les cellules. Par exemple, des peupliers cultivés en pot et préalablement acclimatés sont capables, sans doute en partie grâce à l'accumulation de sucres, de résister à des températures allant jusqu'à -196°C (Sakai et Larcher, 1997).

Le rôle des sucres dans la tolérance au gel est toutefois resté longuement controversé. Il restait en effet à savoir si l'augmentation des teneurs en sucres est un effet ou une cause de la tolérance au froid. Pour répondre à cette question, Uemura et Steponkus (1997) ont incubé des plantules d'*Arabidopsis* dans une solution de saccharose à 400 mM. Des protoplastes issus de ces plantules présentaient une tolérance au gel identique à celle de plantules acclimatées de manière classique.

Les sucres accumulés pendant le stress vont probablement être utilisés dans la croissance après la levée de cette contrainte (Kameli et Losel, 1995).

Teulieres et al. (2007) et Teulieres et Marque (2009), ont réalisé des cultures cellulaires de feuilles d'*Eucalyptus* qui peuvent être acclimatées au froid. Dans un premier temps, grâce à ce système, Leborgne et al. (1995b) ont montré une corrélation positive entre le contenu en sucres de ces cellules et leur tolérance au froid après acclimatation, ainsi qu'une amélioration de cette tolérance lors d'un ajout exogène de sucres dans la culture.

Ces observations suggèrent donc que l'accumulation de sucres pendant la phase d'acclimatation au froid pourrait être un mécanisme efficace de résistance au gel. Cette hypothèse a été confirmée par les travaux de Travert et al. (1997) comparant la résistance au gel de cellules en culture issues de deux génotypes d'*Eucalyptus* hybrides : *Eucalyptus gunnii* / *Eucalyptus globulus* qui résiste mieux au gel et *Eucalyptus cypellocarpa* / *Eucalyptus globulus* qui est sensible au gel. Ces auteurs montrent que les cellules du génotype résistant accumulent plus de sucres, notamment du saccharose et du fructose, que les cellules du génotype sensible.

Chapitre 5 : Présentation du milieu d'étude

Table des matières

5.1. Choix de la zone d'étude	113
5.2. Présentation géographique et administrative	113
5.3. Orographie et réseau Hydrographique	114
5.4. Géologie.....	117
5.5. Pédologie	118
5.6. Climat.....	119
5.6.1. Introduction	119
5.6.2. Choix des stations météorologiques	120
5.6.3. Facteurs climatiques	121
5.6.3.1. Précipitations.....	121
5.6.3.1.1. Répartition annuelle des précipitations	122
5.6.3.1.2. Répartition moyenne mensuelle des précipitations.....	123
5.6.3.1.3. Régime saisonnier des précipitations	124
5.6.3.2. Températures	125
5.6.3.2.1. Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)	125
5.6.3.2.2. Moyenne des minima du mois le plus froid (m°C)	126
5.6.3.2.3. Moyenne des maxima du mois le plus chaud (M°C).....	126
5.6.3.3. Autres facteurs	127
5.6.3.3.1. Le vent	127
5.6.3.3.2. L'humidité.....	127
5.6.3.3.3. La neige.....	127
5.6.3.3.4. La gelée	127
5.6.4. Synthèse climatique	127
5.6.4.1. Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité	128
5.6.4.2. Indice de sécheresse estivale (Ie).....	128
5.6.4.3. Etage de végétation ou zonation altitudinale.....	129
5.6.4.4. Indice de De Martone	129
5.6.4.5. Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson.....	131
5.6.4.6. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	131
5.7. Description forestière.....	134
5.7.1. La forêt de Hafir	134
5.7.2. La forêt de Zariéffet.....	137
5.8. Production subéricole	138
5.8.1. La subéraie de Hafir.....	139
5.8.2. La subéraie de Zariéffet	140
5.9. Incendies	142

5.1. Choix de la zone d'étude

Malgré la présence des plus beaux et grands massifs subéricoles à l'Est de l'Algérie, nous avons choisi la région Ouest du pays, parce qu'elle répond au mieux à l'emplacement géographique de notre région de travail (université de Tlemcen). En soi, il fait suite aux études sanitaires de quelques subéraies de l'Ouest algérien (Bouchaour-Djabeur, 2001 ; Bouhraoua et al., 2002 ; Bouhraoua, 2003, Dehane, 2006 ; Bouchachia, 2010 et Dahane, 2012). Dans ce contexte, nous avons retenu deux forêts représentatives des conditions de développement du chêne-liège : les forêts domaniales de Zariéffèt et Hafir, d'une part parce qu'elles forment le seul massif continu dans la région orano-algérienne malgré leur faible contenance et leur isolement géographique des autres subéraies les mieux dotées au point de vue climatique, et d'autre part, parce qu'elles ne constituent actuellement que des peuplements reliques et isolés qui étaient beaucoup plus importants à une époque antérieure et « offrant une meilleure qualité de liège » selon Boudy (1955).

Ces peuplements sont intéressants du point de vue de la diversité génétique de l'espèce, car ils présentent des caractéristiques particulières et des combinaisons génétiques différentes qui les distinguent du reste de peuplement (Eriksson, 1995 ; Lesica et Allendorf, 1995 ; Varela et Eriksson, 1995). Cependant, ces traits sont en même temps la cause de la vulnérabilité de ces formations au dysfonctionnement naturel et aux agressions de l'homme et de son troupeau. La subéraie dans ce cas, est très hétérogène et fragmentaire et le risque de perte des ressources est plus élevé que dans les zones où le chêne-liège forme des bois étendus et continus (Letreuch-Belarouci, 2010).

5.2. Présentation géographique et administrative

Appartenant au « Tell Oranais », les forêts domaniales de Hafir et Zariéffèt, forment un massif continu d'environ 12 000 ha (C.O.I.T., 1883 et C.O.I.T., 1900) que des considérations d'ordre administratif ont fait diviser en deux unités de gestion distinctes (Sauvagnac, 1956). Elles sont situées au Sud-Ouest de la ville de Tlemcen, à 15 km pour la première forêt et 5 km pour la seconde. Les coordonnées géographiques sont indiquées dans le tableau 5.1.

Tableau 5.1 : Coordonnées géographiques des forêts d'étude

Forêts	X (km)	Y (km)	Distance de la mer (km)	Carte d'État-major
Hafir	x ₁ = 105 km x ₂ = 127 km	y ₁ = 163,6 km y ₂ = 178 km	60	Terny, type 1922, feuilles n° 299 et 300
Zarieffet	x ₁ = 123,3 km, x ₂ = 129,8 km	y ₁ = 177 km y ₂ = 180,5 km	50	

La forêt de Hafir couvre une superficie de 10157 ha (communes de Sebra et Ain Ghraba), divisée en 24 cantons et relève des circonscriptions des forêts de Tlemcen (623 ha), Maghnia (7 586 ha) et Sebdou (1 750 ha). Une petite partie est intégrée au parc national de Tlemcen (1653 ha) (B.N.E.D.E.R., 1979b ; C.O.I.T., 1977).

Celle de Zarieffet n'en est qu'un prolongement vers l'Est (communes de Béni Mester, Terny et Mansourah), d'une contenance de 931 ha, divisée elle aussi en 4 cantons et relève de la circonscription des forêts de Tlemcen et du parc national de Tlemcen. Les plus grandes dimensions de ce boisement sont de 22 km d'est en ouest et 13 km du nord au sud. (C.O.I.T., 1977 ; Sauvagnac, 1956 ; B.N.E.D.E.R., 1979b). Différentes délimitations territoriales peuvent être repérées : elles sont limitées au Nord par Beni Mester et Mansourah, au Sud par Ain Ghraba et les crêtes de Béni Bahdel, à l'Est par Terny et à l'Ouest par Sebra et Bouhlou (Fig. 5.1).

5.3. Orographie et réseau Hydrographique

La forêt est bien définie par son milieu dont les constituants élémentaires sont la géologie, le sol, le relief, le climat, et bien évidemment la végétation qui en est la finalité et la mise au point de tout cet écosystème.

L'ensemble, qui occupe les crêtes et s'étend sur 32 km d'est en ouest et 13 km du nord au sud (Sauvagnac, 1956), a une orientation topographique franchement tournée vers le Nord-ouest (Bricheteau, 1954).

La Meseta oranaise est une véritable région de Causses appartenant aux Hauts Plateaux par son relief, et au Tell par son climat (Boudy, 1955). Dépendant de ce sous-secteur, le massif Hafir-Zarieffet, qui occupe les crêtes et s'étend sur 32 km d'est en ouest et 13 km du nord au sud (Sauvagnac, 1956), a une orientation topographique franchement tournée vers le Nord-ouest (Bricheteau, 1954).

La Meseta oranaise est une véritable région de Causses appartenant aux Hauts Plateaux par son relief, et au Tell par son climat (Boudy, 1955). Dépendant de ce sous-secteur, le massif Hafir-Zarieffet, qui occupe les crêtes et s'étend sur 32 km d'est en ouest et 13 km du nord au sud (Sauvagnac, 1956), a une orientation topographique franchement tournée vers le Nord-ouest (Bricheteau, 1954). Il est caractérisé par un relief très accidenté, dont les pentes dominantes oscillent entre 12 et 50 % et couvrent plus de la moitié de la superficie ; les pentes faibles (<3 %) et abruptes (>50 %) sont par contre moins fréquentes, imprimant ainsi toutes les expositions et favorisant l'action de l'érosion. Les terrains nus et rocailloux se trouvent sur les sommets et les lignes de crêtes et occupent une faible superficie (Bouchaour-Djabeur, 2001).

Tenant compte de ses hauts djebels, des formations géologiques grandement fissurées, et des précipitations plus ou moins abondantes, Thintoin (1948), rattache les Monts de Tlemcen sur le plan structural, aux hauts plateaux, leur affecte le nom de « Causses de Tlemcen » ou fausses chaînes et les inclut dans l'Atlas tabulaire. L'altitude du massif varie de 700 m au canton Tebount à 1 418 m à Djebel Koudiat près de la maison forestière de Hafir. A Zarieffet, elle est de 1 000 à 1 200 m (C.O.I.T., 1883 ; Sauvagnac, 1956). Il est profondément pénétré par des vallées cultivées ou partiellement boisées n'appartenant pas au domaine de l'état.

Constituant un ensemble des plus élevés de la Meseta oranaise, et malgré les obstacles topographiques (l'Atlas du Maroc), la quantité de précipitations qui arrive y est quand même appréciable, formant un authentique réservoir d'eau pour la ville de Tlemcen et ses voisins. Le réseau hydrographique est relativement dense, il est constitué de plusieurs oueds et d'un ensemble de petits ruisseaux : Oued Tlet (4 250 m) et Oued Talouanes (1 500 m) à Hafir et Oued Zarieffet (3 000 m) à Zarieffet, ils se déversent dans l'Oued Tafna. Il existe 6 sources à Zarieffet et plus de 50 à Hafir, au débit assez régulier, une vingtaine d'entre elles ont un débit moyen de 30 à 40 litre par minute, les autres, plus faibles (C.O.I.T., 1883 ; Sauvagnac, 1956). Actuellement la plupart de ces cours d'eau au régime hydrique irrégulier et temporaire, se traduit par de véritables écoulements torrentiels en saison pluvieuse et s'assèchent en été.

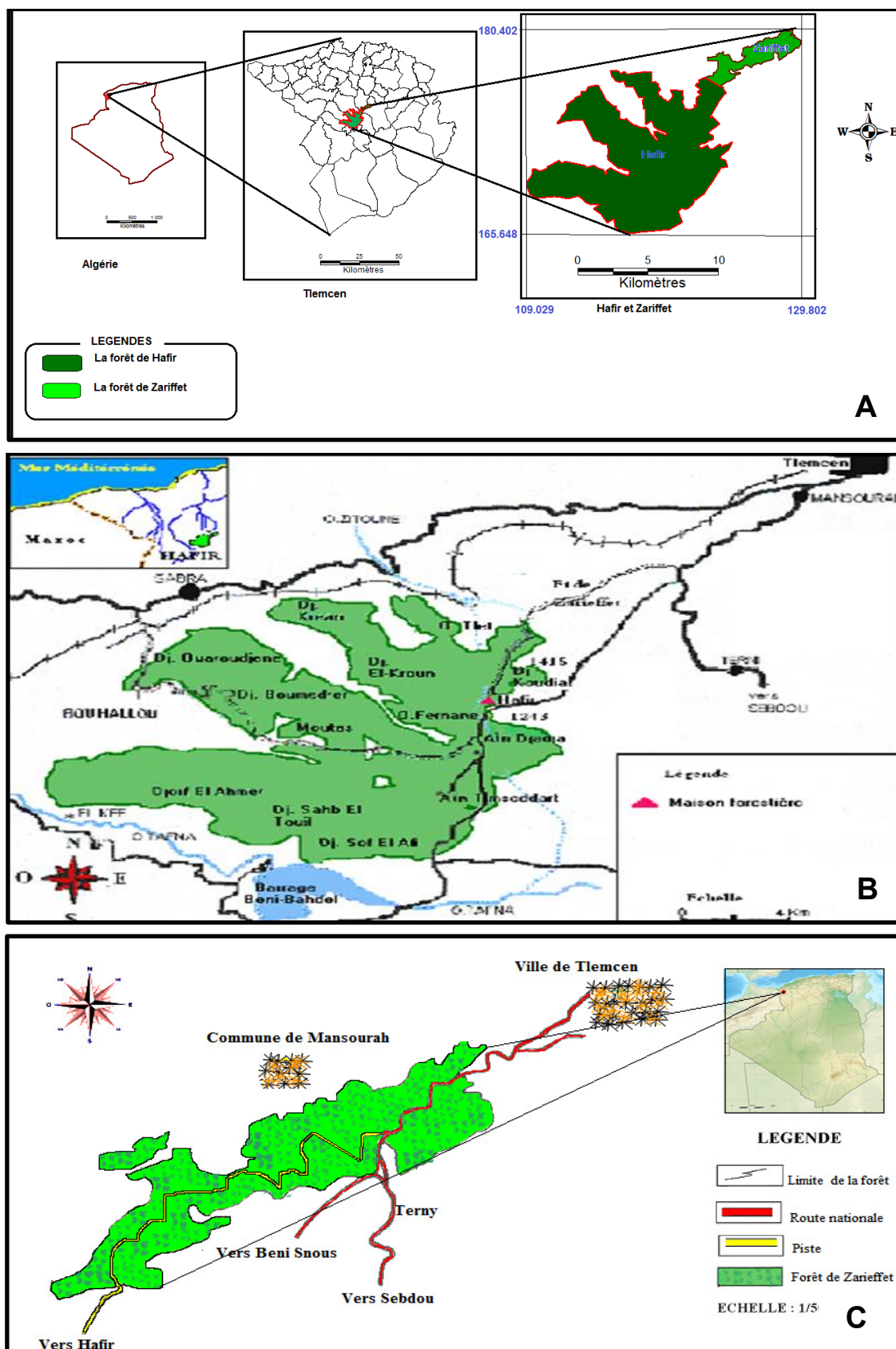
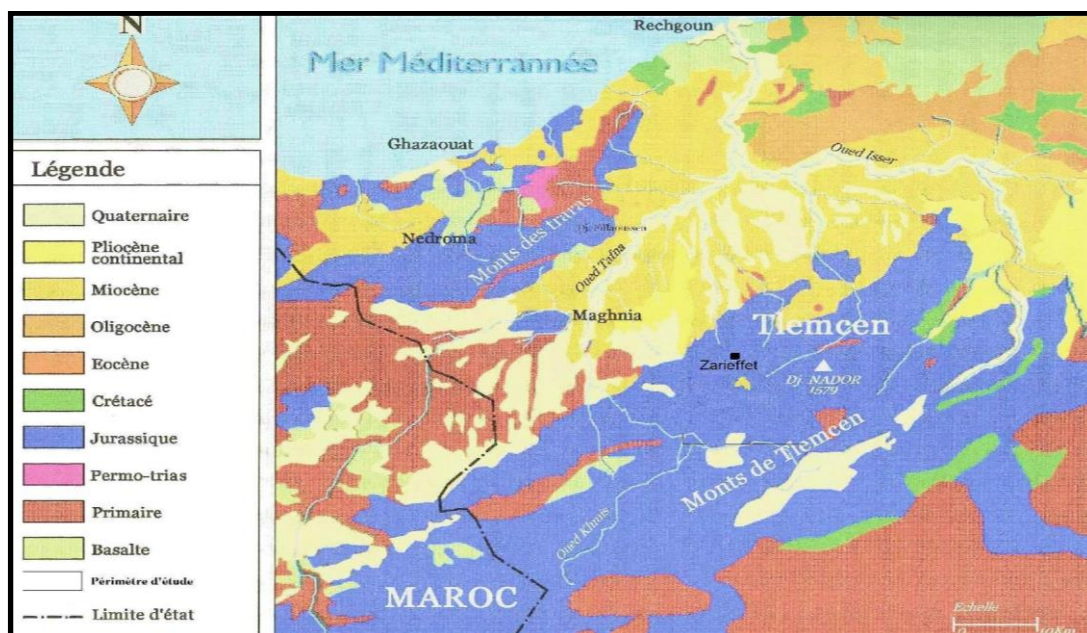


Figure 5.1 : Situation géographique du massif forestier Hafir-Zariffet
 (A) : Original ; (B) et (C) : Sauvagnac, 1956 modifiées par Dehane, 2012

5.4. Géologie

Le substratum géologique conditionne énormément le façonnement et la diversification de la couverture pédologique. La géologie des monts de Tlemcen a été largement décrites dans les travaux de plusieurs auteurs (Thintoin, 1948, Boudy, 1950 ; 1955 ; Bricheteau, 1954 ; Sauvagnac, 1956 ; Elmi, 1970 ; Gaouar, 1980 ; Benest, 1985 ; Benest et Bensalah, 1995 ; Bensid, 1986) et pareillement dans les archives forestières (C.O.I.T., 1883 ; C.O.I.T., 1900). Ils se sont formés à partir de plusieurs types de roches mères d'âges différents. Le crétacé inférieur très localisé dans la partie est de la région sur les affleurements, formée d'un ensemble de couches marno-calcaires alternées de couches gréseuses. Et la majeure partie faite du jurassique supérieur à plissement tertiaire et sur laquelle repose en général le massif de Hafir-Zarieffet.

On signale par exemple les grés séquaniens (grés de Boumediene qui se présentent en bancs puissants de couleur blanc roussâtre ou grise, plus ferrugineux en surface et dépourvus de calcaire) et les alluvions quaternaires, les calcaires de Zarieffet qui correspondent aux calcaires bleus à «géodes» de Doumergue, les dolomies du Kimméridgien (de couleur grise et très compactes) et du Portlandien. Les peuplements de chêne-liège reposent sur des formations gréseuses, des sables de décomposition ou des accumulations de produits de décalcification (Fig. 5.2).



5.5. Pédologie

Après la lumière du soleil, l'air et l'eau, le sol est le quatrième élément indispensable à toute vie végétale, et sert de support à toute vie animale et humaine. Il constitue pour la plante un support, une réserve d'eau, d'air et d'éléments nutritifs (Greco, 1966). N'ayant pas comme objectif une étude pédologique exhaustive, nous nous sommes contentés de donner sommairement les paramètres pédologiques des principaux types de sols susceptibles de conditionner l'écologie des formations végétales couvrant les forêts d'étude.

Malgré les nombreuses sorties effectuées sur le terrain, nous ne pouvons assigner ou donner des éléments fondamentaux nouveaux, parce que la dégradation de nos écosystèmes forestiers ne connaît pas de limites.

Les monts de Tlemcen sont remarquablement définis par une variété de sols allant de la roche mère nue à des sols bruns forestiers de divers types suivant la nature de la roche mère, le bioclimat, le type de végétation et l'activité pédogénétique. Les sols du massif Hafir-Zarieffet sont en général humides, moyennement profonds à profonds et meubles, par endroit, superficiels (moins de 30 cm de profondeur), secs et rocailleux ou rocheux sur les crêtes.

D'après nos observations et analyses faites au niveau du laboratoire des travaux publics de l'Ouest (L.T.P.O.), corroborées avec les résultats de Gaouar (1980 ; 1998) ; Benest (1985) ; Bensid (1986) ; Kazi-Tani, (1996) ; Aïnad-Tabet, (1996) ; Kaïd-Slimane (2000) et les archives forestières (C.O.I.T., 1883 ; C.O.I.T., 1969c), le massif est caractérisé par :

➤ des sols bruns fersiallitiques lessivés, sur substrat gréseux, profonds (190 cm) et une grande différenciation des horizons. Du haut vers le bas, on relève une texture de plus en plus fine, limono-sableuse à argileuse, ainsi le taux d'argile granulométrique augmente de haut en bas et témoigne d'un lessivage vertical. La structure est grumeleuse à sub-polyédrique, le pH légèrement acide (pH = 6,1). Le rapport AH / AF étant faible en Ah (0,43), signifie que l'humus est de mauvaise qualité dans l'horizon de surface. Par contre on rencontre un dépôt de la bonne matière organique (AH / AF = 1,11). Dans les horizons inférieurs, on note des signes d'hydromorphie sous forme de taches tantôt rougeâtres, tantôt grisâtres.

- Des sols fersiallitiques rouges, lourds, très pauvres en réserves d'eau mais riches en bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} et K^+).
- Des sols fersiallitiques à caractère vertique riche en argiles gonflantes et plus lourds que les sols fersiallitiques rouges, possédant une très bonne teneur en eau.
- Des sols fersiallitiques rouges et mosaïque dolomie/sol, le plus souvent peu profonds et où affleure la roche dolomitique
- Enfin des sols alluviaux qui, à leur tour sont favorisés par un type de relief bien déterminé (alluvions anciennes et récentes des parties basses des vallées, des cuvettes des plateaux et des abords des cours d'eau).

Synthèse pédologique

De la nature du substrat géologique dépendent une série de propriétés physiques et chimiques du sol : profondeur, perméabilité, richesse en bases, etc. Le caractère du sol est dominé par la perméabilité des sables. La structure grumeleuse, la texture légère limono-sableuse en surface à argileuse en profondeur, permettant à l'eau de s'infiltrer peu à peu et constitue une réserve d'eau précieuse. Le pH légèrement acide caractérisant les sols siliceux et gréseux et favorise timidement une pédogénèse. Le taux de matière organique est bon à moyen. Les endroits où la profondeur du sol fait défaut (H_2), on a une modification de l'humidité et de la température de la partie superficielle. Cependant, si le chêne-liège trouve les moindres fissures, il s'infiltrer entre ces dernières pour puiser les éléments nutritifs.

5.6. Climat

5.6.1. Introduction

Le climat, primordialement ensemble de circonstances atmosphériques et météorologiques propres à une région donnée, stipule non seulement l'existence ou non de la forêt en agissant sur le développement des végétaux, la formation et l'évolution du sol, mais également sur la manifestation et le comportement des parasites.

Les contrastes climatiques de l'Oranie ont attiré depuis longtemps les chercheurs et les climatologues que ce soit dans un cadre méditerranéen ou purement locale, nous citons en particulier : Seltzer (1946) ; Emberger (1930 ; 1971) et plus récemment : Quezel (1976) ; Le

Houerou et al. (1977); Daget (1980) ; Alcaraz (1982) ; Djebaili (1984) ; Medail et Quézel (1997) ; Benabadji et Bouazza (2000). Tous ces travaux cités se rangent devant deux spécificités naturelles de la région oranaise :

➤ Les perturbations climatiques se manifestent lorsque l'anticyclone des Açores occupe une position méridionale. Elles ne donnent fréquemment que des pluies médiocres pour trois raisons. Tout d'abord ce sont des perturbations lointaines qui ont traversé l'océan Atlantique où les contrastes thermiques sont atténués du fait du réchauffement de l'air polaire. Elles sont d'autre part bloquées pendant un certain temps par la dorsale montagneuse du Moyen Atlas et du Rif marocains. Enfin il existe parfois en altitude au-dessus du Maroc et de l'Espagne, une crête chaude à courbure anticyclone qui freine les mouvements ascendants.

➤ Le mode de végétation est donc conditionné par la sécheresse. Cette dernière peut s'étaler assez longtemps dans le temps pouvant faire souffrir les formations végétales et générer le déclenchement des incendies qui sont le coup mortel pour ces végétaux.

5.6.2. Choix des stations météorologiques

Le choix d'une période de référence représentative d'une longue série d'observations est très délicat, vue la grande variabilité interannuelle des pluies au niveau des stations et surtout le manque d'observations continues sur une période assez longue. Nous avons choisi les stations météorologiques les plus proches de la zone étudiée dans un souci de bien cerner les influences climatiques zonales sur les conditions locales. Les caractéristiques de ces stations de référence et les périodes d'observation sont mentionnées dans le tableau 5.2.

Tableau 5.2 : Caractéristiques des stations de référence et périodes d'observation

Forêt	Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Situation	Distance à la forêt	Période d'observation
Hafir	Maison forestière	01° 26'W	34° 47'N	1270	Tlemcen	Dans la forêt	P (1914-1938) T (1914-1938) P (1975-2008) T (1975-2008)
Hafir	Mefrouche	1° 16'W	34°5 1'N	1100	Barrage	12 km	P (1914-1938) T (1914-1938) P (1975-2008) T (1975-2008)
Zarieffet	Mefrouche	1° 16'W	34°5 1'N	1100	Barrage	2 km	P (1914-1938) T (1914-1938) P (1975-2008) T (1975-2008)

Nous signalons que les données climatiques des précipitations annuelles utilisées (A.N.R.H., 2009) concernent la période allant de 1962 à 2008 pour Hafir et de 1961 à 2008 pour Zariéffet. Les autres données couvrent une période ancienne s'étalant sur 24 ans (1914 - 1938) (Seltzer, 1946) et une autre récente de 33 ans (1975 - 2008) (A.N.R.H., 2009).

5.6.3. Facteurs climatiques

5.6.3.1. Précipitations

Les paramètres climatiques varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition (Kadik, 1987). Le massif forestier Hafir-Zariéffet appartient aux monts de Tlemcen qui sont généralement influencés par un climat typiquement méditerranéen, caractérisé par deux saisons bien différenciées ; l'une estivale longue et sèche, à fort ensoleillement et à température élevée, l'autre hivernale peu froide et humide à précipitations parfois violentes et de courtes durées (Bouchaour-Djabeur, 2001) (Fig. 5.3).

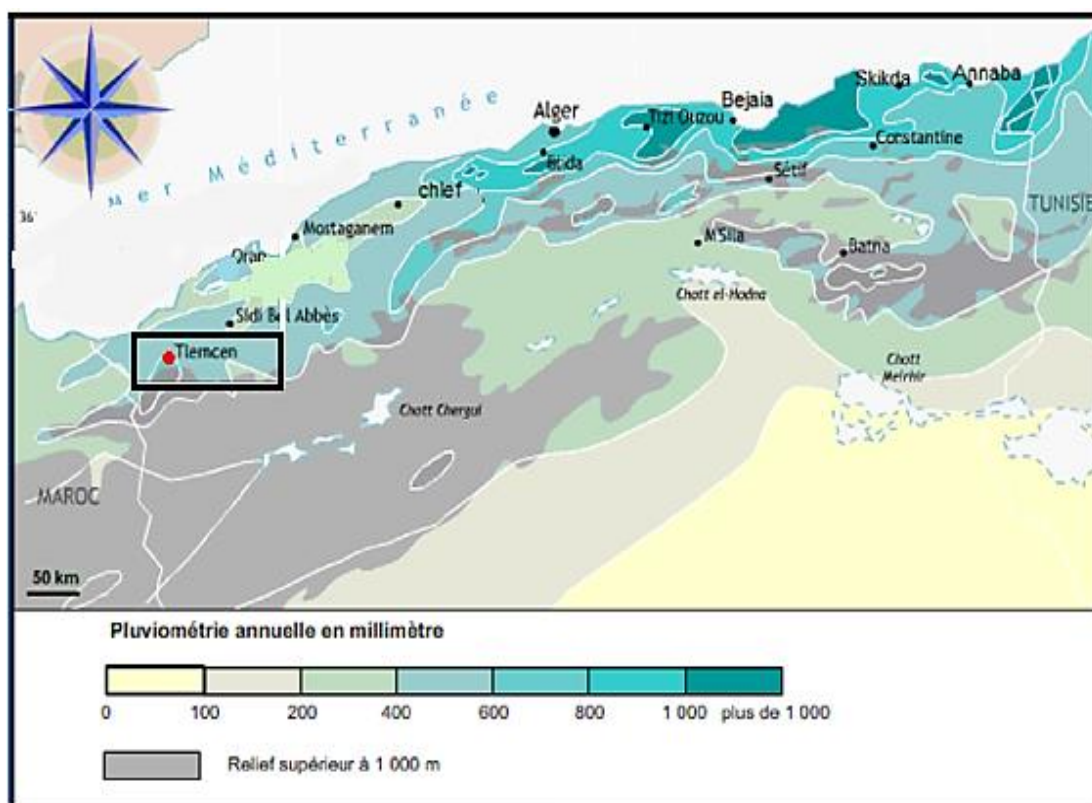


Figure 5.3 : Carte pluviométrique de l'Algérie, la région d'étude est encadrée (Pervillé, 2003)

5.6.3.1.1. Répartition annuelle des précipitations

La répartition annuelle de la pluviométrie enregistrée dans les forêts domaniales de Hafir (1962 - 2008) et Zariéffet (1961 - 2008), est représentée dans la figure 5.4.

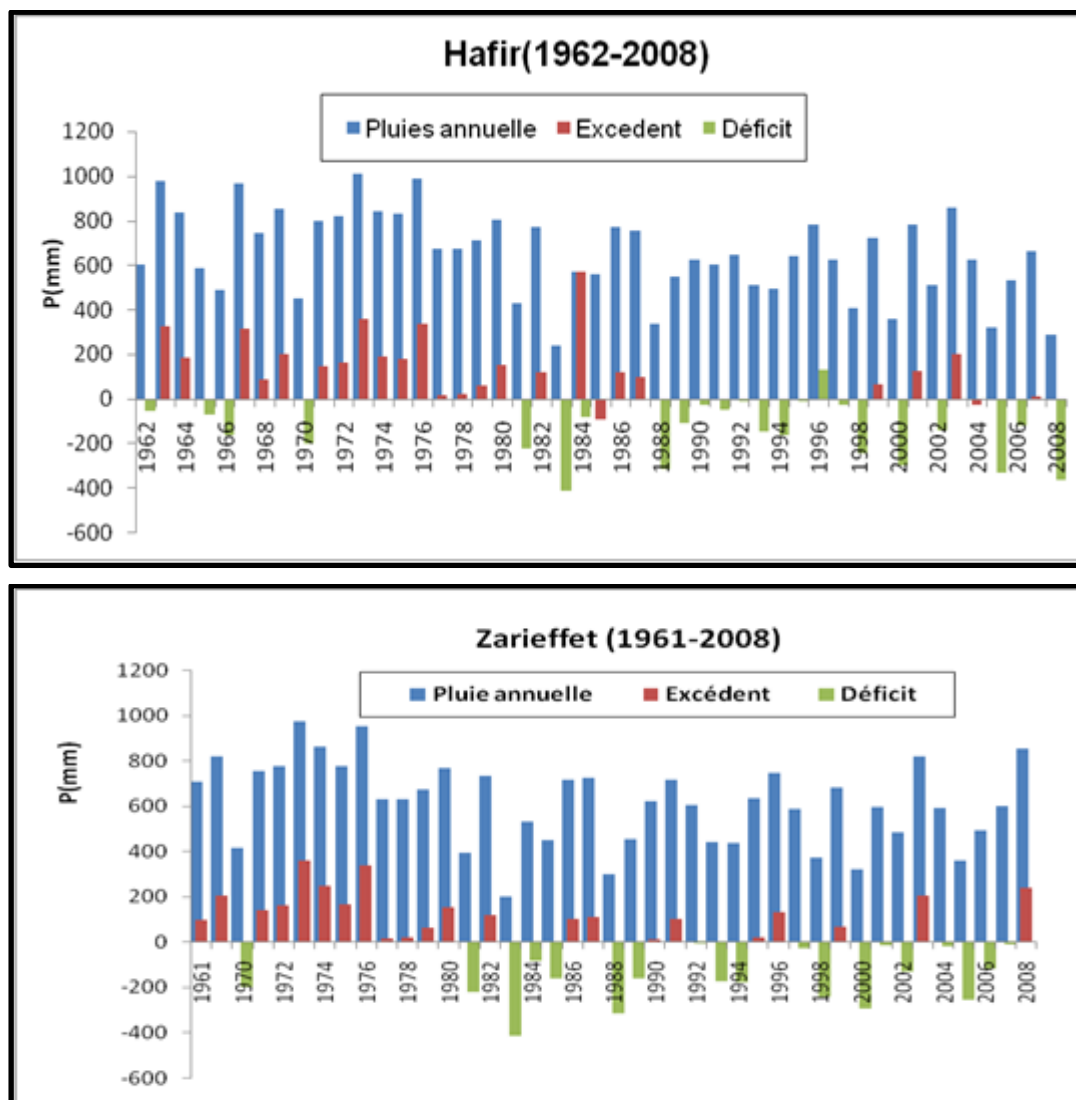


Figure 5.4 : Répartition annuelle des pluies de Hafir (1962 - 2008) et Zariéffet (1961 - 2008)

La figure 5.4 de la distribution des précipitations, montre une fluctuation interannuelle pour les deux forêts, plutôt luxuriante (> 700 mm) pour l'ancienne période (1914 – 1938) que la nouvelle (1961 – 2008). Hafir se distingue par trois types de situation climatiques dont la plus belle est caractérisée par une pluviométrie supérieure à 600 mm (tranche réclamée par le chêne-liège). Cette situation est très fréquente, mais d'une façon assez irrégulière et discontinue dans le temps. La décennie la plus favorable s'étale entre 1971 et 1980 avec une moyenne de 815 mm. La seconde situation caractérisée par une tranche pluviométrique plutôt

inférieure à 400 mm et n'apparaît que très rarement (1983, 1988, 2000 et 2008). La quantité minimale de pluies enregistrée en 1983 est de 240 mm. La troisième situation est une situation intermédiaire entre les deux situations précédentes. Elle est caractérisée par une pluviométrie annuelle allant de 400 à 600 mm (quantité minimale réclamée par le chêne-liège) et concerne l'épisode de 1981 à 1988.

Zarieffet reçoit une moyenne pluviométrique de l'ordre de 613 mm (1961-2008) qui était en ancienne période de 710 mm (1914-1938). C'est une diminution de 97 mm. Les plus grandes quantités sont enregistrées en 1973 et 1976 soit respectivement 971 mm et 952 mm. Les années excédentaires concernent toute la succession 1971-1980 avec une moyenne de +165 mm ce qui témoigne d'une période pluviométrique favorable au développement du chêne-liège. Par contre, les années très déficitaires marquent exceptionnellement les années 1983, 1988, 1998, 2000, 2005 avec une insuffisance allant jusqu'à - 414 mm/an.

5.6.3.1.2. Répartition moyenne mensuelle des précipitations

La pluviométrie a une importance de premier ordre. C'est la quantité d'eau qui tombe dont dépendra normalement l'approvisionnement en eau des arbres (Zarco, 1065). Les précipitations moyennes mensuelles des deux forêts sont mentionnées dans le tableau 5.3.

Tableau 5.3 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) pour les deux périodes de référence 1914 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 – 2008 (A.N.R.H., 2008)

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Hafir	1914-38	101	106	105	66	63	22	4	4	29	52	96	100	748
	1975-08	77,9	85,3	90,5	71,7	61	13,1	2,4	6,6	24,2	43,5	78,8	63	618
Zarieffet	1914-38	83,2	101	93,2	72,3	65,5	27,7	2,2	5,6	26,6	57,7	92,2	81	708,2
	1975-08	71,2	78,4	87,5	65,6	57,1	12,1	3,7	4,5	21,3	41,1	72,4	53,7	568,6

L'histogramme, élaboré sur la base de la moyenne des relevés pluviométriques mensuels, fait ressortir une répartition irrégulière des précipitations pendant l'année moyenne. Dans les deux forêts, la saison pluviale démarre relativement à partir du mois d'octobre. Trois pics (> 100 mm) caractérisent la courbe des précipitations de l'ancienne période pour Hafir (janvier, février et mars), et un seul pour Zarieffet (février). Pour la nouvelle période, la saison pluviale atteint son maximum (> 80 mm) en février et mars pour Hafir et seulement en mars pour Zarieffet (Fig. 5.5).

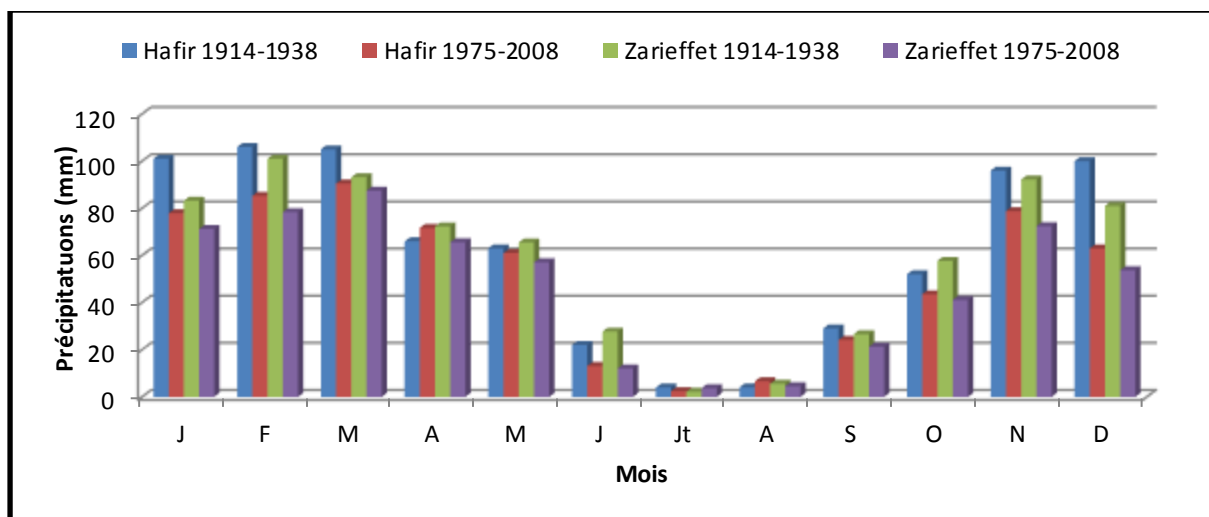


Figure 5.5 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) pour les deux périodes de référence 1914 - 1938 et 1975 – 2008

5.6.3.1.3. Régime saisonnier des précipitations

Musset (1935), a défini pour la première fois la notion du régime saisonnier. Il a calculé la somme de précipitations par saison et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante.

Sur la base des données obtenues, une grande inégalité saisonnière s'affiche. En effet, la distribution des pluies reste stable (HPAE) pour Hafir et diffère d'une période de référence à une autre pour Zariéffet. Le régime étant de type HP AE pour l'ancienne période, devient PHAE pour la période récente.

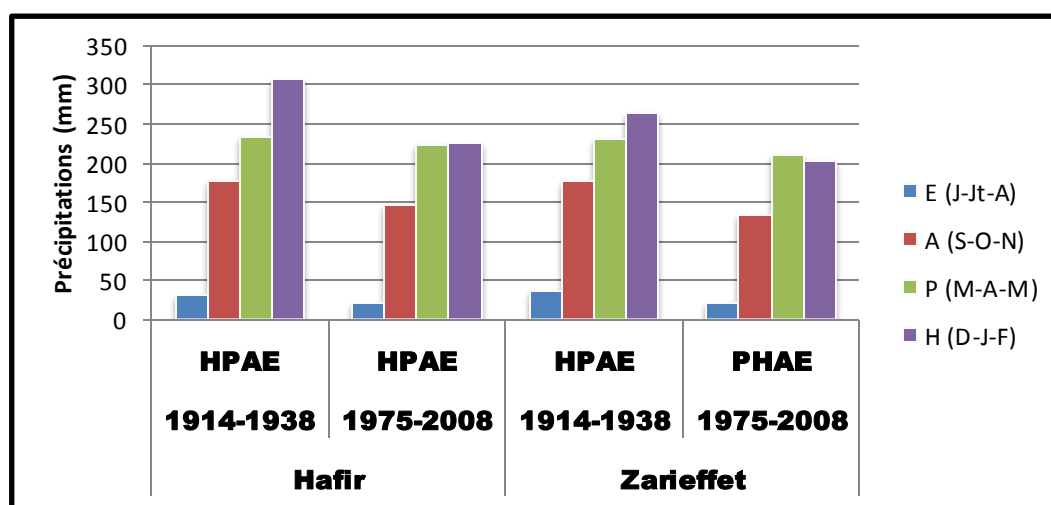


Figure 5.6 : Régime saisonnier des précipitations dans les deux forêts entre ancienne (1913-1938) et nouvelle période (1975-2008)

Les précipitations saisonnières de l'automne constituent pour les deux forêts un apport non négligeable, mais elles demeurent toujours moins importantes que celles de l'hiver et du printemps (Fig. 5.6). Ces deux saisons, reçoivent pratiquement plus que les deux tiers des précipitations annuelles (Fig. 5.7). Bien que peu importantes, ces précipitations présentent généralement une répartition satisfaisante pendant l'année et la prédominance des pluies Hiverno-Printanières, est très bénéfique pour la croissance et la production des chênes-liège.

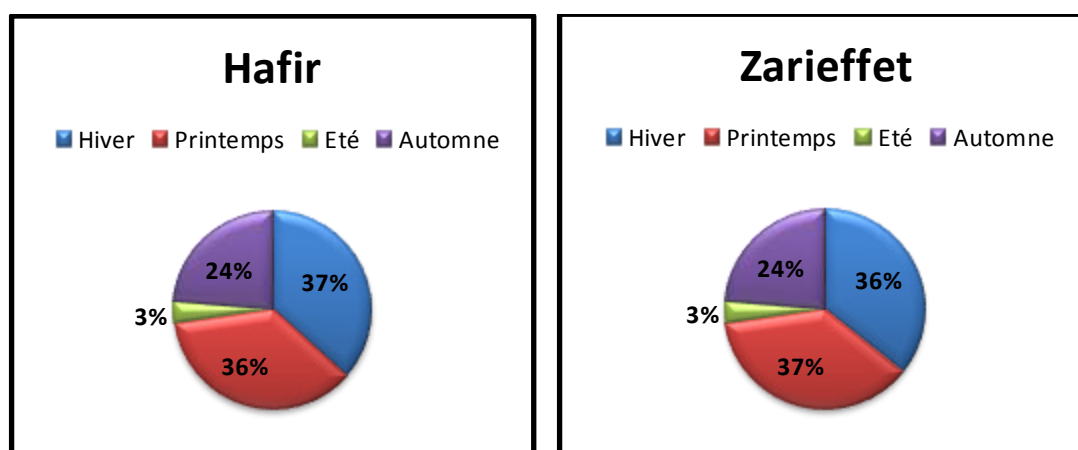


Figure 5.7 : Distribution des précipitations mensuelles (1975 - 2008) des deux forêts

5.6.3.2. Températures

La température, second facteur spécifique du climat, influe sur le développement de la végétation. En effet, la température est considérée comme le facteur écologique fondamental, elle intervient dans le déroulement de tous les processus biologiques. Elle contrôle la croissance, la reproduction, la survie et par conséquent la répartition géographique, générant les paysages les plus divers (Soltner, 1992). A partir des températures moyennes annuelles, mensuelles, les valeurs moyennes des minima du mois le plus froid et des maxima du mois le plus chaud, les températures jouent un rôle majeur dans la détermination du climat régional et local.

5.6.3.2.1. Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)

Les températures moyennes annuelles sont presque les mêmes pour les deux forêts ($\approx 16^{\circ}\text{C}$). Le mois de janvier reste en général le mois le plus froid pour les deux forêts, les températures varient entre $5,8$ et $6,7^{\circ}\text{C}$ pour l'ancienne période, et restent presque les mêmes (7°C) pour la nouvelle période. Juillet et août sont par contre les mois les plus chauds pour les

deux forêts et les deux périodes, les températures oscillent entre 24 et 26°C avec une légère élévation de la température en nouvelle période (Tab.5.4).

Tableau 5.4 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) pour les deux périodes de référence 1914 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (A.N.R.H., 2008)

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Hafir	1914-38	5,8	6,7	8,3	10,6	14,2	18,4	23,8	24,2	19,8	14,9	9,5	6,4	13,55
	1975-08	7,8	9,9	12,1	12,7	17,3	21,6	25,6	24,9	22,5	17,8	10,7	8,9	16
Zarieffet	1914-38	5,9	7,1	8,8	11,2	15,2	19,6	25,4	25,8	21,1	16	10,1	6,8	14,42
	1975-08	7,1	9,9	12,1	12,7	17,3	21,6	25,6	24,9	17,8	10,8	10,7	8,9	14,95

5.6.3.2.2. Moyenne des minima du mois le plus froid (m°C)

Les données climatiques montre que la température minimale du mois le plus froid est enregistrée en janvier pour les deux périodes, elle oscille entre 1,8 et 2,7°C pour Hafir ; 1,9 et 2,5 pour Zarieffet (Tab. 5.5).

Tableau 5.5 : Valeurs moyennes minimales (m°C) pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (A.N.R.H., 2008)

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Hafir	1914-38	1,8	2,4	3,5	5,4	8,7	12	17	17,3	13,6	9,3	5,3	2,2	8,21
	1975-08	2,7	4,6	4,37	4,75	7,8	12,2	17	18,7	16,5	10,5	4,8	4,2	9,01
Zarieffet	1914-38	1,9	2,6	3,8	5,8	9,4	13	18,4	18,7	14,7	10,1	5,7	2,4	8,8
	1975-08	2,5	3,6	4,37	4,75	7,8	12,2	17	18,7	16,5	10,5	4,8	4,7	8,9

5.6.3.2.3. Moyenne des maxima du mois le plus chaud (M°C)

Les températures les plus élevées sont enregistrées généralement aux mois de juillet et août pour les deux périodes (Tab. 5.6).

Tableau 5.6 : Valeurs moyennes maximale (M°C) pour les deux périodes 1914 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 – 2008 (A.N.R.H., 2008)

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Hafir	1914-38	9,4	10,9	13	15,8	19,7	24,8	30,6	31,1	25,9	20,6	13,7	10,6	18,92
	1975-08	12,9	16,3	19,7	20,7	26,7	31	34,3	31,2	28,5	25	16,6	13,2	22,99
Zarieffet	1914-38	9,9	11,5	13,8	16,7	20,9	26,3	32,4	32,9	27,4	21,8	14,5	11,2	19,9
	1975-08	12,9	16,3	19,7	20,7	26,7	31	31,2	34,3	28,5	25	16,6	13,2	23,01

5.6.3.3. Autres facteurs

5.6.3.3.1. Le vent

Le vent influe directement sur la végétation, il modifie brusquement les conditions hygrométriques de l'air. En hiver, les vents dominants humides soufflent de l'ouest et du nord-ouest. Le siroco venant du sud souffle souvent en été. Il est très sec et très chaud et déclenche souvent des incendies. Il est souvent accompagné de poussière de sables.

5.6.3.3.2. L'humidité

La zone d'étude est caractérisée par une hygrométrie atmosphérique importante, elle peut atteindre 63 à 70 % en moyenne.

5.6.3.3.3. La neige

Les chutes de neige sont également enregistrées mais de manière beaucoup moins fréquente. Elles ont lieu principalement en février et mars avec des fréquences variables d'une année à une autre et selon l'altitude et l'exposition. Son apparition est notée à partir de 800 m d'altitude et de 15 à 30 cm d'épaisseur. Seltzer (1946), a marqué que la durée de l'enneigement variait de 7 à 25 jours par an avec une épaisseur cumulée de l'ordre de 1,5 m.

Lorsque la couverture neigeuse est épaisse, elle provoque en fondant des ravinelements bien visibles sur les terrains nus. Cependant lorsqu'elle est mince, elle protège le sol et les jeunes plantes contre le froid et leur procure une réserve d'eau importante (Bouchaour-Djabeur, 2001).

5.6.3.3.4. La gelée

La situation continentale du périmètre et son encaissement lui confèrent un caractère gélif prononcé. En se référant aux stations de référence, il est possible d'estimer la fréquence des gelées à plus de 15 jours par an en moyenne, exclusivement entre décembre et février.

5.6.4. Synthèse climatique

La synthèse des données climatiques permet de décrire les caractéristiques du climat d'une région donnée en faisant appel à plusieurs indices, calculés à partir des températures et

des précipitations. Ces indices permettent de définir le mode de croissance et de développement de la végétation qui s'y trouve.

5.6.4.1. Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité

L'amplitude thermique extrême moyenne (M-m) est un paramètre climatique important qui permet de définir l'indice de continentalité d'une région donnée, à partir duquel on déduit si cette région est sous influence maritime ou continentale. En se référant à la classification de Debrach (1953), le tableau 5.7 montre que le massif jouit d'un climat semi-continentale ($25^{\circ}\text{C} < \text{M-m} < 35^{\circ}\text{C}$).

Tableau 5.7 : Indice de continentalité pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (A.N.R.H., 2008)

Forêt	Période	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
Hafir	1914- 1938	31,1	1,8	29,3	Semi-continentale
	1975- 2007	34,3	2,7	31,6	Semi-continentale
Zarieffet	1914- 1938	32,9	1,9	31,0	Semi-continentale
	1975- 2007	34,3	2,5	31,8	Semi-continentale

5.6.4.2. Indice de sécheresse estivale (Ie)

Cet indice s'exprime par le rapport entre les valeurs moyennes des précipitations estivales « PE » (mm) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud « M » (°C) selon la formule d'Emberger (1942) :

$$Ie = PE / M$$

Les valeurs de cet indice calculé pour chaque forêt et période, consignées dans le tableau 5.8, sont très inférieures à 5, indiquant l'appartenance de ces forêts au climat méditerranéen, et ce selon la grille de Daget (1977). Benabdeli (1996) précise que les valeurs de l'indice de xéricité permettent aussi de vérifier les régimes pluviométriques. Si Ie est inférieur à 1, cela dévoile que la sécheresse dépasse la période estivale. La sécheresse est donc de plus en plus accentuée.

Tableau 5.8 : Indice de sécheresse estivale pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (A.N.R.H., 2008)

Forêt	Période	PE « mm »	M (°C)	Ie
Hafir	1914- 1938	30	31,1	0,96
	1975- 2008	22,1	34,3	0,64
Zarieffet	1914- 1938	35,5	32,9	1,08
	1975- 2008	20,3	34,3	0,59

5.6.4.3. Etage de végétation ou zonation altitudinale

Selon les travaux d'Emberger (1930), Quézel (1976 et 2000), Rivas Martinez (1982) et M'hirit (1993) sur la répartition de la végétation méditerranéenne, les étages de végétation auxquels appartient chaque essence sont définis selon trois variables : les gradients thermiques (T°C, m°C) et l'altitude. Les valeurs du tableau 5.9 correspondent à l'étage méso-méditerranéen :

$$0 < m < 3^{\circ}\text{C} ; 12 < T < 16^{\circ}\text{C} \text{ et } 600 < \text{alt.} < 1200 \text{ m) (Tab. 5.9).}$$

Tableau 5.9 : Etage de végétation du chêne-liège

Forêt	Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
Hafir	1914- 1938	13,52	1,8	1170	Méso-méditerranéen
	1975- 2008	16	2,7	1170	
Zarieffet	1914- 1938	14,5	1,9	1066	Méso-méditerranéen
	1975- 2008	15,9	2,5	1066	

5.6.4.4. Indice de De Martone

De Martonne (1926), a défini un indice d'aridité utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse. Cet indice étudie spécialement les rapports du climat avec la végétation forestière et positionne la station d'étude dans un climat précis. Il est exprimé par la relation suivante :

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

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm) et T : Température moyenne annuelle (°C).

L'indice de De Martonne diminue aussi bien pour Hafir que pour Zarieffet entre les deux périodes (Tab. 5.10), mais le type de climat ne change pas pour Zarieffet, qui reste une zone tempérée à drainage extérieur. Alors que pour Hafir, le type de climat passe d'une zone

tempérée à écoulement exotique à zone tempérée à drainage extérieur (Fig. 5.8). Ce type de climat procure pour la végétation des conditions plus ou moins appropriées.

Tableau 5.10 : Indice de De Martonne pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (A.N.R.H., 2008)

Forêt	Période	I (mm/°C)	Type de Climat
Hafir	1914- 1938	31,76	Zone tempérée à écoulement exotique
	1975- 2008	23,76	Zone tempérée à drainage extérieur
Zarieffet	1914- 1938	29,01	Zone tempérée à drainage extérieur
	1975- 2008	22,79	Zone tempérée à drainage extérieur

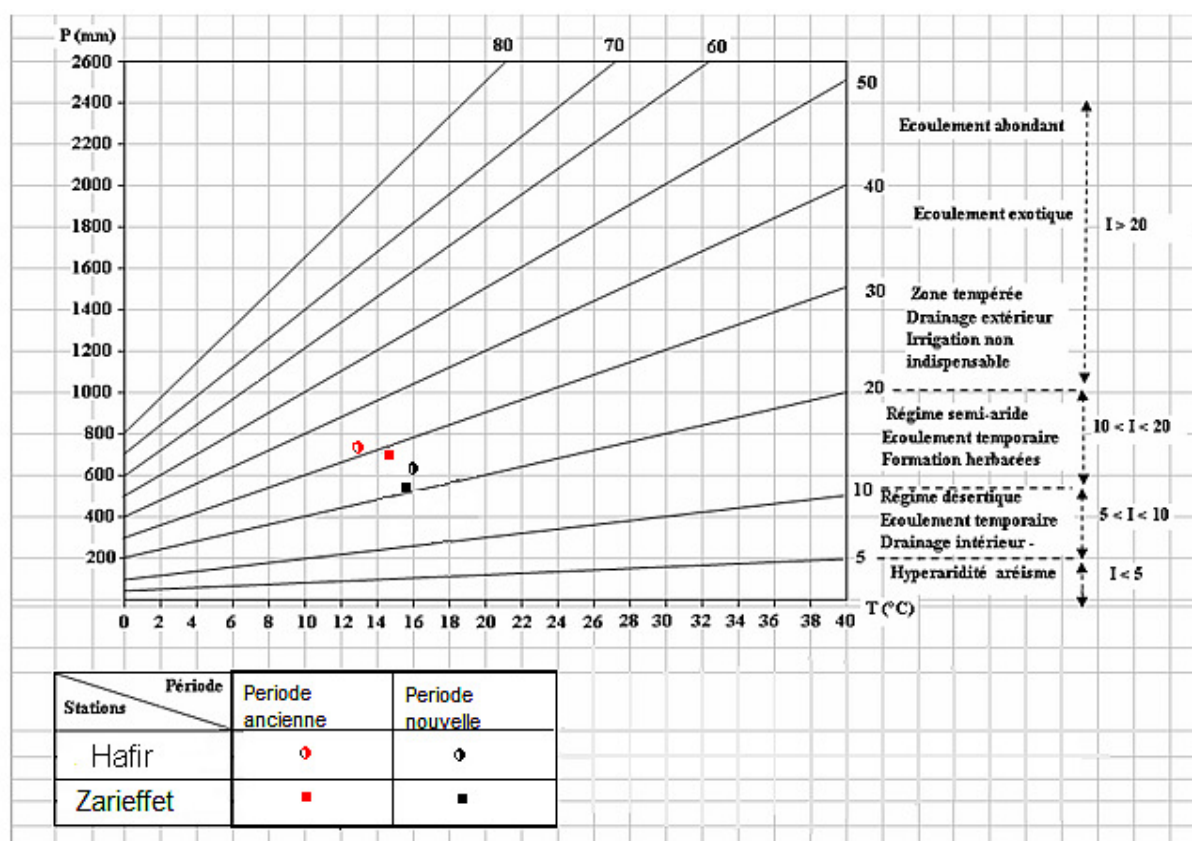


Figure 5.8 : Indice d'aridité de De Martonne (1926) pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (A.N.R.H., 2008)

5.6.4.5. Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen

Gaussen et Bagnouls (1953) ont défini comme mois sec, celui où la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure au double de la température moyenne de ce mois ($P < 2T$) avec P : Précipitation moyenne du mois en (mm) et T : Température moyenne du même mois en (°C).

Ils proposent un modèle de représentation graphique en juxtaposant les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière (Fig. 5.9).

Notre zone d'étude se situe dans un climat méditerranéen, la période de sécheresse estivale subit une évolution de plus en plus importante pour les deux forêts. Nous constatons que pour l'ancienne période, la séquence sèche s'étendait sur trois mois uniquement, à partir de mi-juin jusqu'à la mi-septembre. Pour la nouvelle période, elle dépasse les trois mois, elle s'étend presque quatre mois, de mi-juin à la fin septembre.

La durée de la période sèche a un effet direct sur le fonctionnement physiologique des arbres qui se trouve perturbé durant les longs épisodes de sécheresse. Elle entraîne dans certaines conditions le dépérissement voire même la mort de ces arbres (Durand et al., 2004).

5.6.4.6. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

L'extrême irrégularité interannuelle des précipitations dans la région méditerranéenne, a permis de définir divers types de bioclimat. Ces derniers jouent un rôle majeur dans l'organisation des structures de végétation (Quézel, 2000).

Pour caractériser le climat méditerranéen d'une zone donnée, Emberger (1939), a élaboré un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur du « Quotient pluviothermique » est reportée en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid « m » de l'année en abscisse. Le quotient est calculé par la formule suivante : $Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273,2$)

m : moyenne des minima du mois le plus froid ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273,2$).

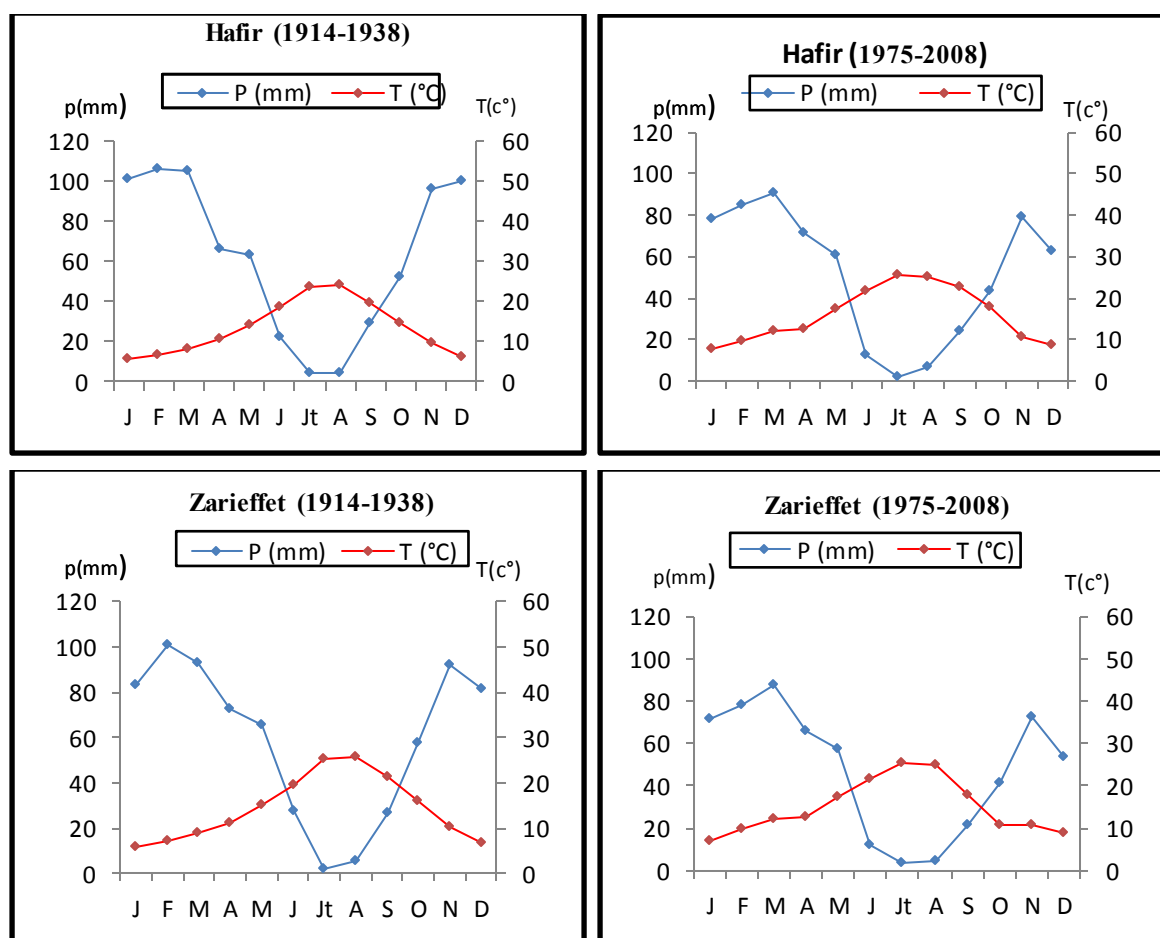


Figure 5.9 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausson (1953) pour les deux périodes 1913 - 1938 (Seltzer, 1946) et 1975 - 2008 (A.N.R.H., 2008)

Le climagramme est subdivisé en sous étages (inférieur, moyen et supérieur) puis en variante thermique. Le calcul de ce quotient pour chaque forêt (Tab. 5.11), nous a permis de positionner le massif dans les étages correspondants.

Tableau 5.11 : Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques

Forêt	Période	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	Variante thermique
Hafir	1914 - 1938	748	31,1	1,8	85.26	Sub- humide supérieur	Frais
	1975 - 2008	618	34,3	2,7	72.42	Sub- humide inférieur	Frais
Zariéffet	1914-1938	708,2	32,9	1,9	76.38	Sub- humide supérieur	Frais
	1975-2007	568,6	34,3	2,5	59.65	Semi-aride supérieur	Frais

Les deux forêts jouissent d'un bioclimat subhumide à semi-aride à hiver frais (Tab. 5.11 et Fig. 5.10). Mais la diminution de la valeur de Q2 suite à une diminution des précipitations et une augmentation des températures entre l'ancienne et la nouvelle période, a

provoqué un décalage des sous étages bioclimatiques (Hafir) voire même des étages (Zarieffet). Le climagramme d'Emberger, montre que Hafir passe légèrement du subhumide supérieur au subhumide inférieur, tandis que Zarieffet, décale du subhumide supérieur au semi-aride supérieur.

D'une manière générale, nous enregistrons à travers cette analyse, un changement bioclimatique remarquable par rapport à l'ancienne période : les précipitations ont diminué de 10 à 20 % et les températures ont augmenté. Ce changement, convergeant vers l'aridité a déjà été signalé par de nombreux auteurs pour la région ouest (Quézel, 2000).

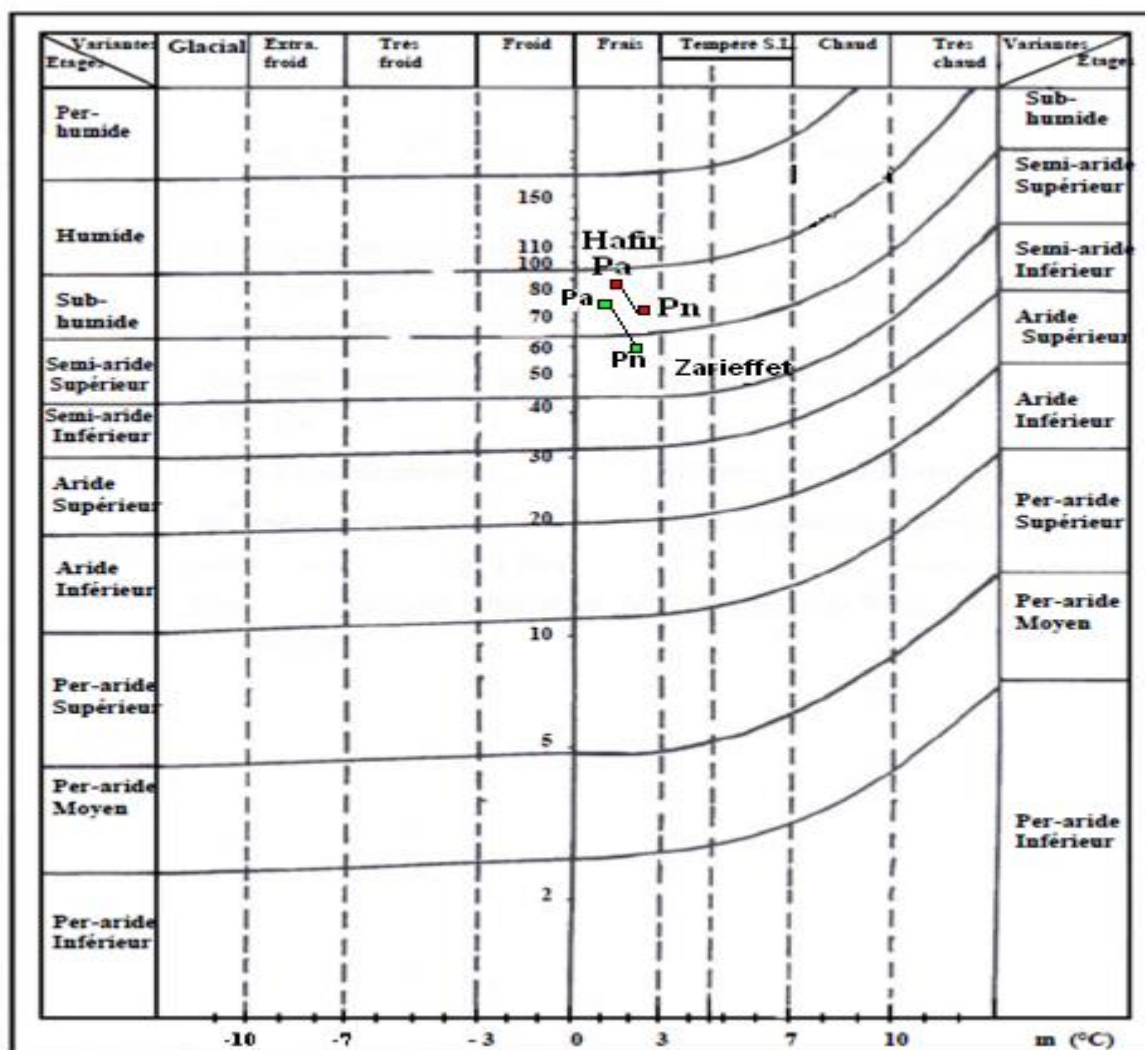


Figure 5.10 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger au cours de la période ancienne (Pa) et nouvelle (Pn)

5.7. Description forestière

La région de Tlemcen, dans son ensemble offre un paysage botanique excentrique et très diversifié, lié strictement aux circonstances du climat, du sol, du relief et de l'action anthropique, allant du littoral à la steppe (Bouchaour-Djabeur, 2001). Malheureusement, comme pour tous les paysages méditerranéens, les écosystèmes forestiers sont « désormais reconnus comme fortement modifiés, de sorte que même les formations végétales qui y apparaissent aujourd'hui comme « naturelles » sont en fait la résultante de perturbations d'origine humaine » (Tatoni et al., 1999).

Cette situation est le résultat de l'interaction de plusieurs actions et événements historiques, socio-économiques, sylvicoles, forestiers et naturels. Gaouar (1980), signale que sur les 380 000 hectares de forêts de la wilaya de Tlemcen, 20% seulement représentent la forêt qui est dégradée aussi bien pédologiquement que dans son comportement phytosociologique et botanique ; les 80% qui restent représentent beaucoup plus le matorral à Doum (*Chamoerops humilis*) et à Diss (*Ampelodesma mauritanica*) que le maquis proprement dit, composé de taillis de *Quercus ilex* rabougris, de *Quercus coccifera* et de jujubier très dégradé (*Ziziphus lotus*).

5.7.1. La forêt de Hafir

La forêt de Hafir a été soumise au régime des forêts en 1891 (C.O.I.T., 1900). Elle était constituée essentiellement d'une vieille futaie de chêne-liège de 200 à 250 ans, avec quelques taillis provenant de rejets suite à l'exploitation de guerre, couvrant une superficie de l'ordre de 3 500 (Boudy, 1955) à 4 000 ha (Sauvagnac, 1956), localisés dans de nombreux cantons (11 au moins) dont les plus importants sont S'Rutou, Moutas, Tatsa, Tijdit, Oued Tlet, Oued Fernane et Koudiet Hafir.

En plus du vieillissement, du pacage incessant, des coupes illicites, des défrichements, etc., ce massif a subi dans le passé, toutes sortes de dévastations. Une bonne partie a de ce fait, irréversiblement disparu (Bouhraoua, 2003). Via les rapports de la conservation des forêts et du parc national de Tlemcen (2009), dans les années 50, la densité moyenne variait de 70 sujets à l'hectare dans beaucoup d'endroits incendiés et dégradés, à plus de 300 dans les parties où l'ancienne futaie était conservée ; les événements les plus importants qui marquèrent l'évolution de la forêt de Hafir, peuvent être décrits succinctement comme suite :

- Entre 1849 et 1859, un détachement de la compagnie des planteurs militaires entreprit de démascler 22.000 pieds sur 200 ha.
- En 1892 à la suite des incendies qui ont dévasté cette forêt, les essences ligneuses ont été dégradées à l'avantage du sous-bois. Certaines parties sont restées couvertes en diss, cistes, genêt, cytises, graminées, servant au pacage.
- En 1897, la zone non incendiée, encore boisée, présentait 5/10 de chêne-liège, 5/10 de Thuya, alors que la fraction incendiée comptait 2/10 de chêne-liège, 7/10 de Thuya, 2/10 de chêne vert et 1/10 d'oliviers.
- En 1920, des tentatives de repeuplement ont vu le jour, par l'intermédiaire de deux essais d'ensemencement par semis de glands, qui se soldèrent par un échec.
- En 1948, apparition des cépées de chêne-liège et amélioration des peuplements par le biais des rejets (après les incendies). Régénération satisfaisante en certains points, mais qui reste cependant irrégulière dans l'ensemble de la forêt.
- En 1952, des essais de régénération par semis sur banquettes ont été entrepris sur une surface de 30 hectares.
- En 1978, quelques opérations sommaires d'assainissement ont eu lieu sur 80 ha suite aux chablis provoqués par d'abondantes chutes de neige.
- En 1994, plus de 640 ha ont été ravagés par l'incendie
- De 1994 jusqu'à 2005, une série d'incendies successifs a touché ce massif compromettant sérieusement la régénération naturelle.
- Entre 2004 et 2010, 478 ha ont été reboisés avec un taux de réussite de 0 à 50 %.

À l'état naturel, elle est composée principalement de feuillus tels que les chênes (*Quercus suber*, *Q. rotundifolia* et *Q. faginea* ssp. *tlemcenensis*), l'olivier sauvage (*Olea europea* ssp. *oleaster*) et quelques pieds de frênes oxyphylles (*Fraxinus oxyphylla*), mais aussi de résineux comme le thuya de berberie (*Tetraclinis articulata*) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*). Le pin d'Alep, le pin pignon, le cyprès commun et l'eucalyptus se rencontrent dans certains cantons dégradés. Ils y ont été introduits lors de reboisements traités en DRS sur 575 ha entre 1965 et 1969 (C.F.W.T., 1995a).

Les relevés phytosociologiques effectués par Zeraia (1981) et Dahmani (1984), ont permis de rattacher la formation de Hafir à l'association de type *Cytiso triflori-Quercetum suberis* Br. Bl. et à la sous association *Quercetosum canariensis*. L'allure de la végétation la plus évoluée est celle d'un matorral arboré élevé et dense.

La moitié des peuplements (2 300 ha) sont purs, tandis que les autres sont en mélange. Pour la strate arborée, la compétition biologique, est un autre facteur sérieux participant à l'élimination du chêne-liège. Dans les stations fraîches à humidité élevée telles que les versants exposés au nord, le bas des ravins et les bords des ruisseaux, le chêne-liège coexiste avec le chêne zeen, qui est capable de le dominer en formant un taillis sous futaie très dense. Toutefois, le comportement de cette essence qui a tendance à recoloniser les stations là où le chêne-liège avait disparu, a permis selon Bouhraoua (2003), la reconstitution d'un couvert forestier qui a fait ainsi obstacle à l'envahissement du maquis. En revanche, dans les stations chaudes et sèches aux expositions sud, il est plutôt associé au chêne vert.

La strate arbustive se compose essentiellement de *Quercus suber* L., *Quercus rotundifolia* Lam , *Quercus faginea* subsp. *Tlemcenensis*, *Juniperus oxycedrus* L. Le sous-bois est très riche en plantes dont certaines sont caractéristiques d'une humidité élevée et d'autre d'une certaine aridité. Ce dernier est souvent peu développé mais rarement absent. Dans les stations dégradées par les incendies, il est très abondant.

Parmi les plantes les plus fréquentes, nous signalons le lierre (*Hedera helix*), le chèvrefeuille (*Lonicera implexa*), la salsepareille (*Smilax aspera*), la ronce à feuille d'orme (*Rubus ulmifolius*), le daphne (*Daphne gnidium*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), le petit houx (*Ruscus aculeatus*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*). Dans les zones dégradées, plus chaudes, on trouve plus d'essences secondaires telles que le chêne kermes (*Quercus coccifera*) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), mais aussi les Cistes (*Cistus ladaniferus*, *Cistus salviaefolius*, *Cistus monspeliensis*), le diss (*Ampelodesmos mauritanicus*) et le doum (*Chamaerops humilis*) (Bouhraoua, 2003).

Actuellement, la structure de cette forêt est très hétérogène et déséquilibrée. la futaie de chêne-liège est vieillissante et ses sujets plus que bicentennaires sont mal sains (Bouchaour-Djabeur, 2001 ; Bouhraoua, 2003). La plus part des troncs sont creux, dépérissant et témoignent d'une grande mutilation Cet état de dégradation, est lié d'une part aux rudes conditions climatiques, aggravées ces dernières décennies par le réchauffement de la planète,

les incendies, l'action des ravageurs et l'action humaine, et d'autre part, à l'état physiologique des souches et l'absence de régénération naturelle même si elle peut être plus ou moins acceptable par endroit.

5.7.2. La forêt de Zariéffet

Le massif de Zariéffet couvrait initialement une superficie totale d'environ 990 ha dont près de la moitié (453 ha) était occupée par les essences principales : chêne-liège (8/10), chêne vert (1/10) et chêne zeen (1/10) et plus rarement le thuya. Le reste par des broussailles d'essences secondaires (246 ha) et les vides (291 ha) (A.E.F.C.O., 1912 ; Boudy, 1950). Les peuplements de chêne-liège qui couvraient presque la totalité de la forêt, sont répartis entre les trois cantons de Zariéffet (625 ha), Aïn Mardjen (305 ha) et Fernana (58 ha) (C.F.W.T., 1996a). La densité moyenne variait de 100 à 900 tiges/ha.

L'association *Quercetum suberis* se présente normalement sous la forme d'une futaie à deux strates :

- la strate arborescente est constituée d'arbres assez espacés dans le subhumide ;
- la strate arbustive est plus dense que la strate arborescente.

Le groupement de chêne-liège situé au Nord-ouest se présente en premier lieu sous la prédominance d'une subéraie assez claire à *Erica arborea L.* dans les clairières et versants ensoleillés (tempérament héliophile), composé de *Quercus suber L.*, *Erica arborea L.*, *Genista tricuspidata L.*, *Genista tricuspidata Desf.*, *Phillyrea angustifolia L.*, *Arbutus unedo L.*, *Cytisus triflorus Lam.*, *Cistus salvifolius L.*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Asparagus acutifolius L.*, *Daphne gnidium L.*, *Asphodelus microcarpus*.

Là où l'hygrométrie est plus élevée, la présence du chêne vert est plus marquée dans la subéraie avec quelques sujets de chêne zeen mêlés à *Quercus coccifera L.*, *Genista tricuspidata Desf.*, *Lonicera implexa Aiton*, *Dactylis glomerata L.* et *Carex halleriana Asso*.

Alcaraz (1989), précise que *Quercus faginea subsp. tlemceniensis*, se rencontre uniquement en Oranie par opposition à la *subsp. baetica-forma Mirbeckii (Dur)*, se trouvant dans l'Algérois et le Constantinois ; pour des valeurs de : $36 < Q_2 < 106$ et $1^{\circ}\text{C} < m < +2^{\circ}\text{C}$. C'est à dire entre le sous étage humide inférieur frais et le sous étage semi-aride moyen froid et frais. Le chêne zeen se trouve donc en Oranie mieux adapté à la sécheresse que le chêne-

liège et presque aussi bien que le chêne vert. Il est également presque aussi bien adapté au froid que le chêne-liège et bien moins au froid que le chêne vert.

L'état sanitaire de Zarieffet n'est pas meilleur que celui de Hafir, en plus du climat, les incendies violents et successifs ainsi que les autres formes de dégradations qu'elles soient biotiques ou abiotiques, ont bouleversé la majorité de la forêt en un véritable paysage dégradé. Elle est maintenant constituée par un matorral clair riche en espèces épineuses et en arbustes de plus de 2 m de haut, recouvrant entre 25 et 50 % du sol. Les sujets sont quasiment dépérissants à croissance très faible induit par l'absence de travaux d'amélioration et surtout d'un démasclage ne respectant ni normes, ni qualités d'exploitation (cf. Chap. 6).

Dans les bonnes stations, il est en mélange avec le chêne zeen et le chêne vert où ils le concurrencent vivement. Les vides sont envahis par un maquis à base d'*Arbutus unedo* et d'*Erica arborea* qui entravent la régénération par semis du chêne-liège. L'absence de plusieurs classes de diamètre, confère au peuplement une structure déséquilibrée et hétérogène. En l'état actuel, la subéraie évolue naturellement vers une formation arborée très claire, où le chêne vert et le chêne zeen prennent une nette option de domination.

Elle bénéficie depuis 2002 d'un vaste programme de réhabilitation sur 500 ha. En 2005, 130 ha ont été reboisés, mais sans succès, le taux de réussite ne dépasse pas 1 % (C.W.F.T., 2012a).

Enfin, en analysant les différents groupements, nous remarquons que l'homme et les incendies répétés sont les paramètres les plus considérables et les plus redoutables, qui affaiblissent progressivement les essences ligneuses à l'avantage du sous-bois d'essences secondaires et de cistes, particulièrement *cistus salviefolius* (Bouchaour-Djabeur, 2001) qui, pour Clauzade (1971), résulte le plus souvent de l'incendie des maquis et marque bien le degré de dégradation de la subéraie.

5.8. Production subéricole

La production du liège en région oranaise a connu beaucoup de fluctuation. Le liège provenant des forêts domaniales M'sila (Oran) et Hafir (Tlemcen) est estimé de qualité supérieure selon Boudy (1955). Cette région fournissait un volume variable de liège. On note en effet une production annuelle moyenne d'environ 1 500 Qx entre 1898 et 1915 (1,7 % du

total national), 3 000 Qx entre 1939 et 1951 (1,3 % du total national dont 4/5 représente le liège marchand). Chaque arbre donnait un poids moyen de liège sec de 7 kg (Marc, 1916).

Cette production abondante pendant l'époque coloniale, est justifiée selon Dehane (2012), par les soins cultureux nécessaires apportés aux peuplements (travaux d'assainissement, débroussaillage, protection contre les incendies, extension du peuplement par reboisement, etc.). Après l'indépendance, au début des années 1970, la production subéreuse a grandement chuté. Les statistiques (1962 - 2000), montrent alors un volume annuel moyen de l'ordre de 500 Qx.

En étudiant l'incidence de l'état sanitaire des chênes-liège sur la qualité du liège en Oranie (Zarieff et M'sila), Dehane (2012) révèle que l'imputation de certaines anomalies de chaque provenance provient essentiellement des conditions stationnelles de croissance des arbres et aussi du caractère individuel de chaque sujet. D'après le même auteur, la présence ou l'absence de ces défauts ne peut être corrélée directement à l'état sanitaire des arbres. Ces imperfections se distribuent d'une manière irrégulière sur les trois classes d'état sanitaire. La classe des arbres sains comme celle des arbres dépérissants comportent à des taux différents, le liège de bonne qualité comme de faible qualité.

5.8.1. La subéraie de Hafir

La production en liège de toute la wilaya de Tlemcen dépend principalement de la forêt de Hafir dont les peuplements sont les plus importants. L'exploitation du liège qui a débuté entre 1849 et 1859 a été réalisée par une compagnie de Planteurs militaires qui a été chargée de démascler environ 22 000 pieds sur 200 ha (Thintoin, 1948). Le liège de reproduction, depuis longtemps considéré comme un liège de qualité supérieure, représentait les 2/5 de la production locale qui, selon Boudy (1955), a atteint 20 000 Qx entre 1939 et 1951 alors que le liège mâle représentait 1/3 seulement du total (6 300 Qx).

Entre 1940 et 1957 (date de la dernière exploitation coloniale), le liège a été exploité presque chaque année (16 campagnes en 21 ans) avec une récolte moyenne de 981 Qx. Le liège naturel qui représentait 14 % du total a été enlevé surtout entre 1948 et 1956, avec un rendement moyen de 250 Qx par an. Le liège marchand qui représente le plus gros de la production (70 %) a été levé régulièrement, avec un rendement moyen de 792 Qx, soit une production totale de 11 880 Qx en 15 campagnes. Le reste de la production est réparti entre le

liège brûlé (248 Qx récoltés à 5 reprises après les incendies de 1940, 1941, 1943, 1952 et 1956) et le rebut. Ce dernier, qui représentait 4 à 35 % de la production annuelle selon la campagne, totalisait une récolte moyenne de 207 Qx. Par ailleurs, la forêt a fourni entre 1948 et 1953 environ 225 Qx de canons de liège pour les ruches d'abeilles et 129 Qx de glands (Bouhraoua, 2003).

Après l'indépendance, les travaux d'exploitation du liège de 1970 à 1995, se faisaient à un rythme très irrégulier et timide. La production globale de cette période était de 13 000 Qx, soit une moyenne de 1 180 Qx (Fig. 5.11). Le démasclage a été relativement plus important et les récoltes des 9 campagnes ont donné un volume total de 3 500 Qx de liège mâle, chaque arbre mis en valeur a donné en moyenne 9 kg de ce liège. Le liège femelle de 10 campagnes a produit 9 437 Qx avec un rendement de 7,8 kg en moyenne par arbre. En revanche, le liège de rebut n'est récolté qu'une fois au début des exploitations (Bouhraoua, 2003). Le même auteur ajoute que la surface actuellement productive est d'environ 1 069 ha, ce qui représente 31 % de la superficie initiale.

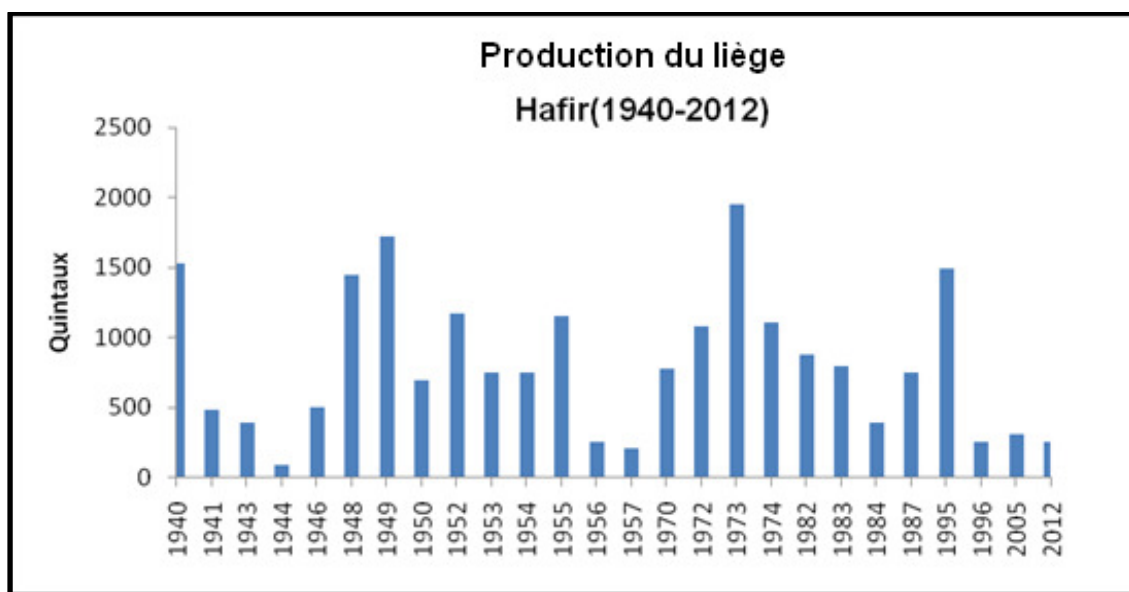


Figure 5. 11 : Evolution annuelle de la production du liège à Hafir (C.F.W.T., 1996 et 2012a)

5.8.2. La subéraie de Zariéffet

Cette forêt a fourni entre 1897 et 1996, soit en 99 ans, un volume total de liège de reproduction d'environ 28300 Qx. Cette production représente un rendement moyen annuel de 535 Qx. Les premières récoltes (1887-1913) résultant de la politique de mise en valeur

adoptée par l'administration coloniale s'élevaient à 5 320 Qx. Le maximum de la production a été atteint entre 1914 et 1938 avec un total de 12417 Qx. Ceci constitue 43 % du liège marchand récolté dans cette forêt. Durant cette période les quantités de liège mâle et de rebut ne totalisaient respectivement que 907 Qx et 302 Qx. C'est au courant de la période de la seconde guerre mondiale et la guerre de la libération nationale que se sont produites les extrêmes de cette production : 1954 Qx en 1948 et 42 Qx en 1950. Le reste de la production (2767 Qx) est reparti entre le liège mâle (2020 Qx), le liège de rebut (747Qx) et le liège flambé (48 Qx) (Dehane, 2012).

Après l'indépendance, les travaux d'exploitation de 1972 ont touché 7 197 arbres sur une superficie de 625 ha. La production globale des lièges femelle et mâle avoisinait 750 Qx et 430 Qx respectivement (C.F.W.T., 1996). Depuis les années 80, la forêt a été paralysée et sa production subéreuse s'affaiblit de plus en plus (Fig. 5.12). Durant les campagnes de 1981 à 1984 la production totale du liège de reproduction était de l'ordre de 1890 Qx (Dehane, 2012).

Par ailleurs, la dernière année d'exploitation remontant à 1996 a fourni une quantité de l'ordre de 635 Qx de liège marchand et 85 Qx de liège mâle. Le reste de la récolte touché par l'incendie de 1994 a englobé un volume de 790 Qx de liège flambé (C.F.W.T., 2012a).

Les incendies fréquents et répétitifs qu'a vécus la forêt, particulièrement de 1983, 1994, 2007 et 2012 ont influé négativement sur la production du liège. En 2008, l'exploitation du liège a fourni 400 Qx de liège tout venant dont 150 Qx de liège marchand (C.F.W.T., 2012a).

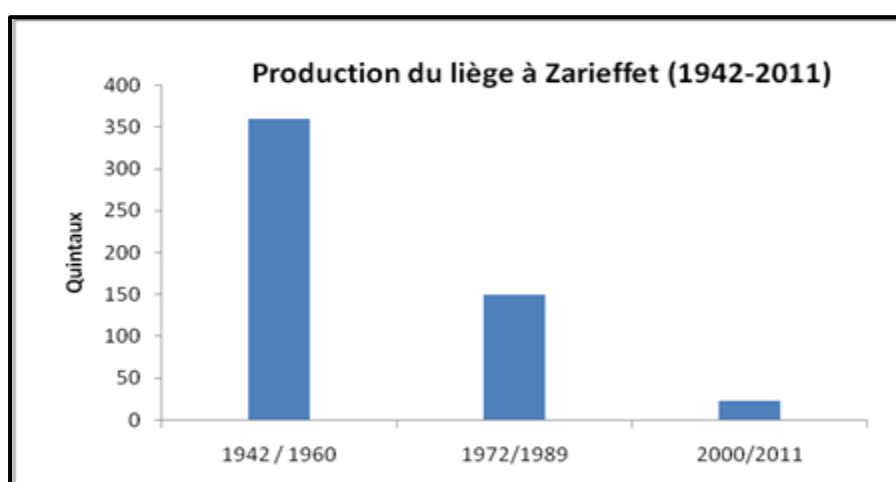


Figure 5.12 : Evolution périodique de la production du liège dans la subéraie de Zarieffet (C.F.W.T., 1996 et 2012a)

5.9. Incendies

Du point de vue économique, la région est extrêmement pauvre. Cet état de fait est dû à son isolement des agglomérations importantes d'une part et au relief assez accusé d'autre part. Les terrains propres à la culture sont réduits et leur rendement du fait des méthodes archaïques, est faible. L'économie de cette région est une économie de subsistance basée sur l'agriculture de montagne et l'élevage traditionnel. Durant toute l'année, la presque totalité des familles riveraines pratiquent toute sorte de délits, notamment l'élevage extensif, la plus grande partie du cheptel est composée d'ovins et caprins (Bouchaour-Djabeur, 2001).

Un climat sec et aride associé à une action humaine destructrice, favorisent considérablement le déclenchement des incendies en subéraies Oranaises. La récurrence de ces incendies, a beaucoup régressé les superficies de chêne-liège du massif Hafir-Zarieffèt et a curieusement façonné ses peuplements en un véritable paysage dégradé.

A Hafir, les anciens incendies notamment de 1892, 1920 et 1956 ont favorisé le déclenchement du processus de dégradation, surtout au niveau des cantons Oued Fernane et S'rutou, où étaient concentrés les plus beaux boisements de chêne-liège. La surface de subéraie ravagée au premier incendie a atteint 1 203 ha, soit le quart du peuplement (C.O.IT., 1969c).

Aucun autre incendie important n'a été signalé par la suite jusqu'en 1994 où plus de 640 ha ont été détruits (dont 450 ha à Oued Fernane) (C.F.W.T., 1995b). En 2001, un nouvel incendie a endommagé toutes les régénérations bien venantes qui étaient apparues par endroits. Ceux de 2004 et 2005 totalisent une superficie de 200 ha. Les statistiques des superficies de chêne-liège incendiées à Hafir entre 1882 et 2008 totalisent 509 ha (Fig. 5.13) et révèlent que la forêt a subi deux incendies très graves et très rapprochés dans le temps (1994-2005) (C.F.W.T., 2012b). Ce sont ces incendies récurrents et non espacés qui sont les plus destructeurs.

La subéraie de Zarieffèt est la plus touchée par le phénomène d'incendie, le chêne-liège tend à disparaître de cette forêt avec ce rythme affreux de feux. La majorité de la subéraie est dégradée et improductive (Fig.48). Durant la période 1981 - 2008 soit 27 ans, la subéraie de Zarieffèt a perdu 1 726 ha de chêne-liège (C.F.W.T., 2012b), déjà perturbés par les incendies du passé.

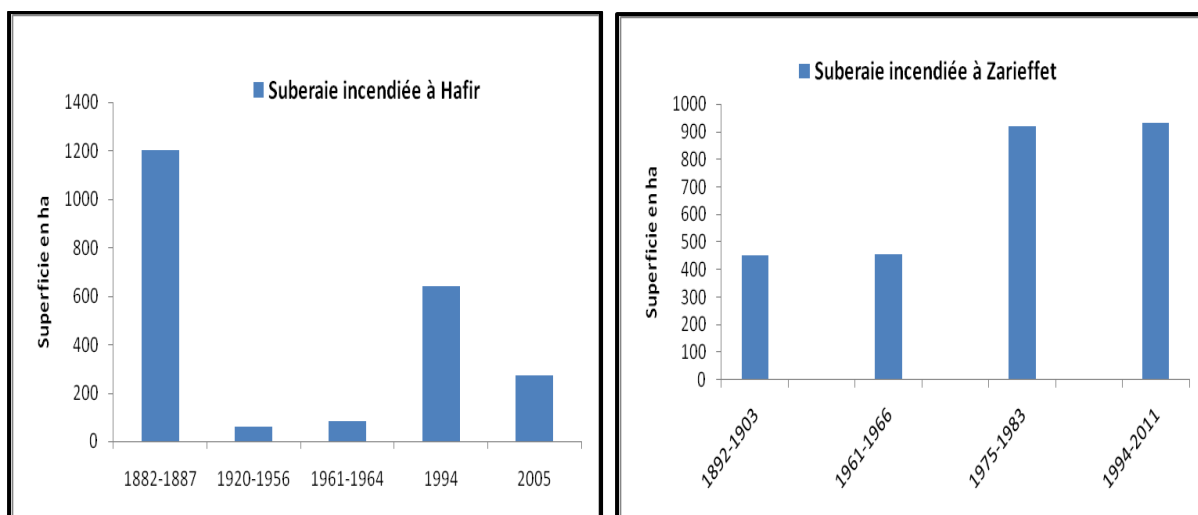


Figure 5.13 : Statistique des superficies incendiées à Hafir et Zariéffet (1882 - 2005)
(C.F.WT., 2012b)

Chapitre 6 : Echantillonnage et description des placettes

Table des matières

6.1. Méthodologie de travail.....	144
6.1.1. Echantillonnage	144
6.1.2. Description écologique et forestière des placettes.....	145
6.1.3. Descripteurs dendrométriques, d'exploitation et sanitaires des arbres	146
6.1.4. Caractérisation de la glandée.....	146
6.1.5. Analyse Statistique	148
6.2. Résultats	150
6.2.1. Description écologique et forestière des placettes.....	150
6.2.2. Description dendrométrique, d'exploitation et sanitaire des arbres	154
6.2.3. Caractérisation de la glandée.....	159
6.2.3.1. Floraison	160
6.2.3.2. Variation de la fréquence et de l'importance de la glandée	160

6.1. Méthodologie de travail

6.1.1. Echantillonnage

En parcourant les différents cantons du peuplement, nous avons constitué un plan d'échantillonnage dirigé sur le principe de faire varier la densité, l'âge, le couvert, la nature du peuplement, l'origine du peuplement, etc., d'une placette-échantillon à l'autre.

Des visites prospectives dans l'ensemble des deux forêts d'études ont précédé notre échantillonnage. Elles nous ont permis d'identifier les différentes placettes. Elles sont incluses dans le réseau de surveillance de l'état sanitaire des subéraies de l'Ouest algérien installé depuis 1999 par Bouhraoua (Bouchaour-Djabeur, 2001 ; Bouhraoua et al., 2002 ; Bouhraoua, 2003).

Après avoir ciblé les peuplements, et en essayant d'avoir une certaine hétérogénéité en passant d'une placette à une autre, nous avons opté pour l'installation de placettes circulaires de 7 à 20 ares (le rayon change donc de 15 à 25 m en fonction de la densité du peuplement). La phase de terrain abordée ci-après s'est déroulée au cours des années 2009, 2010 et 2011.

Dix placettes alors ont été mises en place, cinq dans la forêt de Hafir et cinq autres dans celle de Zariéffèt. Cinq arbres au niveau de chaque placette ont été choisis et numérotés de 1 à 5 afin de les repérer. A partir du premier arbre repéré, le reste des arbres a été choisi par la méthode du plus proche voisin (Mueller-Dembois et Ellenberg, 1974), mais ils doivent être représentatifs autant que possible de l'ensemble des arbres de la placette.

Toutefois, les jeunes sujets issus de souche ou de reboisement, et dont le liège mâle flambé ou non, n'avait pas encore été enlevé, n'ont pas été pris en considération. Quand la tige est composée de plusieurs brins de taillis, nous n'avons retenu que le plus gros brin, et s'ils sont de même grosseur, un brin est choisi au hasard. Nous avons évité d'inventorier les peuplements récemment incendiés ou subissant une très forte action anthropique (bord des routes, pare-feu, zones urbanisées).

Les positions des placettes ont été repérées au GPS (Geographic Positioning System). Et pour mieux les caractériser, nous avons effectué la mesure, l'analyse, la description ou

l'observation de plusieurs paramètres, certains sont liés aux placettes (10) et d'autres aux arbres (50).

Le plan de collecte des données a porté sur des renseignements de situation générale (Coordonnées GPS, exposition, sol, etc.) et des mesures de certaines variables à l'échelle individuelle de l'arbre. Quelques descripteurs sont des mesures ou calculés, d'autres sont estimés sous forme de notes ou de simples observations personnelles.

6.1.2. Description écologique et forestière des placettes

Les caractéristiques écologiques et forestières sont des informations élémentaires pour définir les placettes d'étude. Elles précisent les descripteurs stationnels (géographie, topographie, altitude, pente, exposition, etc.); les descripteurs édaphiques et autres descripteurs qui sont toujours nécessaires pour décrire et analyser le peuplement du point de vue sylvicole, fréquentation humaine, régénération, aménagements, etc. La profondeur du sol est obtenue à l'aide d'une tarière pédologique à vis hélicoïdal (20 cm) appliquée en plusieurs points des placettes. L'épaisseur de la couche de la litière a été déterminée sur terrain (Tab. 6.1).

Tableau 6.1 : Différentes classes des descripteurs écologiques et forestiers des placettes

Descripteurs	Classes
Affleurement rocheux	1 (absent), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)
Epaisseur de la litière	1 (< 0,5cm), 2 (0,5 – 1cm), 3 (1 - 2 cm), 4 (> 2cm)
Profondeur du sol	1 (moins profond <60 cm), 2 (profond >60 cm)
Nature du peuplement	1 (pur), 2 (mêlé)
Origine du peuplement	1 (naturel), 2 (artificiel), 3 (mixte)
Sous-bois	1 (nul), 2 (réduit), 3 (moyen), 4 (dense), 5 (très dense)
Régénération	1 (aucune), 2 (rare), 3 (moyenne), 4 (forte)
Densité des arbres	1 (faible), 2 (moyenne), 3 (dense), 4 (très dense)
Fréquentation humaine	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)
Pâturage	1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (abondant)
Concurrence	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)
Incendie	1 (absent), 2 (dernier passage visible)

6.1.3. Descripteurs dendrométriques, d'exploitation et sanitaires des arbres

Ces caractéristiques (Tab. 6.2) intéressent les 50 arbres des dix placettes d'étude, elles concernent :

- **Les descripteurs dendrométriques** estimant la croissance des arbres. Ils comportent la hauteur totale des arbres (au Blum-Leiss) et la circonférence à 1,30 m du sol (au ruban mètre).
- **Les descripteurs d'exploitation** donnant la qualité d'exploitation (hauteur de dernière levée, nombre de démasclage et coefficient de démasclage « Cd » calculé à partir de la formule de Boudy (1950, 1952) et Natividade (1956) :
Cd= hauteur démasclée /circonférence à 1,30 m.
- **Un descripteur sanitaire** des arbres, « le déficit foliaire » regroupé en 3 classes, pour voir l'impact de l'état sanitaire de l'arbre sur la qualité des glands. Nous avons pris en considération l'analyse de la cime (utilisée dans les études symptomatologiques) qui nous interprète la vitalité des arbres. Ce déficit foliaire traduit la perte des feuilles dans la partie fonctionnelle de la cime (Landmann, 1988 ; Boneau et Landmann, 1988).
- **Autres descripteurs** : Branches mortes et/ou cassées – Gourmands - Ecoulements divers - Feuillage

6.1.4. Caractérisation de la glandée

Le fruit du chêne-liège constitue l'organe primordial de régénération qui dépend fortement de la régularité et de l'abondance des glandées, aussi de la taille (haute valeur énergétique) et de l'état phytosanitaire des glands (Suszka et al., 1994 ; Merouani et al., 2001). En effet la connaissance des rythmes des glandées des arbres et les causes de leurs fluctuations annuelles est d'un grand intérêt pour le sylviculteur (Mtarji, 1987 in Fraval, 1991) ainsi que pour le pépiniériste dont le rôle, est d'assurer une production permanente de plants de qualité.

Pour évaluer la glandée, le choix des arbres était régit par le critère fructification, qui n'a été abordé que d'une manière subjective et nous a conduit à identifier, au préalable et visuellement, les placettes jugées à fructification moyenne.

Ordinairement, la glandée du chêne-liège passe par trois phases :

- la prématurée des mois de septembre et d'octobre
- la deuxième des mois de novembre et de décembre
- la tardive de fin décembre à la fin du mois de Janvier

Il est souvent recommandé de cueillir exclusivement les glands de la deuxième fructification. Dans notre zone d'étude, la chute des glands intervient souvent dès la première semaine d'octobre et s'effectue encore en novembre et même en décembre. Mais réellement, la période potentielle de récolte est inévitablement courte, elle est en fonction de l'anthropisation de la forêt, de la présence des rongeurs, etc.

En automne des années 2009 à 2011 (avant que les glands commencent à tomber), nous avons estimé régulièrement la glandée des 10 placettes choisies, soit 50 arbres répartis en 25 arbres à Hafir et 25 autres à Zariéffet. Pour cette estimation, nous avons utilisé l'échelle de notation suivante :

0 : glandée nulle où l'arbre ne porte aucun gland ;

1 : très faible (< 20 glands)

2 : glandée faible où l'arbre porte 20 à 50 glands selon la cotation de Marion (1956b) ;

3 : glandée moyenne entre 50 et 200 ;

4 : glandée abondante où l'arbre porte beaucoup de glands (> 200 glands).

Selon Bouhraoua (2003), nous spécifions pour cette étude l'indice d'abondance globale de la glandée (I_{ag}), qui se calcule à l'échelle de la placette et/ou de la forêt en divisant le total des notes par l'effectif des arbres examinés.

L'évaluation est faite suivant l'échelle suivante :

- $I_{ag} \leq 1$: glandée faible traduisant une mauvaise année de production où les arbres sont globalement inféconds ;
- $1 < I_{ag} < 2$: glandée moyenne traduisant une année de moyenne production où les arbres sont moyennement féconds ;

- Iag > 2 : glandée abondante traduisant une bonne année où les arbres sont très féconds.

Tableau 6.2 : Différentes classes des descripteurs des arbres

Type des descripteurs	Descripteurs	Classes
Sanitaire	Déficit foliaire	1 (< 25% arbre sain), 2 (25 - 60% arbre affaibli), 3 (61 - 95% arbre dépérissant).
Dendrométriques	Hauteur totale	1 (< 6 m), 2 (6 - 7 m), 3 (7,1 - 10 m), 4 (> 10 m)
	Circonférence	1 (< 70 cm), 2 (70 - 109 cm), 3 (110 - 149 cm), 4 (150 - 189 cm), 5 (> 189 cm)
Exploitation	Nombre d'écorçage	1 (aucun), 2 (1 écorçage), 3 (2 écorçages), 4 (3 écorçages), 5 (4 et plus)
	Hauteur d'écorçage	1 (aucune), 2 (< 1,5 m), 3 (1,5-2,4 m), 4 (2,5-3,4 m), 5 (> 3,4 m)
	Coefficient d'écorçage	1 (aucun), 2 (< 1,5), 3 (1,5 - 2,49), 4 (2,5 - 3,4), 5 (> 3,4)
Autres		
Branches mortes et/ou cassées	Branches mortes et/ou cassées	1 (aucune), 2 (1 - 3), 3 (> 3)
Gourmands	Gourmands	1 (aucun), 2 (faible : 1 - 15 gourmands), 3 (moyen : 16 - 30), 4 (important : > 30)
Écoulement divers	Écoulements divers	1 (aucun), 2 (faibles), 3 (moyens), 4 (importants)
Feuillage	Feuillage	1 (feuilles malades), 2 (petites feuilles), 3 (feuilles normales)

6.1.5. Analyse Statistique

Les différentes variables étudiées ont fait l'objet d'un traitement statistique par les logiciels : « Minitab 16 », « XLstat 2014 » (www.xlstat.com/fr/téléchargement/html) et « R » (<http://www.R-project.org>).

Ils ont inclus une statistique descriptive, ou comparative. Les tests statistiques univariés regroupent certains paramètres de position et de dispersion (moyenne, écart type, coefficient de variation) (Dagnelie, 1973). Ils nous permettent de quantifier la variabilité de certaines mesures dendrométriques, d'exploitation, ou de glandée. Nous avons aussi effectué des ANOVA à un seul critère et deux critères de variation pour comparer différentes moyennes obtenues de l'importance de la glandée, ainsi que la régression pour déterminer les possibles corrélations entre certains paramètres étudiés.

Pour les tests multi variés, et pour analyser la relation entre plusieurs variables (> 2), la technique que nous avons utilisée est celle de l'analyse en composantes principales (ACP) qui s'adapte aux données quantitatives. Elle propose une représentation dans un espace de dimension réduite, permettant ainsi de mettre en évidence d'éventuelles structures au sein des données. Pour cela, nous recherchons les sous-espaces dans lesquels la projection du nuage déforme le moins possible le nuage initial.

Il s'agit d'étudier un tableau individus (Placettes) x variables (descripteurs) et voir le degré de corrélation entre les différents descripteurs des arbres. L'ACP consiste à rechercher un petit nombre de nouvelles variables appelées « composantes principales », non corrélées entre elles, et résumant aussi bien que possible les données de départ. Plusieurs critères permettent d'obtenir ces dernières : le critère de l'inertie est le plus utilisé (Pearson, 1901 in Aldrich J., 2013).

A chaque variable, on associe un point dont la coordonnée sur un axe factoriel est une mesure de la corrélation entre cette variable et le facteur (Axe 1 ou Axe 2). Donc par projection sur un plan factoriel, les variables s'inscrivent dans un cercle de corrélation de rayon 1. Elles sont d'autant plus proches du bord du cercle que la variable est bien représentée par le plan factoriel. Aussi, les points les plus intéressants sont généralement ceux qui sont assez proches d'un des axes, et assez loin de l'origine. Ces points sont bien corrélés avec cet axe et sont les points explicatifs pour ce dernier : Ce sont les points les plus "parlants" sur le plan factoriel.

6.2. Résultats

6.2.1. Description écologique et forestière des placettes

Les caractéristiques écologiques qui nous décrivent les placettes d'étude sont illustrées dans le tableau 6.3. Dans la subéraie de Hafir, les deux placettes (H1 et H2) sont installées dans le canton Oued Fernane. La première à 1230 m et la seconde à 1265 m d'altitude en moyenne, elles présentent un relief accidenté, où nous enregistrons une pente variant entre 8 et 41 %. Les deux autres placettes (H3 et H4) sont localisées dans le canton Maison forestière à 1230 m d'altitude et à pente douce (6 à 10 %). La cinquième placette est située dans le même canton que H3 et H4 à 1418 m d'altitude et à terrain généralement plat. Les placettes de Zariéffet sont toutes assises dans le canton Zariéffet. L'altitude moyenne est de 1130 m, la pente de 10 à 40 % et l'exposition à prédominance Nord (Fig. 6.1).

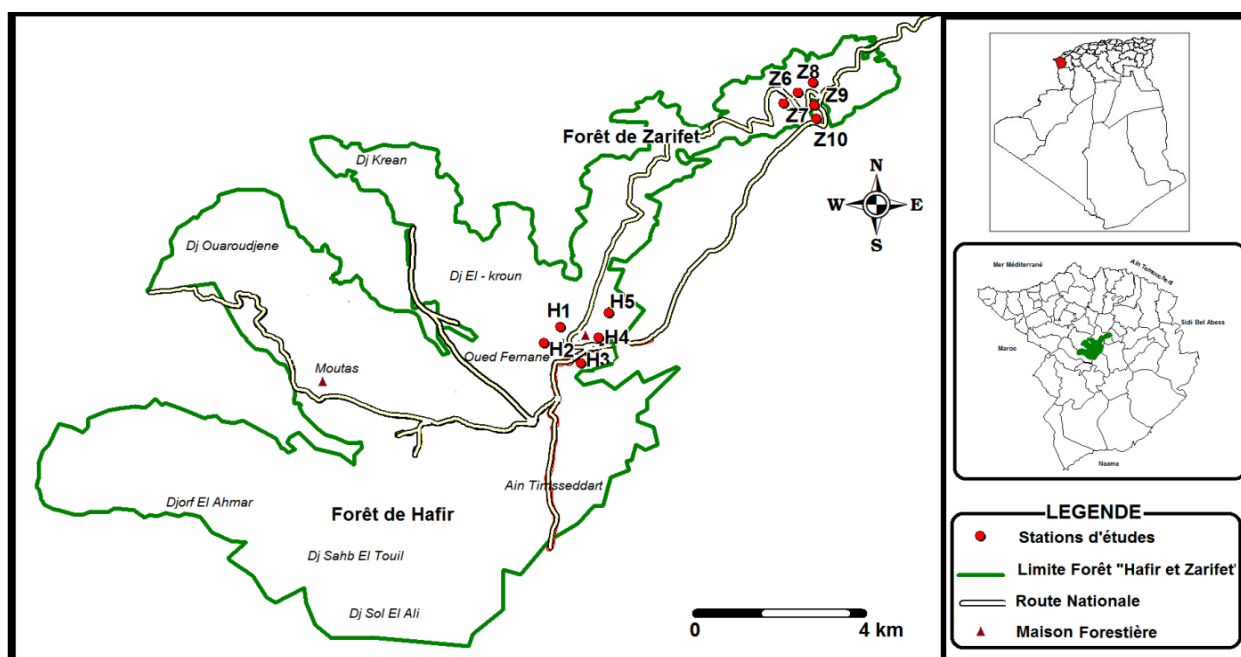


Figure 6.1 : Répartition des placettes d'étude dans les forêts Hafir et Zariéffet (Original)

Tableau 6.3 : Descripteurs écologiques et forestiers des placettes

Forêts	Hafir					Zarieffet				
Eléments descriptifs	H1	H2	H3	H4	H5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10
Canton	Oued Fernane		Maison forestière			Zarieffet				
Coordonnées Lambert	34° 46' 39.8'' N 1° 25' 27.7'' O	34° 46' 37.1'' N 1° 25' 53.7'' O	34°46'33,11''N 1°25'51,83''O	34° 46' 48''N 1° 25' 32'' O	34° 47' 15.3'' N 1° 25' 26.3'' O	34° 50' 15.3'' N 1° 22' 35.3'' O	34° 50' 13.7'' N 1° 22' 37.7'' O	34° 50' 19.5'' N 1° 22' 32.6'' O	34°50'8,1978''N 1°22'33,1111''O	34°49'53,626''N 1°22'28,248''O
Altitude moyenne (m)	1230	1265	1270	1231	1418	1136	1138	1134	1155	1070
Topographie du terrain	Mi-versant		Haut du versant			Mi-versant		Mi-versant		Haut du versant
Exposition	Nord-ouest		Sud-est		Toutes	Nord-est		Nord		Nord-est
Pente (%)	8 - 41		6 - 10		0 - 3	30 - 40		15		10
Distance à la mer (Km)	63					53				
Affleurement rocheux*	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Epaisseur moyenne de la litière (cm)	1	1	2	2	2	3	3	2	2	3
Profondeur du sol (cm)	1 - 2	1	1 - 2	2	1 - 2	2	2	2	2	1 - 2
Nature du peuplement	Pur	Pur	Mélangé	Mélangé	Pur à 80%	Pur	Mélangé	Mélangé	Pur	Mélangé
Origine du peuplement	Naturel	Naturel	Artificiel	Mixte	Naturel	Naturel	Naturel	Naturel	Naturel	Naturel
Sous-bois*	3	3	3	2	2	2	2	2	2	4
Régénération*	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1
Densité des arbres*	140	130	190	150	80	100	100	60	70	70
Fréquentation humaine*	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
Pâturage*	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1
Concurrence*	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2
Incendie*	1994	0	0	0	2004 2008	0	0	2004 2008 2011		1994

* : en note

A Hafir comme à Zariéffet, les sols sont régulièrement pierreux avec un affleurement rocheux modéré et par endroit. Ils sont fréquemment profonds (> 100 cm), sauf dans quelques secteurs où ils sont superficiels. La litière forme une couche faible à moyenne d'un humus très peu décomposé, n'excédant pas 1,5 cm en moyenne.

Les peuplements sont majoritairement naturels donnant un aspect irrégulier. Les chênes-liège de la placette H3 d'origine artificielle présentent par contre un aspect régulier. Ces peuplements sont purs, parfois mélangés avec soit du chêne vert, soit du chêne zeen, soit du chêne vert et zeen dans la placette 7, ou bien encore avec les chênes vert et kermès dans la placette 10. Nous notons quelques brins de taillis provenant de différentes coupes licites ou illicites ou encore du passage du feu. Le sous-bois est faible à moyen, il est dense à Z10 (Pl. 6.1A). La régénération naturelle est quasiment absente. En revanche, nous avons noté quelques semis bien cachés de la dent de l'animal. En général, la densité des peuplements est moyennement dense à dense (80 à 190 pieds à l'hectare), les placettes 8, 9 et 10 de Zariéffet présentent par contre une densité plus ou moins faible (60 à 70 sujets à l'hectare).

L'anthropisation est moyenne à forte et le bétail plus ou moins abondant (Pl. 6.1B). Les arbres sont le plus souvent mal charpentés, des fois, les cimes sont étrencées et la circonférence ne s'accroît que lentement. Cette dernière n'atteint la dimension de démasclage qu'à un âge parfois avancé. Beaucoup d'arbres sont réduits à un tronc et quelques grosses branches ornées de maigres touffes de gourmands (Pl. 6.1C et D). En général, à la périphérie des subéraies, seuls les gros arbres produisant des glands et procurant de l'ombrage pour les riverains sont respectés et en bon état. La concurrence est nette dans les placettes H3 et Z7, là où le chêne vert prédomine en altitude. Des empreintes de feu sur les troncs de quelques sujets des placettes sont visibles. Elles résultent des derniers passages de feu de 2004, 2006, 2008 et 2011.



Planche 6.1 : Quelques caractéristiques écologiques et forestières des placettes :

A : Sous bois moyen à dense à Hafir (Original, 2010)

B : Pâturage et présence humaine en forêt domaniale de Zarieffet (Original, 2010)

C et D : Chênes-liège déformés pleins de gourmands à Hafir (Original, 2010).

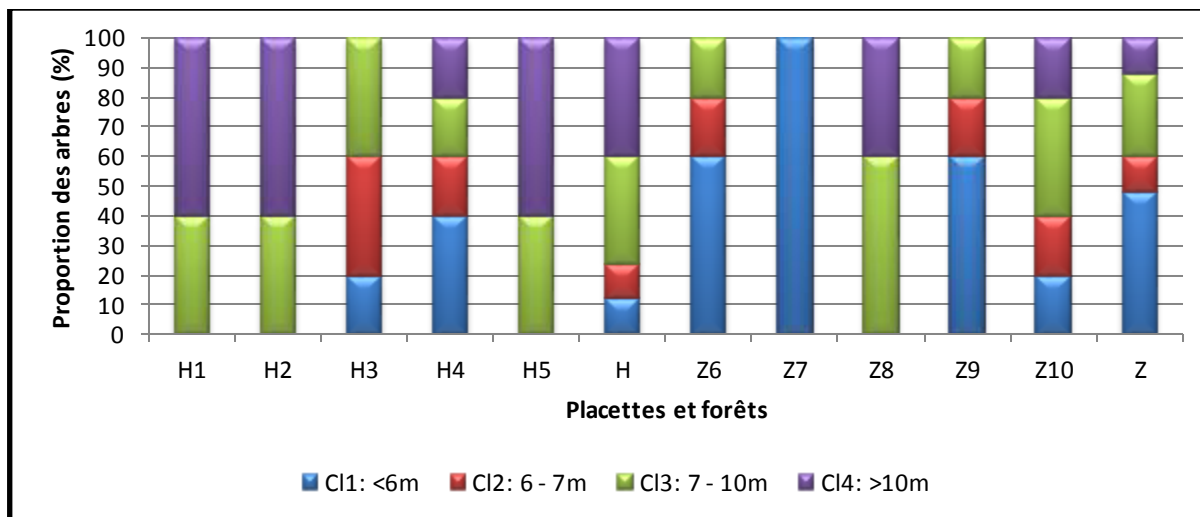
6.2.2. Description dendrométrique, d'exploitation et sanitaire des arbres

Nous avons rassemblé les caractéristiques moyennes dendrométriques et d'exploitation des arbres-échantillons dans le tableau 6.4. La hauteur totale moyenne des arbres des différentes placettes varie de 4,78 à 11,64 m, avec un maximum de 14 m en H2 et un minimum de 3 m en Z6. Leur distribution en classes de hauteur nous a permis de distinguer que 100 % des arbres de grande taille (> 7 m) de H1 et H2 dépassent largement 7 m avec respectivement 40 % et 60 % des classes 3 et 4. Ces dernières constituent 76 % en forêt de Hafir, alors qu'elle ne représente que 40 % à Zariéffèt. Les arbres appartenant aux classes 1 et 2 dominent plus à Zariéffèt (60 % à Z6, Z7 et Z9) qu'à Hafir (24 % à H3 et H4). Tous les arbres de la placette 7 ne dépassent pas les 6 m (Fig. 6.2).

Tableau 6.4 : Valeurs moyennes et écart-types des caractéristiques dendrométriques et d'exploitation des arbres dans les dix placettes d'étude

Placettes	Hauteur (m)	Circonférence (cm)	Nombre d'écorçage	Hauteur d'écorçage (m)	Coefficient d'écorçage
H1	10,54 ±0,55 (10 - 11,20)*	136,8 ±54,38 (71 - 219)*	2,6 ±0,89 (2 - 4)*	2,83 ±2,61 (1,55 - 7,50)*	1,94 ±1,01 (1,07 - 3,42)*
H2	11,64 ±2,97 (7,20 - 14)*	288 ±162,28 (88 - 448)*	5,4 ±1,95 (3 - 8)*	4,22 ±2,39 (1,60 - 7)*	1,55 ±0,52 (1 - 2,32)*
H3	7,16 ±1,81 (5,30 - 9,20)*	62,8 ±15,51 (48 - 86)*	1,4 ±0,55 (1 - 2)*	1,64±0,12 (1,45 - 1,72)*	2,72 ±0,64 (1,98 - 3,44)*
H4	7,24±2,69 (4,40 - 11)*	93±15,46 (70 - 110)*	2,4 ±0,55 (2 - 3)*	1,53 ±0,28 (1,20 - 1,85)*	1,66±0,27 (1,32 - 2,01)*
H5	10,58 ±2,46 (7,60-13)*	108±27,68 (91-157)*	3±0,00 (3-3)*	2,39 ±0,47 (1,80-2,84)*	2,28±0,54 (1,81 - 2,97)*
Z6	5,46 ±1,83 (3 - 8)*	51,4±6,99 (45 - 63)*	1 ±0,00 (1 - 1)*	1,22 ±0,04 (1,20 - 1,25)*	2,56 ±0,15 (2,45 - 2,67)*
Z7	4,78 ±0,51 (4 - 5,30)*	58,6 ±5,03 (50 - 63)*	0,00	0,00	0,00
Z8	10,54 ±2,67 (7,60 - 14)*	108,8 ±30,17 (71 - 145)*	1,8 ±0,45 (1 - 2)*	2,66 ±1,31 (1,92 - 5)*	2,43±0,72 (1,68 - 3,45)*
Z9	5,84 ±1,06 (5 - 7,60)	70,6 ±12,50 (51 - 85)*	1,2 ±0,45 (1 - 2)*	1,57 ±0,16 (1,44 - 1,85)*	2,26 ±0,32 (2,04 - 2,82)*
Z10	7,88 ±2,60 (5,60 - 12,30)*	95,6 ±28,34 (61 - 140)*	2,2 ±0,45 (2 - 3)*	2,12±0,44 (1,70 - 2,80)*	2,29 ±0,45 (1,85 - 2,95)*

* : Minimum et maximum des caractéristiques dendrométriques et d'exploitation



Cl : Classe

Figure 6.2 : Distribution des classes de hauteur totale des arbres échantillons

La circonférence moyenne oscille entre 58,4 cm et 288 cm, elle est très influencée par les valeurs extrêmes. Elle atteint extrêmement 448 cm à H2, le minimum de 45 cm est enregistré à Z6. La représentation graphique des circonférences (Fig. 6.3), expose une grande masse des arbres appartenant aux deux premières classes (60 % à Hafir et 88 % à Zariéffet) avec quelques déséquilibres et une insuffisance en arbres de certaines classes surtout les plus âgés dus à leur mortalité. Particulièrement, ceux de la classe 2 (70 – 109 cm) sont majoritaires à Hafir (H4 et H5) comme à Zariéffet (Z8, Z9 et Z10) avec respectivement 80 % et 60 %. La classe 3 est moyennement représentée dans l'ensemble des placettes, tandis que les classes 4 et 5 figurent faiblement à Hafir avec respectivement 12 et 16 %. Elles sont complètement absentes à Zariéffet. Le paramètre écart-type montre que les circonférences des arbres en H2 et H1 sont les plus dispersées autour de leur moyenne.

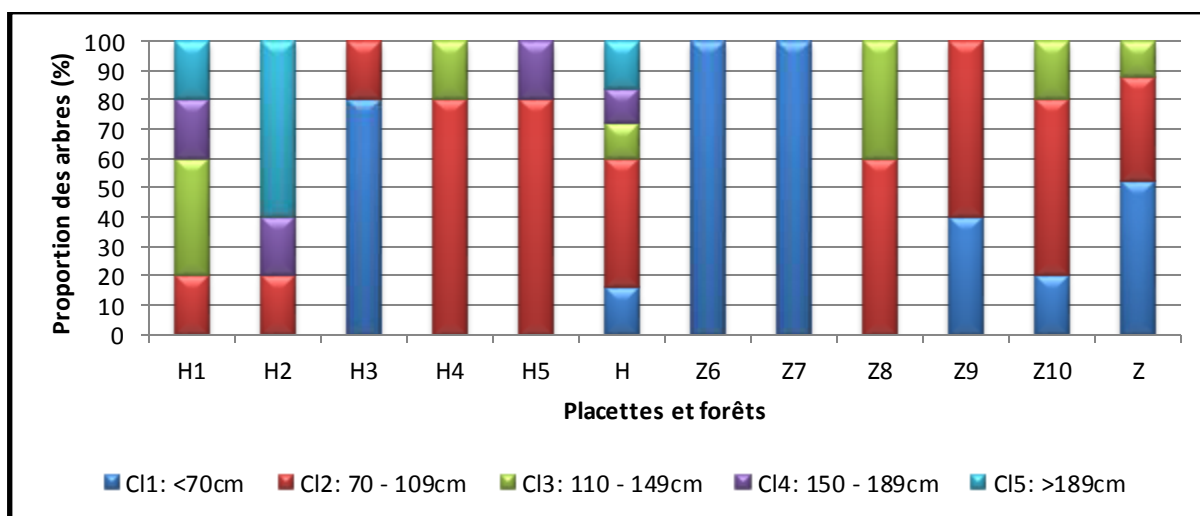


Figure 6.3 : Distribution des classes de circonférence des arbres échantillons

68 % des arbres ont été **démasclés** à Zariéffèt, alors que 32 % n'ont subi aucune mise valeur (100 % à Z7). Les arbres qui ont subi 2 et 3 écorçages (classes 3 et 4) sont fortement représentés dans toutes les placettes, excepté Z7. 80 % des arbres de H2 ont subi plus de 4 écorçages (Fig. 6.4). Nous notons une certaine incohérence concernant ce paramètre. Bien que 80 % des arbres de H3, 100 % de Z6 et 40 % de Z9 n'ont pas encore atteints la circonférence minimale (au moins 60 cm) pour leur mise en valeur, ils ont déjà reçu 1 à 2 écorçages.

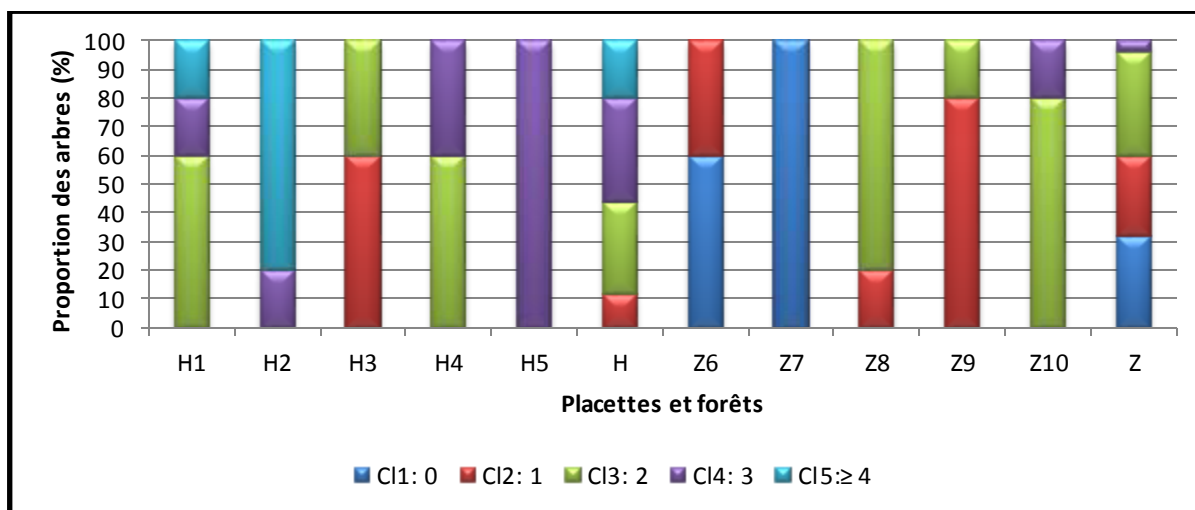


Figure 6.4 : Distribution des classes du nombre d'écorçage des arbres échantillons

La hauteur d'écorçage moyenne balance entre 1,22 m et 4,22 m, un maximum de 7 m est atteint à H2 et le minimum de 1,20 m à Z6. 60 % des sujets de H2 appartiennent à la classe 5 ($> 3,4$ m), par ailleurs, cette dernière ainsi que la classe 4 sont faiblement représentées dans certaines placettes et parfois absentes dans d'autres. Les arbres ayant une hauteur d'écorçage comprise entre 1,5 m et 2,4 m (classe 3) sont dominants (56 % à Hafir et 44 % à Zariéffèt) (Fig. 6.5). Les arbres-échantillons vivant dans des **conditions plus ou moins bonnes** (H3) subissent des hauteurs d'écorçage dépassant largement les limites rappelées par Bouhraoua (2003) : « à chaque écorçage, une hausse de 25 à 40 cm est pratiquée mais en faisant en sorte qu'à la dernière récolte, la hauteur d'écorçage ne dépasse pas les 4 m dans de bonnes conditions et 2,5 à 3 m dans le cas contraire ».

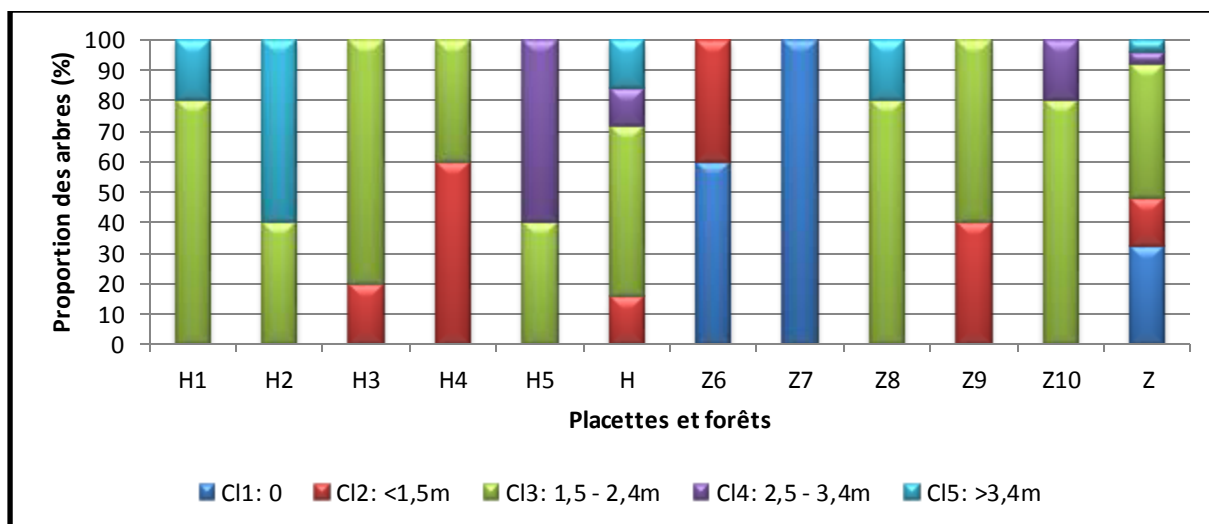


Figure 6.5 : Distribution des classes de hauteur d'écorçage des arbres échantillons

Le coefficient d'écorçage moyen varie de 1,55 à 2,72 (classes 3 et 4), il est admis pour des sujets de montagne comme ceux de Zariéffèt et Hafir. La grande part des arbres reflète un coefficient d'écorçage compris entre 1,5 et 2,4 (classe 3), ils atteignent 80 % à H4 et Z9. Néanmoins, nous notons quelques exagérations, comme pour la placette H3 qui affiche la valeur extrême de 3,44 malgré la petite taille des arbres. Alors que 20 % des arbres de H1 ne sont pas encore démasclés et 60 % de H1 et H2 présentent un coefficient d'écorçage < 1,5 (classe 2), sachant que la hauteur et la circonférence des sujets des deux placettes dépassent largement 7 m et 70 cm respectivement (Fig. 6.6).

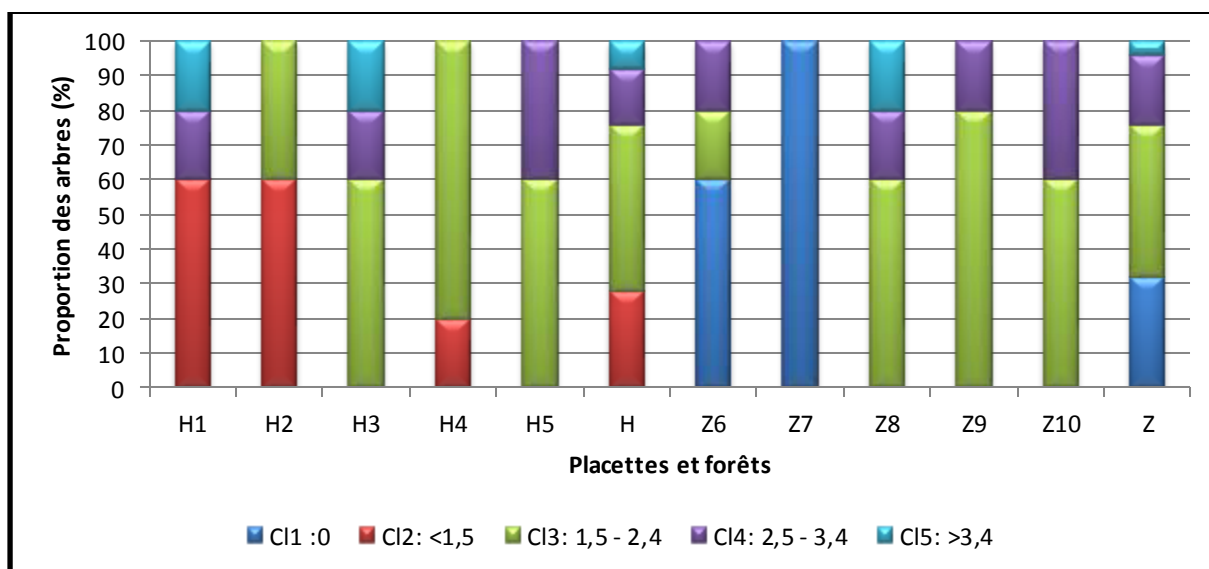


Figure 6.6 : Distribution des classes de coefficient d'écorçage des arbres échantillons

En ne prenant comme critère de l'évaluation sanitaire des arbres que le **déficit foliaire**, la figure 6.7, montre bien que la plupart des placettes exposent des proportions supérieures à 60 % de sujets sains, mis à part la placette H2 qui est constituée de 80 % de sujets affaiblis, ce qui est tout à fait naturel, vue leurs hauteurs et leurs circonférences, ce sont de vieux chênes-liège. Nous avons noté également énormément de trous d'insectes sur ces grands troncs. Ces insectes se manifestent comme des ravageurs secondaires, ils colonisent aussi bien le bois que le liège (Pl. 6.2A et B). Au niveau forêts, Hafir contenant plus de vieux chênes-liège, se montre par conséquent plus affaiblie que celle de Zariéfèt contenant au contraire plus de jeunes sujets.

Une très faible proportion (4 %) des arbres de Hafir présentent de **petites feuilles**, particulièrement la placette H2 (20 %). Cette classe est plus représentée à Zariéfèt (placette Z10 avec 60 %). La placette Z6 montre une proportion assez importante de chêne-liège à feuilles malades (Pl. 6.2C). Le reste des placettes présente des arbres à feuilles normales (Fig. 6.8).

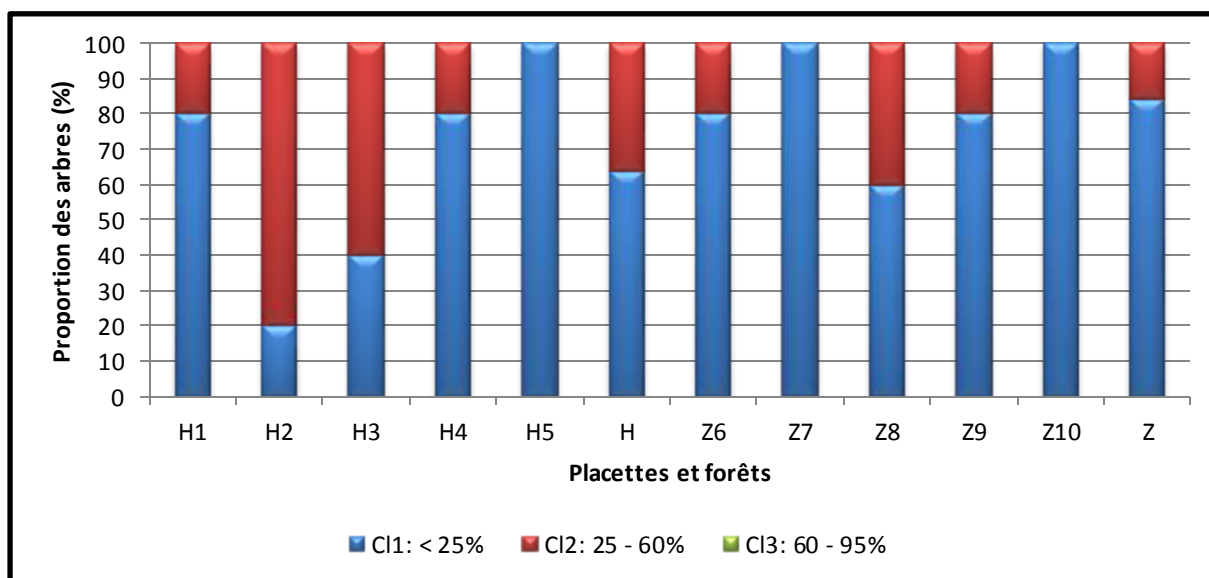


Figure 6.7 : Distribution des classes d'état sanitaire des arbres échantillons

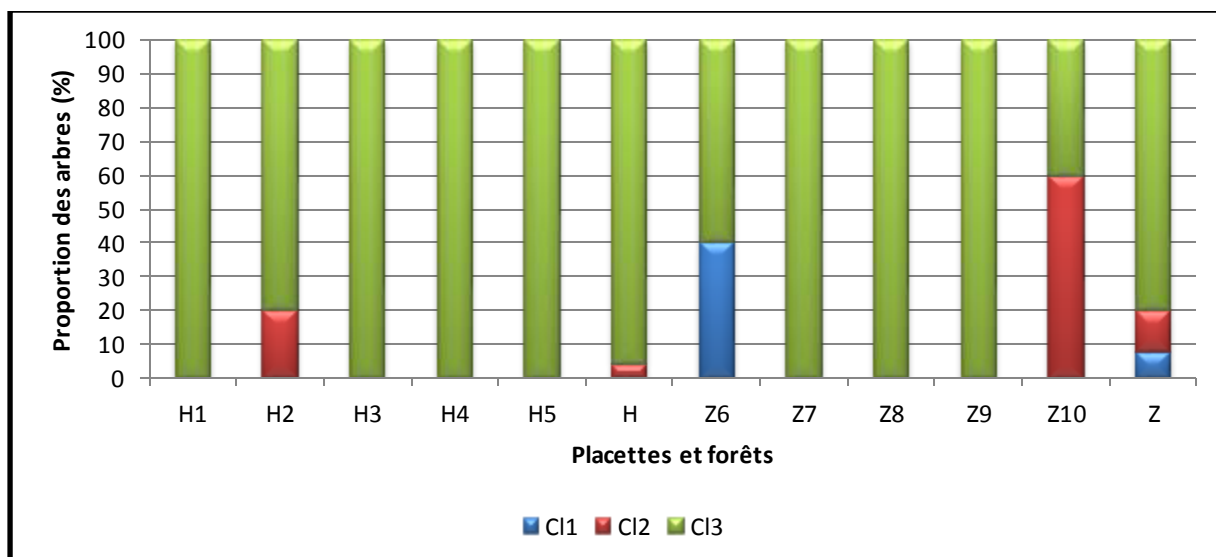


Figure 6.8 : Distribution des classes de qualité des feuilles des arbres échantillons

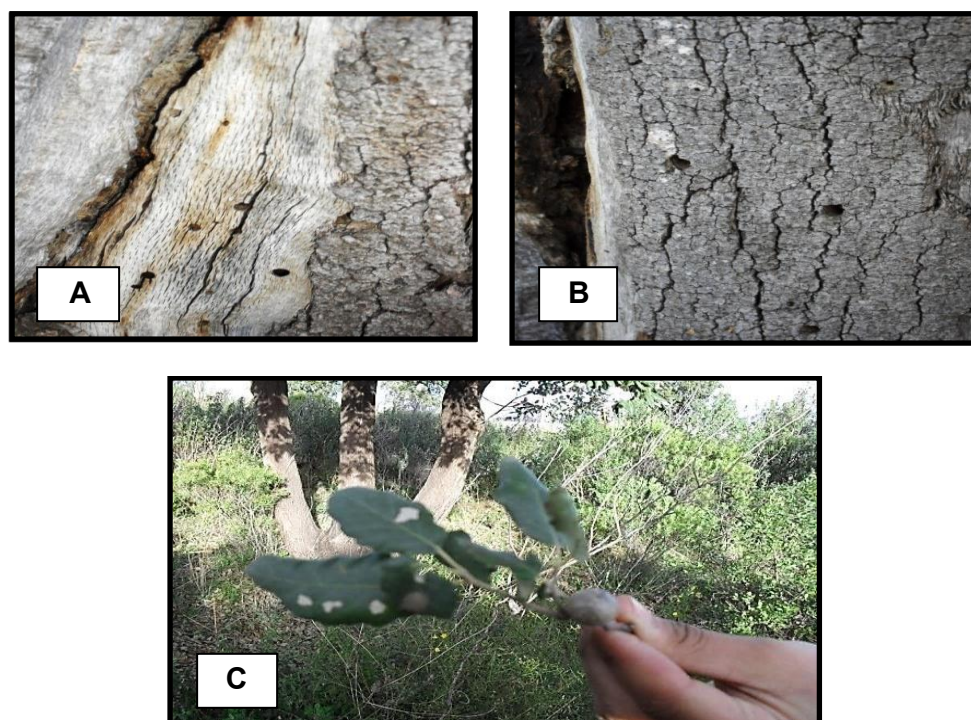


Planche 6.2 : Quelques descripteurs des troncs et feuilles des arbres :

A et B : Trous d'insectes sur troncs de chêne-liège à Hafir et Zarieffet (Original, 2009)

C : Feuilles malades à Zarieffet (Original, 2009)

6.2.3. Caractérisation de la glandée

Nous avons suivi régulièrement (2009 à 2011) la glandée des arbres des 10 placettes choisies. Nous avons apprécié son importance et sa fluctuation annuelle pour donner une brève ébauche sur ses rythmes, et essayer de rechercher les causes de sa variabilité et ses

relations avec les difficultés de régénération du chêne-liège qu'on observe dans la majorité des placettes étudiées.

6.2.3.1. Floraison

Au massif forestier de Hafir et Zariéffèt, les arbres commencent à fleurir au début d'Avril, juste après la feuillaison et terminent cette opération au début du mois de mai. Certaines fleurs donnent naissance à des glands qui se développent très vite en été. Ces derniers mûrissent en automne et débutent à tomber entre octobre et décembre.

6.2.3.2. Variation de la fréquence et de l'importance de la glandée

Les numéros 1, 2 et 3 sur les figures représentent respectivement les années 2009, 2010 et 2011.

Les résultats annoncés sur les tableaux 6.5 ; 6.6 et les figures 6.9 ; 6.10, montrent que la production des glands varie en fonction des individus, mais aussi en fonction des placettes et des années. La glandée est pratiquement défectueuse aussi bien à Hafir qu'à Zariéffèt. Mais la distribution de ces glands est très hétérogène. Selon les années, certains chênes-liège ont une bonne production alors que d'autres paraissent moins féconds.

En 2009, 48 % des arbres à Hafir et 16 % à Zariéffèt n'ont pas produit de glands. Bien que la majorité des chênes-liège n'a pas fructifié, cette année se révèle relativement favorable pour quelques placettes, notamment de Zariéffèt avec des glandées moyennes (Fig. 6.9 et Tab. 6.5, 6.6). Cependant, l'indice d'abondance globale ($I_{ag} = 2,2$) indique une glandée abondante. Tandis qu'à Hafir, l'indice d'abondance globale indique une glandée plutôt moyenne ($I_{ag} = 1,44$) (Fig. 6.10A).

L'année 2010 se dévoile catastrophique à l'échelle de la forêt, en moyenne, 60 % à Hafir et 72 % à Zariéffèt (Fig. 6.10B) n'ont pas produit de glands. En revanche, H2, H5, Z7 et Z8 affichent une production exceptionnellement abondante pour certains arbres (A6, A7, A8, A15, A19, A21, A22, A23, A24, A31, A32). L'indice d'abondance globale diminue à Zariéffèt ($I_{ag} = 1,12$) et augmente à Hafir ($I_{ag} = 1,60$), dévoilant des glandées moyennes pour les deux forêts (Fig. 6.10A, B).

En 2011, Zariéffèt affiche la même proportion d'arbres à glandée nulle (72 %), et le reste des arbres présente une glandée faible ($I_{ag} = 0,88$) (Fig. 6.10A). Hafir offre par contre

une glandée meilleure que l'année précédente avec 52 % des arbres qui ont fructifié ($I_{ag} = 1,68$) (Fig. 6.9).

En moyenne, l'indice d'abondance globale durant les trois années, énonce une glandée moyenne pour les deux forêts ($I_{ag} = 1,57$ pour Hafir et $1,40$ pour Zariéffet) (Fig. 6.10A).

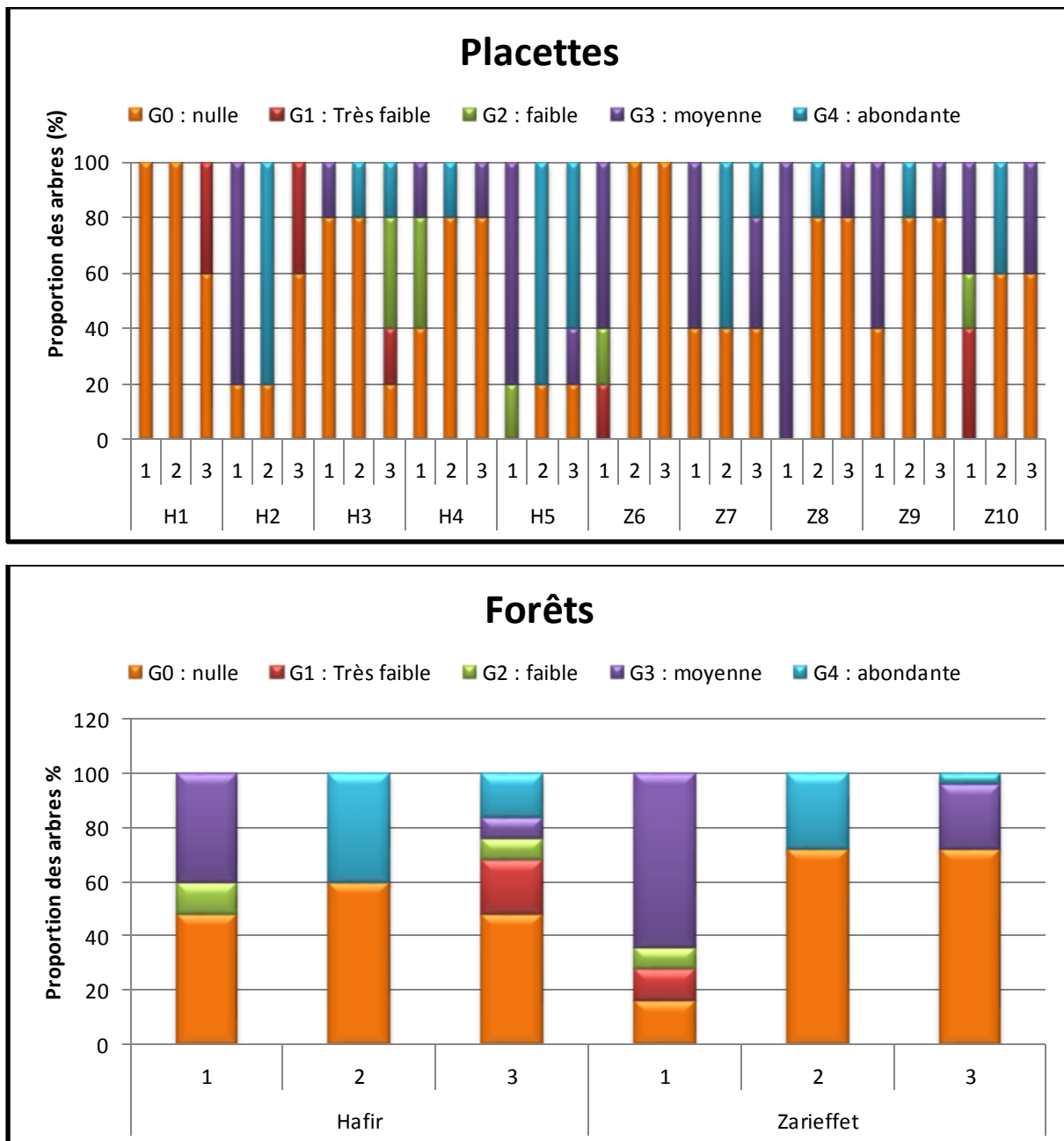


Figure 6.9 : Répartition annuelle de la glandée des chênes-liège entre 2009 et 2011 selon les 5 classes d'abondance

Tableau 6.5 : Statistiques descriptives de l'importance de la glandée des forêts domaniales Hafir NGH) et Zarieffet (NGZ) au cours des années 2009, 2010 et 2011

Variable	Effectif	Moyenne	EcType	Variance	VarCoeff	Minimum	Maximum
NGH 2009	1419	56,8	66,0	4352,1	116,23	0,0	170,0
NGH 2010	3892	155,7	198,9	39553,2	127,75	0,0	484,0
NGH 2011	1910	76,4	92,9	8629,3	121,59	0,0	230,0
NGZ 2009	1631	65,24	48,94	2395,11	75,02	0,0	170,0
NGZ 2010	2264	90,6	156,1	24361,0	172,35	0,0	480,0
NGZ 2011	777	31,1	60,4	3648,2	194,34	0,0	210,0

Tableau 6.6 : Distribution des chênes-liège de Hafir et Zarieffet selon l'importance et la fréquence des glandées entre 2009 et 2011

Forêts	Aucune glandée	Au moins une glandée	Au moins une bonne glandée	Indice d'abondance globale (Iag)			Indice d'abondance globale (3 années) (Iag3)
	%	%	%	2009	2010	2011	
Hafir	52,00	47,99	18,66	1,44	1,60	1,68	1,57
Zarieffet	53,33	46,65	10,66	2,20	1,12	0,88	1,40

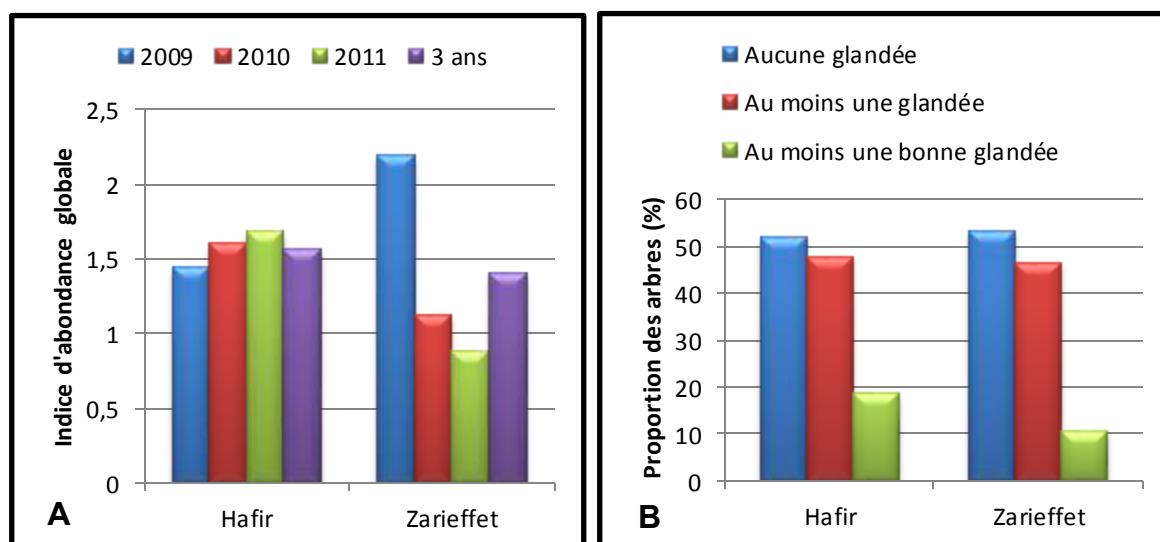


Figure 6.10 :

(A) : Indice d'abondance globale (Iag) des chênes-liège de Hafir et Zarieffet entre 2009 et 2011

(B) : Distribution des chênes-liège de Hafir et Zarieffet selon l'importance et la fréquence des glandées entre 2009 et 2011

L'importance des coefficients de variation ($> 75 \%$) ainsi que la grande taille des boîtes à moustaches indique une grande différence entre individus producteurs (Tab. 6.5). En effet, l'analyse de la variance à un facteur de la variable « importance de la glandée » en fonction des arbres, durant les trois années (Tab. 6.7) enseigne que la différence de la production des glands est extrêmement significative entre individus producteurs de Hafir ainsi qu'entre ceux de Zariéffet. La comparaison des moyennes avec la méthode de Tukey (Fig. 6.11A, 6.11B), donne les groupements suivants :

- Pour Hafir : le groupe A pour les arbres A15, A21, A23, A6, A24, A8, A22, A7, A19, A9 à glandée abondante ($I_{ai} > 3$). Le groupe B inclue les arbres A13, A18, A25, A11, A16, A2, A4, A14 à glandée très faible ($I_{ai} \leq 1$) et les autres arbres à glandée nulle.
- Pour Zariéffet : le groupe A, contient les arbres A36 et A31 à glandée abondante ($I_{ai} > 3$), le groupe AB contient A45, A32, A46, A35, A47 à glandée moyenne et le groupe B pour tous les autres arbres à glandée faible, très faible et nulle.

L'analyse de la variance à un seul critère pour l'effet année (Tab. 6.7), montre que la différence de la glandée est peu significative pour Hafir et non significative pour Zariéffet (Fig. 6.11C, 6.11D). Pour Hafir, le groupement par le test de Tukey attribue la meilleure glandée au groupe A en 2010 (155,7), intermédiaire au groupe AB en 2011 (76,4) et mauvaise au groupe B en 2009 (56,8).

Tableau 6.7 : ANOVA à un facteur contrôlé

Importance de la glandée (NGH) en fonction des arbres de Hafir					
Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Arbres	24	986916	41121	5,00	0,000***
Erreur	50	411051	8221		
Total corrigé	74	1397967			
Importance de la glandée (NGH) en fonction des années					
Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Années	2	137135	68568	3,92	0,024*
Erreur	72	1260832	17512		
Total corrigé	74	1397967			
Importance de la glandée (NGZ) en fonction des arbres de de Zariéffé					
Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Arbres	24	517798	21575	4,21	0,000***
Erreur	50	256454	5129		
Total corrigé	74	774252			
Importance de la glandée (NGZ) en fonction des années					
Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Années	2	44549	22274	2,20	0,118
Erreur	72	729703	10135		
Total corrigé	74	774252			

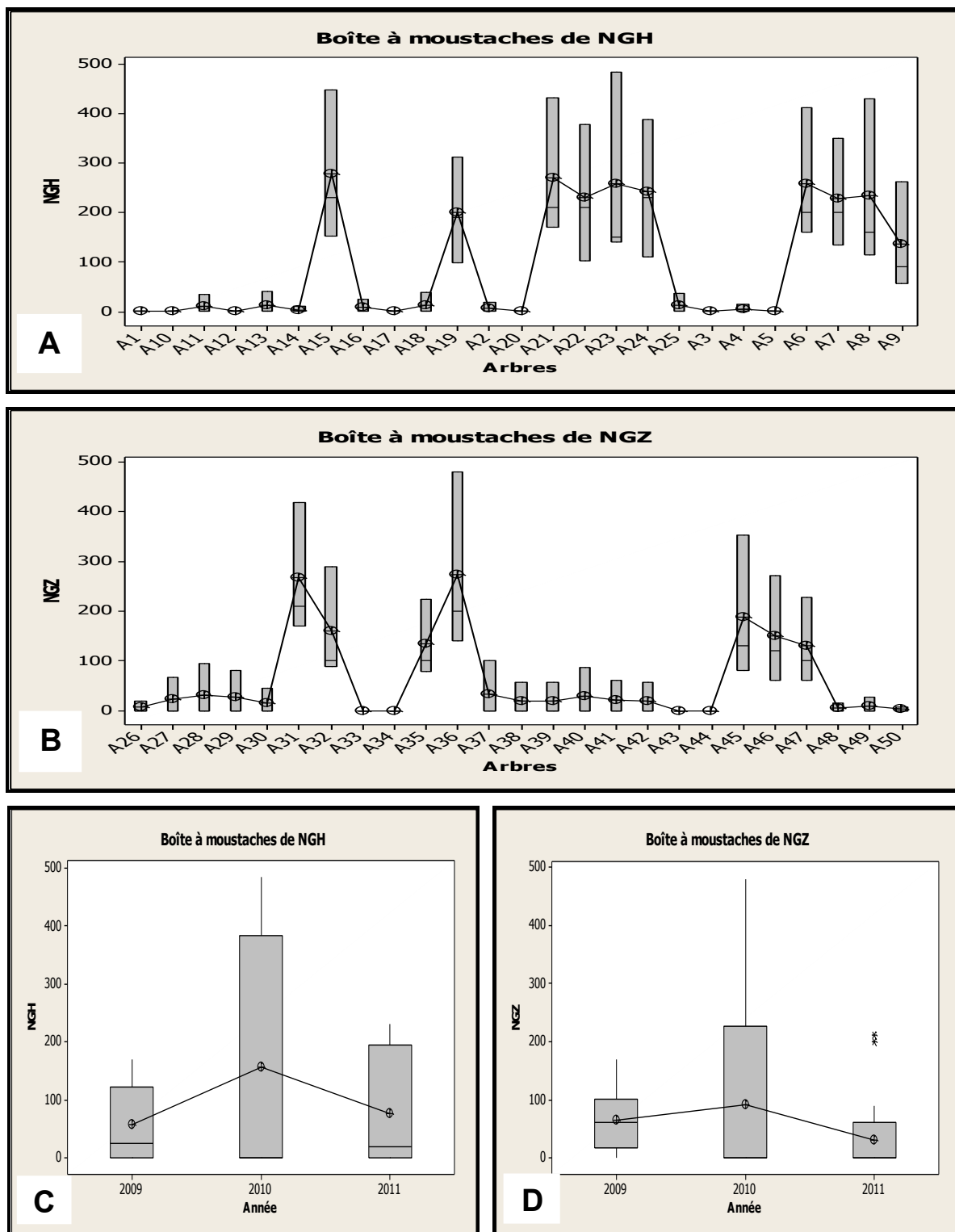


Figure 6.11 : (A, B) Effet des individus producteurs sur l'importance de la glandée des forêts Hafir et Zarieffet durant les années 2009, 2010, 2011. (C, D) Effet des années sur l'importance de la glandée des forêts Hafir et Zarieffet (NGH = Nombre de glands à Hafir ; NGZ = Nombre de glands à Zarieffet)

A l'échelle du massif (Hafir-Zarieffèt), l'analyse de la variance à deux critères « forêts et années », indique l'effet non significatif de ces derniers sur l'importance de la glandée (Tab. 6.8). Tandis que l'effet « arbres et années », dégage au contraire une différence extrêmement significative pour les arbres et peu significative pour les années. Leur interaction n'influence pas l'importance de la glandée (Tab. 6.11).

Tableau 6.8 : ANOVA à deux entrées : nombre de glands (NG) en fonction des Forêt et des Années

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Forêts	1	7519	7919,0	0,44	0,510
Années	2	98926	49463,1	2,86	0,060
Interaction	2	48894	24447,0	1,42	0,246
Erreur	144	2487643	17275,3		
Total	149	2642982			

Tableau 6.9 : ANOVA à deux entrées : nombre de glands (NG) en fonction des arbres et des Années

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Arbres	24	1165813	48575,5	3,35	0,000***
Années	2	98926	49463,1	3,41	0,038*
Interaction	48	291387	6070,6	0,42	0,999
Erreur	75	1086856	14491,4		
Total	149	2642952			

En moyenne, et au cours de ces trois années, dans chaque forêt, plus de la moitié des arbres (52 % à Hafir et 53,33 % à Zarieffèt) n'a jamais produit de fruits (Fig. 6.10B). Cette stérilité affecte aussi bien les arbres adultes (H4 et Z8) que les vieux arbres (H2) (Fig. 6.9 et 6.12). Beaucoup d'arbres n'ont été féconds qu'une seule fois (48 % à Hafir et 47 % à Zarieffèt) et les glandées abondantes sont exceptionnelles et rares (10 à 18 % respectivement pour Zarieffèt et Hafir).

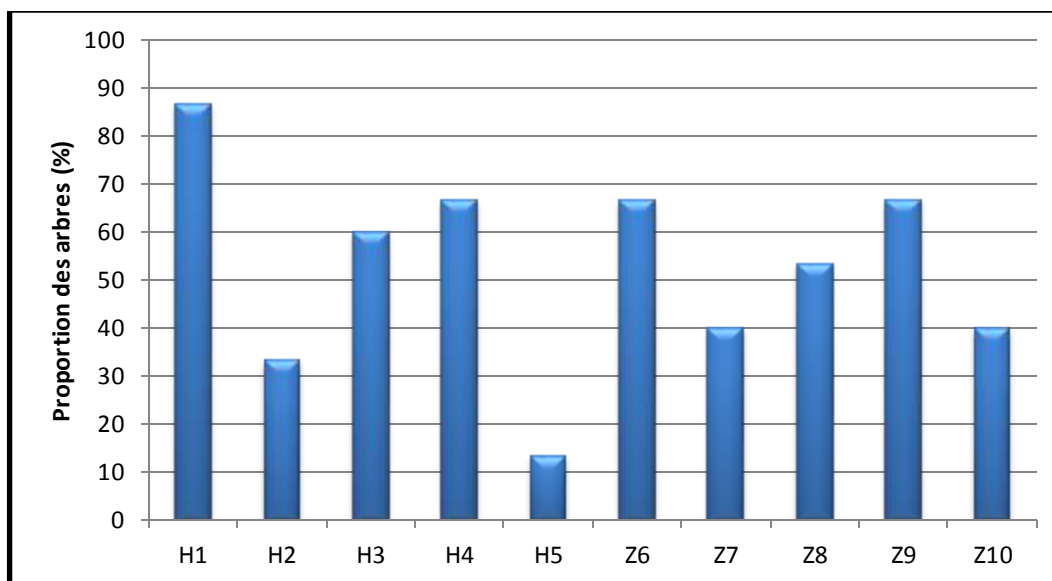


Figure 6.12 : Proportion des chênes-liège stériles des forêts Hafir et Zariéffet entre 2009 et 2011

La figure 6.13 montre qu'environ 40 % des arbres des deux forêts présentent une stabilité de la glandée. Elle est importante dans les placettes H1, H4, Z7 et Z9 et moindre dans les placettes H2 et H3. La quasi-totalité de leurs arbres n'a jamais donné de glands au moins une année sur trois.

Au cours de ces trois années, mis à part la placette H1, tous les autres arbres ont eu au moins une glandée abondante. Particulièrement H2, H5 et Z7 ont produit des glands pendant trois années consécutives entre les classes 3 et 4 avec respectivement 80, 80 et 60 % des sujets. Ainsi les rythmes de glandées (Fig. 6.13) les plus fréquemment observés sont :

- Les glandées abondantes (classe 4) alternent avec les glandées moyennes (classe 3) (50 % pour les deux forêts)
- Les glandées nulles (classe 0) alternent avec les glandées faibles (classe 2) (35 % en moyenne)
- Les glandées nulles (classe 0) alternent avec les glandées très faibles (classe 1) (30 % en moyenne).

A Zariéffet, 60 % des sujets alternent les glandées nulles (classe 0) avec les glandées moyennes (classe 3) présentant ainsi des rythmes très irréguliers.

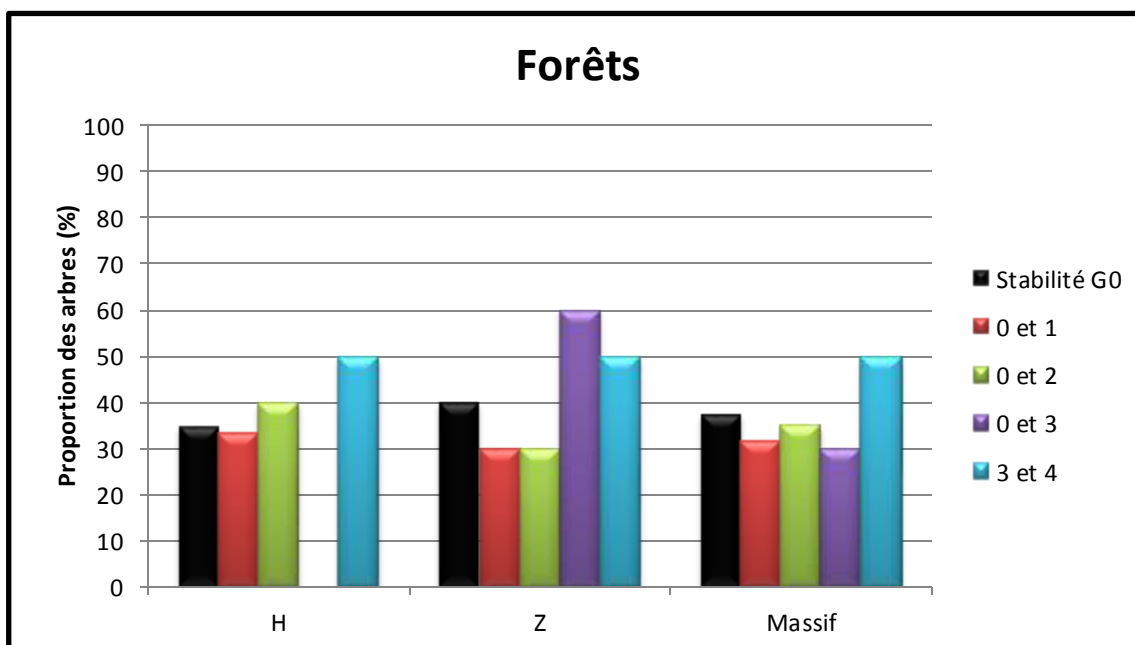
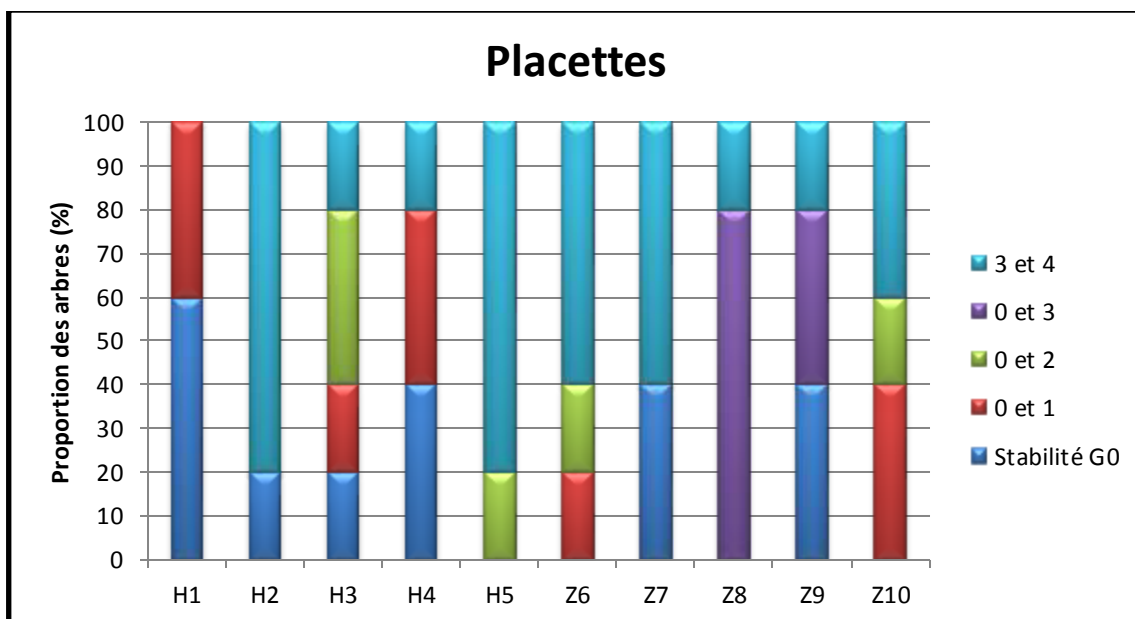


Figure 6.13 : Stabilité et Fluctuation interannuelle de la glandée des chênes-liège au niveau des placettes et des forêts entre 2009 et 2011

Chapitre 7 : Etude des glands

Table des matières

7.1. Matériel végétal	169
7.2. Méthodes	169
7.2.1. Teneur en eau et poids sec des glands	169
7.2.2. Caractéristiques biométriques et pondérale	170
7.2.3. Etat sanitaire des glands	170
7.2.4. Etude de l'infestation des glands par les insectes	171
7.2.5. Analyses statistiques	172
7.3. Résultats	173
7.3.1. Teneur en eau et poids sec des glands	173
7.3.2. Caractéristiques biométriques et pondérale	179
7.3.3. Etat sanitaire des glands	181
7.3.4. Etude de l'infestation des glands par les insectes	184
7.3.4.1. Identification des insectes.....	184
7.3.4.2. Evaluation de l'infestation.....	189
7.3.4.3. Intensité de l'infestation.....	194

7.1. Matériel végétal

Pour tout le travail qui suit, les glands d'étude concernent uniquement la récolte de 2010. Sur les 50 sujets répertoriés, la récolte des glands a été réalisée sur 17 chênes-liège (les autres arbres n'ont pas fructifié). Dans chaque placette, et en fonction de l'importance de la glandée, des échantillons de glands frais morphologiquement murs ont été récoltés.

Nous avons procédé selon deux méthodes. La première est traditionnelle, au hasard et se base sur le ramassage des glands tombés sur le sol (sous les arbres), pendant que la deuxième exige que les glands ne touchent pas le sol et soient directement cueillis sur les arbres ou bien par gaulage avec un drap sur le sol (au hasard, sur les quatre expositions). Le piétinement sur les draps est déconseillé vue la sensibilité des glands aux chocs. Après la récolte, les glands ont été vite transportés au laboratoire, nettoyés et partagés en plusieurs lots (tous les lots ont été identifiés par provenance : arbre producteur ou sol), puis laissés se ressuyer (la récolte a été effectuée par temps humide). Certains lots ont été stockés dans des sacs en plastique et mis au réfrigérateur à 4°C pour les traitements ultérieurs.

7.2. Méthodes

7.2.1. Teneur en eau et poids sec des glands

La teneur en eau est l'un des facteurs importants limitant la germination, un seuil minimal doit donc être préservé pour que la graine puisse germer. La teneur en eau consiste à déterminer la quantité d'eau que perdent les glands lorsqu'on les déshydrate. Cette dernière exprimée en % représente la différence de poids de la matière fraîche (P.F.) et celui de la matière sèche (P.S.), évalué après 17 heures à 103°C (I.S.T.A., 1985), elle est calculée par la formule suivante :

$$H(\%)=100(PF-PS)/PF$$

Pour de nombreuses espèces forestières, il existe une relation directe entre l'état morphologique des semences (taille/poids) et leur capacité germinative (Chaussat et Le Deunff, 1975 ; Merouani et al., 2001). Aussi, à la lumière d'autres recherches antérieures, il a

été indiqué que la taille et le poids des glands infestés d'insectes peuvent affecter leur capacité à germer (Siscart et al., 1999 ; Leiva et Fernandez Alès, 2005 ; Bouchaour-Djabeur et al., 2011). Et par conséquent, nous avons étudié aussi dans cette partie la variabilité du poids sec des glands au sein du même arbre, inter arbres et inter placettes.

Le poids des larves fausse l'évaluation pondérale du gland (Branco et al., 2002). Ainsi, nous avons pris au hasard 10 glands sains et intacts, par arbre et par sol, de chaque forêt. Ils sont triés d'abord à vue d'œil, par test d'immersion dans l'eau de robinet, pour éliminer ceux inutilisables (parasités, vides ou pré-germés), ensuite disséqués pour confirmer l'absence de larves ou d'autres dommages et mis à l'étuve. Cette manipulation est répétée trois fois (N=570).

7.2.2. Caractéristiques biométriques et pondérale

Au laboratoire, 8 lots de 144 glands chacun ($N_{\text{total}}=1152$) ont fait l'objet de mesures biométriques et pondérale (grand diamètre : L, petit diamètre : la et P), réalisés respectivement à l'aide d'un pied à coulisse manuel et une balance électronique. Il s'agit des glands sains et endommagés (infestés) des 4 différentes provenances (arbres et sol de Hafir et de Zariéffèt : 2x4).

7.2.3. Etat sanitaire des glands

23 lots (17 arbres et 6 ramassés des sols Hafir et Zariéffèt) ont été comptés et sélectionnés selon les catégories suivantes :

- Glands sains ou apparemment sains (ne présentant aucune piqure) (GS) ;
- Glands avec petits trous (PT) ;
- Glands avec grands trous (GT) ;
- Glands pourris (attaqués par les champignons) (GP) ;
- Glands vides (ou vaine, ne renfermant ni endosperme, ni embryon) (GV) ;
- Glands nains (GN).

Le nombre de glands varie selon la disponibilité de 24 (arbre n° 35) à 284 glands (arbre n° 36), le nombre total des glands traités pour ce classement est de 4083.

7.2.4. Etude de l'infestation des glands par les insectes

Le taux d'infestation (proportion de glands infestés) est en général le rapport de l'effectif des glands présentant des trous d'émergence, et l'effectif total. Pour notre cas, nous avons mesuré le taux d'infestation au niveau de chaque individu (glands collectés de façon aléatoire à partir de la forêt X et l'arbre XY). Il nous donne des informations sur la variabilité inter individus dans une placette, comme il peut nous être utile pour comparer les placettes (arbres pris aléatoirement) ou bien encore les forêts. Le taux d'infestation a été aussi mesuré pour les glands ramassés du sol des deux forêts (Hafir et Zariéffet) afin de voir la variabilité entre les glands récoltés sur arbres et ceux ramassés du sol.

En conséquence, 19 lots (17 arbres et deux autres lots des sols de Hafir et de Zariéffet) de 60 glands chacun, apparemment murs, sont identifiés, subdivisés en 3 sous-lots de 20 glands, et mis dans des boîtes en plastique numérotées, contenant du sable stérile et humide. Couvrir ensuite les boîtes avec du tulle (tissu à mailles) et serrer avec des élastiques.

Ces dernières sont observées tous les trois jours pour enregistrer les larves qui ont émergé des glands. Après un mois et demi, nous avons également enregistré les trous de sortie laissés par ces larves. Nous avons alors spécifié la taille des trous en attribuant des chiffres 0, 1 et 2 aux significations suivantes :

- 0 : gland sain, (ne présentant aucune pique) ;
- 1 : gland à petits trous correspondant aux trous de lépidoptères ;
- 2 : gland à grands trous correspondant aux trous de coléoptères.

Ensuite, nous avons déterminé le taux de parasitisme pour chaque lot.

Ensuite, les glands de 19 autres lots (17 arbres + sols de Hafir et Zariéffet) sont rassemblés en 4 groupes :

- Glands des arbres de Hafir
- Glands des arbres de Zariéffet
- Glands du sol de Hafir
- Glands du sol de Zariéffet

Et parmi eux (mis à part les glands sains), nous avons pris au hasard des glands (N=30) sur lesquels nous avons estimé l'intensité de l'attaque après dissection longitudinale. Nous avons déterminé la surface attaquée des deux cotylédons reproduite sur du papier calque et du papier millimétrique.

Parallèlement, et dans le but d'identifier et/ou confirmer les insectes qui ont infesté les glands, les larves (coléoptères ou lépidoptères) ainsi récupérées des glands (dés fois récoltées du terrain ou bien au fur et à mesure qu'on effectuait d'autres traitements), sont mises dans des boîtes de la même manière que le premier traitement. Nous avons gardé leurs glands pour qu'elles aient une source de nourriture, et nous y avons ajouté d'autres glands non infestés pour éviter une éventuelle concurrence entre larves de différentes espèces.

7.2.5. Analyses statistiques

Les variables étudiées ont été traitées par des statistiques descriptives ou comparatives par le test (t) et une analyse de la variance à un facteur (ANOVA) suivi d'un test de Tukey au seuil de 5 % pour tester les différences significatives entre les différents paramètres étudiés. Les valeurs de la p-value $\leq 0,05$ sont considérées statistiquement significatives. Les logiciels utilisés sont : « Minitab 16 » et « XLstat 2014 » (<http://www.xlstat.com.fr/téléchargement/html>).

7.3. Résultats

Les résultats sont donnés sous forme de tableaux, de courbes ou d'histogrammes. Chaque valeur rapportée représente la moyenne arithmétique de plusieurs mesures. Chaque moyenne est associée à un écart type par la méthode statistique classique.

7.3.1. Teneur en eau et poids sec des glands

Au moment de la dispersion, l'analyse de la variance à un facteur, montre l'effet prépondérant de l'arbre producteur et/ou du sol sur la teneur en eau des glands. La différence est extrêmement significative (Tab. 7.1). Parmi les diverses provenances (arbres et sols), le test de Tukey particularise 8 groupes de glands différents par leur teneur en eau (Annexes, Tab. 7.1) :

- Le groupe A fortement hydraté (51,75 %), contient les glands de A6.
- Le groupe AB (50,042 %), contient les glands de A8, A35 et A32.
- Le groupe ABC (49,41 %) est composé des glands de A31 et A22.
- Le groupe ABCD (47,44 %), inclut les glands de A15, A36, A9, A19, A46 et A47.
- Le groupe BCDE (45,16 %) contient les glands de l'arbre A24 uniquement.
- Le groupe DEF (43,31 %) contient les glands de A21, A23 et A45.
- Le groupe EF (41,76 %) contient les glands issus du sol de Hafir (HS).
- Le groupe F (39,76 %) contient les glands issus du sol de Zariéffet (ZS).

Tableau 7.1 : Effet des provenances sur la teneur en eau des glands

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Provenances	18	1928,5	107,1	9,97	< 0,0001***
Erreur	171	1838,3	10,8		
Total	189	3766,8			

L'appartenance de certains arbres à plusieurs groupes, veut dire que les niveaux de facteurs à l'intérieur d'un même groupe ne sont pas significativement différents les uns des autres. Les moyennes des combinaisons de niveaux de facteurs ne partageant aucune lettre, sont significativement différentes. Les glands des arbres A6, A8, A35 et A32, viennent en

premier, formant les groupes A et AB, ce sont les plus hydratés. Tandis que les glands ramassés du sol (Hafir et Zariéffèt), sont les moins hydratés formant les groupes EF et F. En général, tous les glands, qu'ils soient récoltés sur arbres ou ramassés du sol, conservent la quantité d'eau nécessaire au pouvoir germinatif.

La figure 7.1, permet de comparer rapidement les distributions. Les boîtes verticales représentant approximativement la moitié centrale (50 %) des données, montrent que malgré l'homogénéité au sein des groupes identifiés, une grande hétérogénéité affleure entre individus producteurs, dès fois au sein de la même placette (A6, A7, A8, A9 de H2 et A22 de H5) ou du même lot (HS, ZS), comme au sein du même arbre (A24, A31, A36, 45, 46).

D'ailleurs, la grande taille de leurs boîtes indique que les valeurs de la teneur en eau sont très dispersées de leurs moyennes. La médiane représentée par la ligne qui traverse la boîte, n'est pas très éloignée de la moyenne (symbole). Les lignes (appelées "moustaches") de part et d'autre de la boîte, représentant environ les 25 % de données supérieures et inférieures, ne sont pas très importantes. Le graphique n'affiche pas de valeurs aberrantes.

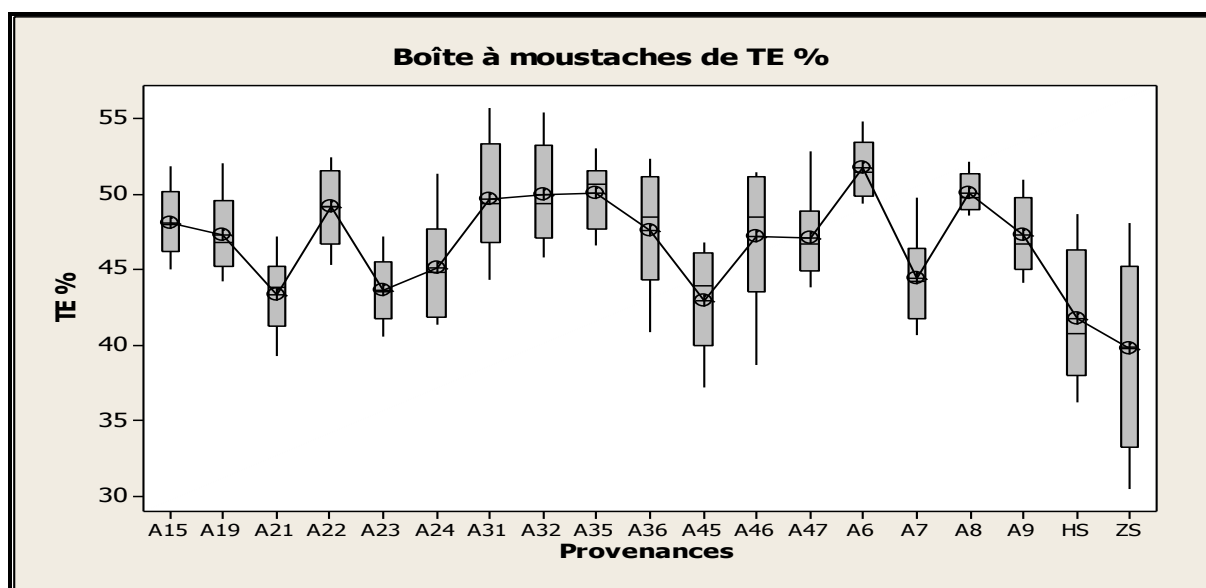


Figure 7.1 : Distribution de la teneur en eau des glands de chêne-liège en fonction des provenances

Au niveau des placettes et lots des sols, l'analyse statistique dévoile pareillement une différence extrêmement significative (Tab. 7.2). Le test de Tukey permet d'identifier 7 groupes (Annexes, Tab. 7.2) :

- A, un premier groupe bien hydraté (49,14 %) composé de Z7 et H2.
- AB, un second groupe (48,12 %) affecté à H3.
- ABC (47,35 %), se montre comme groupe intermédiaire et contient Z8, H4 et Z10.
- BCD (45,33 %) pour H5
- CDE (42,91 %), DE (41,76 %) et E (39,76 %) sont les moins hydratés et contiennent respectivement Z9, HS et ZS.

Tableau 7.2 : Effet des placettes et lots sur la teneur en eau des glands

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Placettes	9	1400,9	155,7	11,84	< 0,0001***
Erreur	180	2365,9	13,1		
Total	189	3766,8			

Pour les placettes, idem que pour les provenances, les moyennes des combinaisons de niveaux de facteurs ne partageant aucune lettre, sont significativement différentes. La figure 7.2, ne reproduit pas une grande disparité des teneurs en eau au sein de la même placette, excepté Z8 et Z9 ainsi que les lots HS et ZS qui présentent au contraire des valeurs très dispersées.

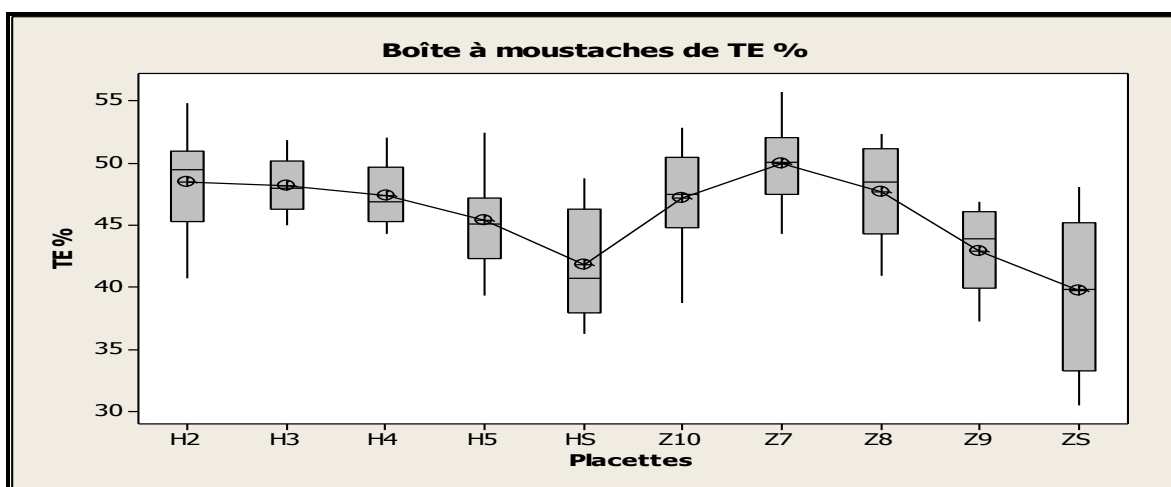


Figure 7.2 : Distribution de la teneur en eau des glands en fonction des placettes

Concernant le poids sec des glands, il varie de 0,93 (A32) à 2,46 g (A35), ce sont généralement des glands plus ou moins légers. 47 % des glands seulement avaient un poids sec supérieur à 1,5 g. Les résultats de l'analyse de la variance à un facteur contrôlé, indiquent une différence extrêmement significative du poids sec entre les diverses provenances ($P=0,000$) (Tab. 7.3).

Tableau 7.3 : Effet des provenances sur le poids sec des glands

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Provenances	18	39,65568	2,20309	430,55	< 0,0001***
Erreur	171	0,875 00	0,00512		
Total	189	40,53068			

Le test de Tukey (Annexes, Tab. 7.3), dégagent 11 groupes homogènes distincts par cette variable et que nous allons classer par ordre décroissant :

- A (2,46 g) contient exceptionnellement l'arbre 35.
- B (2,32 g) contient A6, A8.
- C (1,84 g) contient A9, A19, A21, A15, A23, c'est le plus dominant.
- D (1,54 g) contient A22.
- E (1,35 g) contient A46, A36.
- EF (1,32 g) contient ZS.
- EFG (1,29 g) contient HS ; FGH (1,22 %) (A47) ; GH (1,20 %) (A7) ; H (1,13 %) (A45 et A24) et I (0,93 %) (A31, A32).

La figure 7.3, affiche que le niveau de variabilité au sein du même individu ou du même lot est très faible (boîte de très petite taille), alors qu'il varie largement et d'une manière très significative entre individus producteurs.

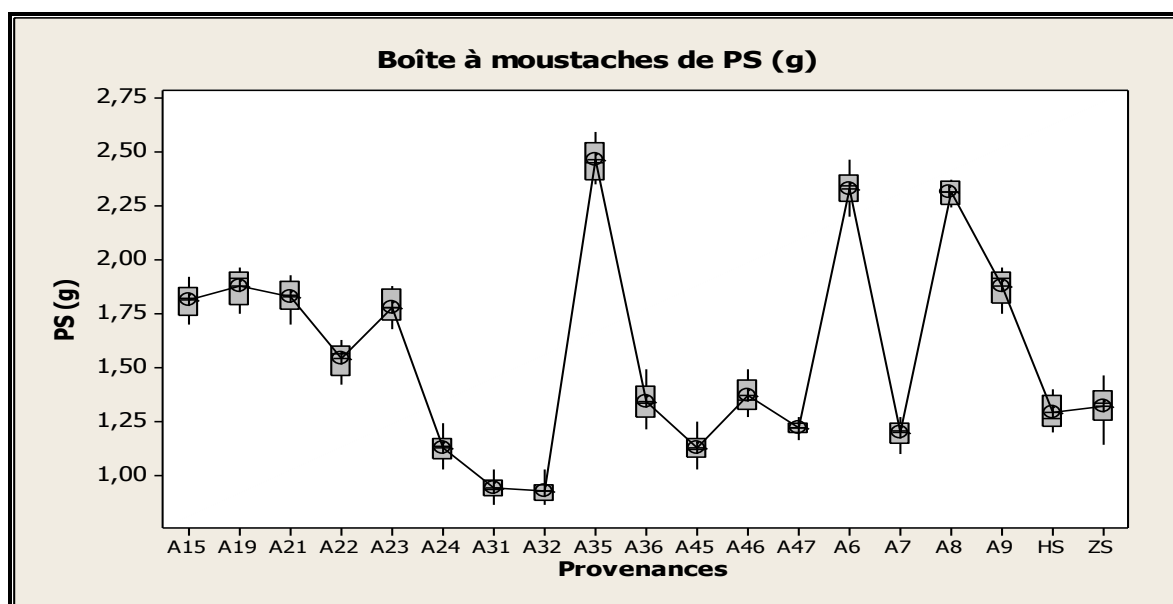


Figure 7.3 : Distribution du poids sec des glands en fonction des provenances

Pour ce qui est de la distribution du poids sec en fonction des placettes, la différence est encore extrêmement significative ($P=0,000$) (Tab. 7.4). Le test de Tukey fait apparaître 6 groupes homogènes classés comme suite (Annexes, Tab. 7.4) :

- Le groupe A (1,93 g) pour la placette H2.
- Le groupe AB (1,88 g) pour la placette H4.
- Le groupe ABC (1,81 g) pour la placette H3.
- Le groupe BCD (1,42 g) pour les placettes H5, Z7, Z8, ZS.
- Les groupes CD (1,29 %) pour HS et D (1,21 %) pour Z10 et Z9.

Tableau 7.4 : Effet des placettes sur le poids sec des glands

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Placettes	9	12,579	1,398	9,00	< 0,0001***
Erreur	180	27,952	0,155		
Total	189	40,531			

La disparité des valeurs est généralement faible au sein de la même placette ou du même lot. Quelques fois, elle est très élevée : pour H2, H5 et exceptionnellement pour Z7 qui affiche une grande asymétrie (Fig. 7.4).

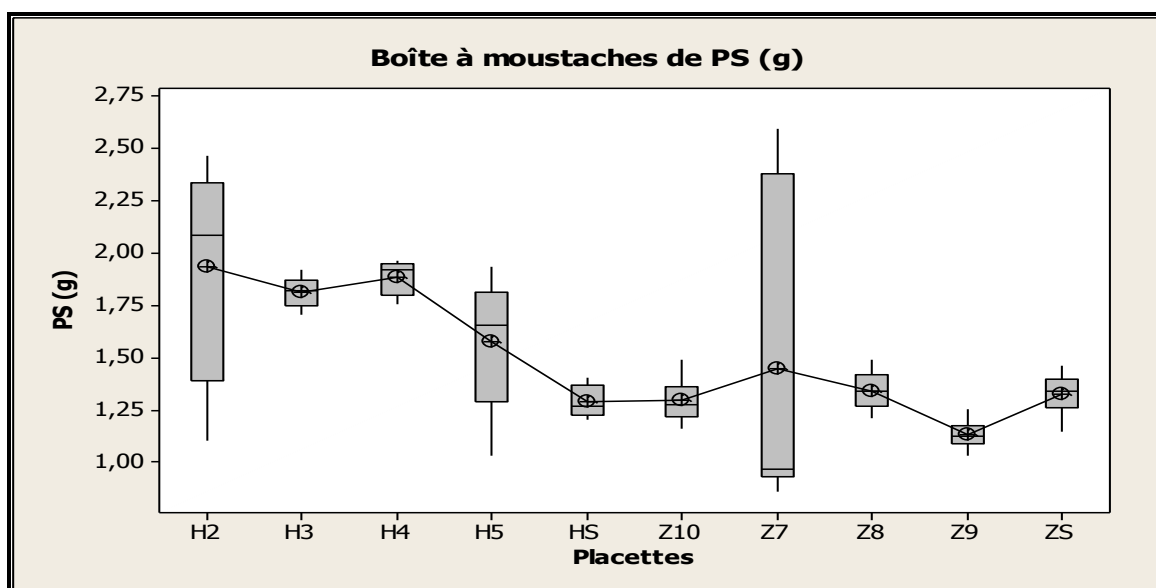


Figure 7.4 : Distribution du poids sec des glands en fonction des placettes

A grande échelle, au niveau forêts, l'analyse de la variance à un facteur, annonce que la différence entre les deux forêts, n'est pas significative pour la teneur en eau et extrêmement significative au contraire pour le poids sec des glands (Tableau 7.5).

Tableau 7.5 : ANOVA à un facteur contrôlé

Teneur en eau (TE) en fonction des forêts					
Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Forêts	1	2,303	2,303	0,115	0,735
Erreur	188	3764,497	20,024		
Total	189	3766,799			
Poids sec (PS) en fonction des forêts					
Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Forêts	1	6,926	6,926	38,748	< 0,0001***
Erreur	188	33,605	0,179		
Total	189	40,531			

7.3.2. Caractéristiques biométriques et pondérale

Concernant les caractéristiques biométriques, le tableau 4.6 indique que les moyennes du grand diamètre (L) et du petit diamètre (la) des glands des huit lots varient légèrement : respectivement de 2,34 à 3,27 cm et de 1,06 à 1,37 cm. Néanmoins, la différence entre le minimum et le maximum peut aller de 1 à 4,1 cm pour le grand diamètre et de 0,5 à 3,1 cm pour le petit diamètre (Pl. 7.1). Les coefficients de variation les plus élevés sont respectivement 28,4 % (ZAI) et 25,22 % (ZAS). Pour le poids, la différence entre le minimum et le maximum est très importante, elle change de 0,5 à 9,61 g. les moyennes diffèrent également de 2,99 à 6,27 g. Le coefficient de variation le plus élevé est de 56,15 % (ZAI). Ces valeurs dévoilent que le poids est la variable la plus distinctive et que les arbres de Zarieffet possèdent une variabilité bien plus élevée (Tab. 7.6).

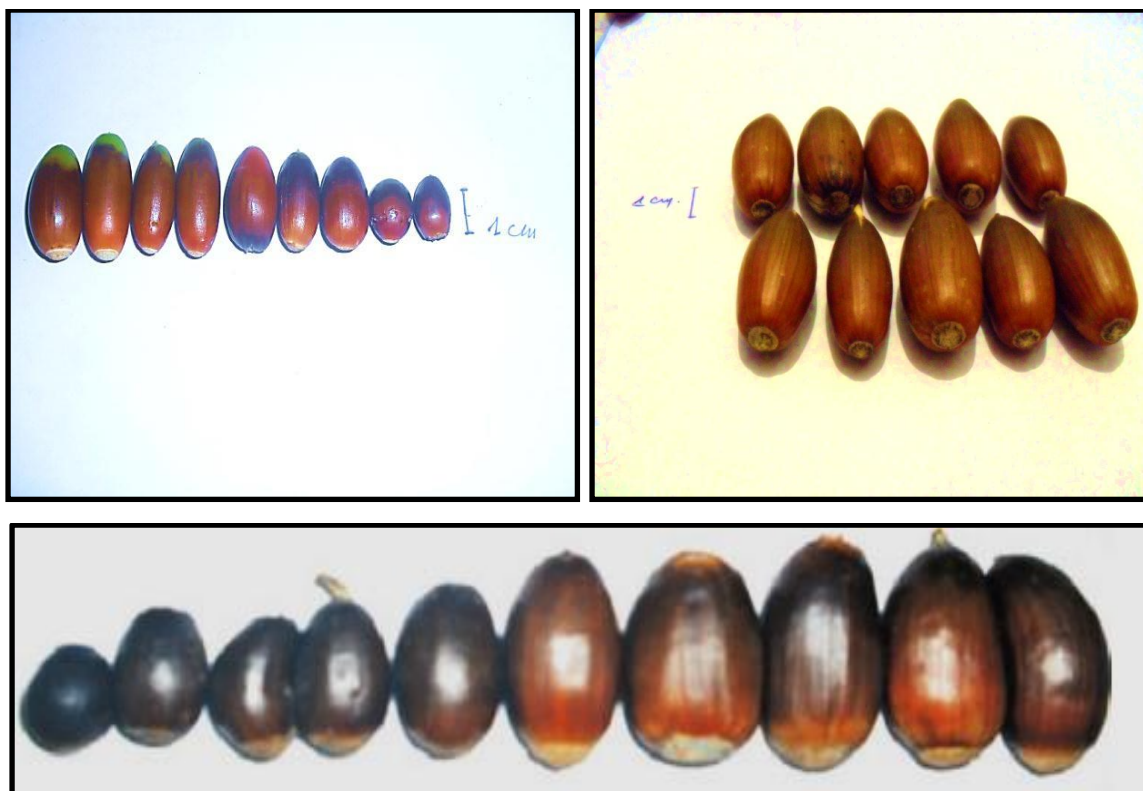


Planche 7.1 : Différents calibres de glands des chênes-liège de Hafir et Zarieffet
(Original, 2010)

Tableau 7.6 : Statistiques descriptives du grand diamètre (L cm), petit diamètre (la cm), poids (P g) et groupements par le test de Tukey des glands de chêne-liège de Hafir et Zariéffet

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum	Groupe ment
L (cm)						
ZSS	3,2729	0,4524	13,82	2,0000	4,1000	A
HSS	3,0625	0,4549	14,86	1,6000	3,9000	B
ZAS	3,0354	0,5086	16,76	1,8000	3,8000	B
ZSI	2,9847	0,5293	17,73	1,2000	3,9000	B
HAS	2,9042	0,4912	16,91	1,6000	3,8000	BC
HAI	2,7306	0,5705	20,89	1,1000	3,8000	C
HSI	2,3508	0,5392	22,94	1,0800	3,6000	D
ZAI	2,3375	0,6601	28,24	1,0000	3,8000	D
la (cm)						
HSS	1,3674	0,1761	12,88	0,8000	1,7000	A
HAS	1,2667	0,1730	13,66	0,8000	1,6000	B
ZSS	1,2604	0,1648	13,08	0,9000	1,7000	B
ZSI	1,2313	0,1803	14,64	0,8000	1,8000	BC
ZAS	1,2250	0,3090	25,22	0,9000	3,1000	BC
HAI	1,1785	0,1817	15,42	0,6000	1,6000	C
HSI	1,0701	0,1817	16,98	0,6000	1,6000	D
ZAI	1,0604	0,2235	21,08	0,5000	1,5000	D
P (g)						
HSS	6,276	1,577	25,12	3,460	9,610	A
ZSS	5,695	1,713	30,07	2,440	9,040	AB
HAS	5,168	1,786	34,57	1,100	9,530	BC
ZSI	4,991	1,887	38,19	1,200	9,090	C
ZAS	4,660	1,443	30,98	1,910	7,730	CD
HAI	4,151	1,749	42,14	0,820	8,120	D
ZAI	3,121	1,752	56,15	0,350	8,480	E
HSI	2,995	1,536	51,30	0,430	7,890	E

L'analyse de la variance à un facteur contrôlé montre un effet « provenances », extrêmement significatif pour les trois variables mesurées ($P < 0,000$) (Tab., 7.7). Le test de Tukey (Tab. 7.6), permet de dégager 5 groupes homogènes pour le grand et le petit diamètre et 7 groupes pour le poids (Annexes, Tab. 7.5).

Tableau 7.7 : ANOVA à un facteur contrôlé des paramètres biométriques

Grand diamètre (L cm) des glands en fonction des provenances					
Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Provenances	7	115,746	16,535	58,96	0,000***
Erreur	1144	320,848	0,280		
Total	1151	436,595			
Petit diamètre (la cm) des glands en fonction des provenances					
Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Provenances	7	10,6662	1,5237	36,71	0,000***
Erreur	1144	47,4896	0,0415		
Total	1151	58,1558			
Poids (g) des glands en fonction des provenances					
Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Provenances	7	1355,06	193,58	68,09	0,000***
Erreur	1144	3252,50	2,84		
Total	1151	4607,55			

7.3.3. Etat sanitaire des glands

L'étude sanitaire des glands, fait ressortir que ces derniers, récoltés sur arbres ou ramassés du sol des forêts Hafir et Zariéffet, diffèrent de forme et de catégorie. Ils peuvent être sains ne présentant aucune altération (S), comme ils peuvent être attaqués par des insectes en discriminant ceux à grands trous (GT) ou petits trous (PT), ils peuvent aussi présenter des traces de pourriture due à une attaque de champignons : glands pourris (P), enfin ils peuvent être vides (V) ou nains (N) (Pl.7.2).

Les résultats révèlent que la distribution des glands en catégories distinctes suivant les diverses provenances (arbres et sols), est très variable. La part des glands sains dépasse 60 % chez l'arbre n° 6 (H2), alors qu'elle affleure juste les 8 % chez l'arbre n° 15 (H3). L'arbre n° 46 (Z10) ne présente aucun gland apparemment sain. Les glands ramassés du sol de Hafir présentent une faible proportion de glands sains (9 à 25 %), ceux de Zariéffet par contre avoisinent les 50 % (Fig. 7.5).



Planche 7.2 : Différentes catégories des glands de chêne-liège de Hafir et Zariéffet (Original, 2010)

L'examen qualitatif des glands non sains (autres catégories), représenté sur la figure 7.5, expose des proportions diverses d'un lot à un autre. Les glands des sols de Hafir se différencient de ceux de Zariéffet par la présence de glands vides (6 à 12 %). Cette catégorie s'aperçoit aussi chez quelques arbres des deux forêts, variant de 1 à 13 % respectivement pour les arbres n° 24 et 45. L'existence de glands nains particularise les arbres, leur proportion oscille entre 2 (A6) et 23 % (A46). La pourriture des glands (sol) est plus importante à Hafir (34,72 %) qu'à Zariéffet (15,38 %).

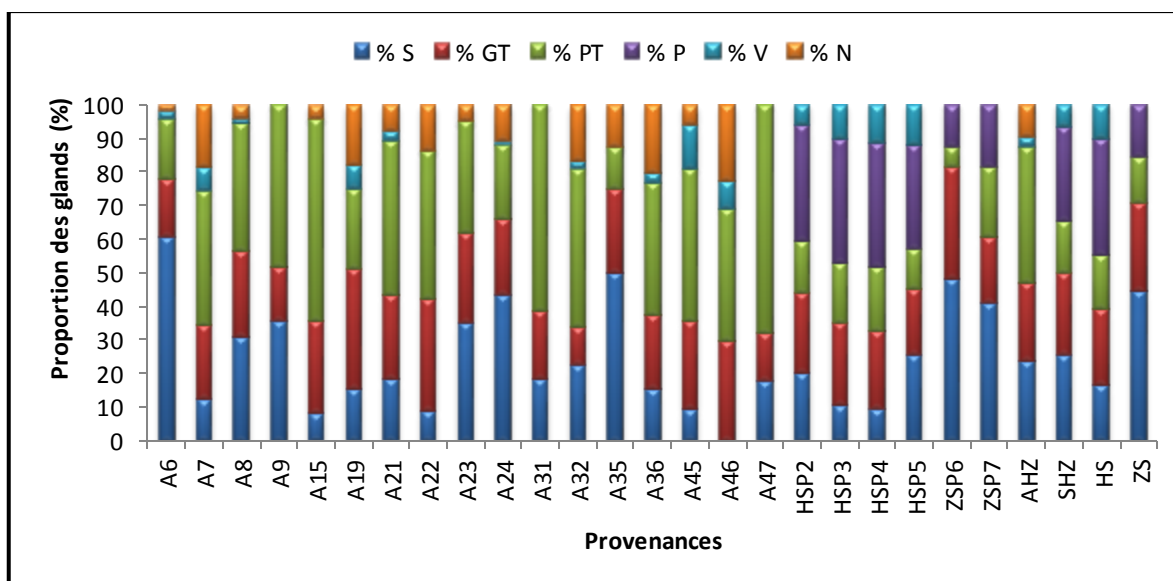


Figure 7.5 : Distribution qualitative des glands de chêne-liège par provenance

Les grands trous sont omniprésents, avec une grande proportion chez les arbres 19 et 22 (respectivement 36 et 33 %) et une plus faible proportion chez l'arbre 32 (11,24 %). Les glands des sols présentent une infestation remarquable de la même catégorie allant de 19 à 34 %. Les petits trous sont également présents dans tous les lots, mais distinctement plus importants chez les glands récoltés d'arbres, nous avons enregistré 68, 61 et 60 % respectivement pour les glands des arbres A47, A31 et A15. Pour les glands des sols, qu'ils soient de Hafir ou de Zariéffét, ils ne dépassent pas une moyenne de 17 %.

L'analyse statistique des diverses catégories des glands, énonce que la différence entre individus producteurs de Hafir et ceux de Zariéffét, n'est pas significative pour les glands sains (GS), les glands à grands trous (GGT) et les glands à petits trous (GPT). Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Le risque de la rejeter alors qu'elle est vraie est supérieur à 23 % pour les trois paramètres (Tab. 7.8). La différence entre les moyennes est donc nulle.

Tableau 7.8 : Test T à 2 échantillons de la distribution qualitative des glands en fonction des Forêts (arbres de Hafir et arbres de Zariéffét)

Variables	N	DL	T Calculé	p-value
GS	17	15	0,962	0,351
GGT	17	15	1,231	0,237
GPT	17	15	-0,968	0,348

Pour la comparaison entre les glands récoltés sur arbres et ceux ramassés du sol, la différence est autant non significative pour les glands sains, les glands à grands trous et les glands vides. Elle se montre hautement significative pour les glands à petits trous ($P = 0,001$) (Tab. 7.9).

Tableau 7.9 : Test T à 2 échantillons de la distribution qualitative des glands en fonction des provenances (arbres et sols)

Variables	N	DL	T Calculé	p-value
GS	23	21	-0,26	0,800
GGT	23	21	-0,152	0,881
GPT	23	21	3,876	0,001***
GV	23	21	-1,840	0,080

7.3.4. Etude de l'infestation des glands par les insectes

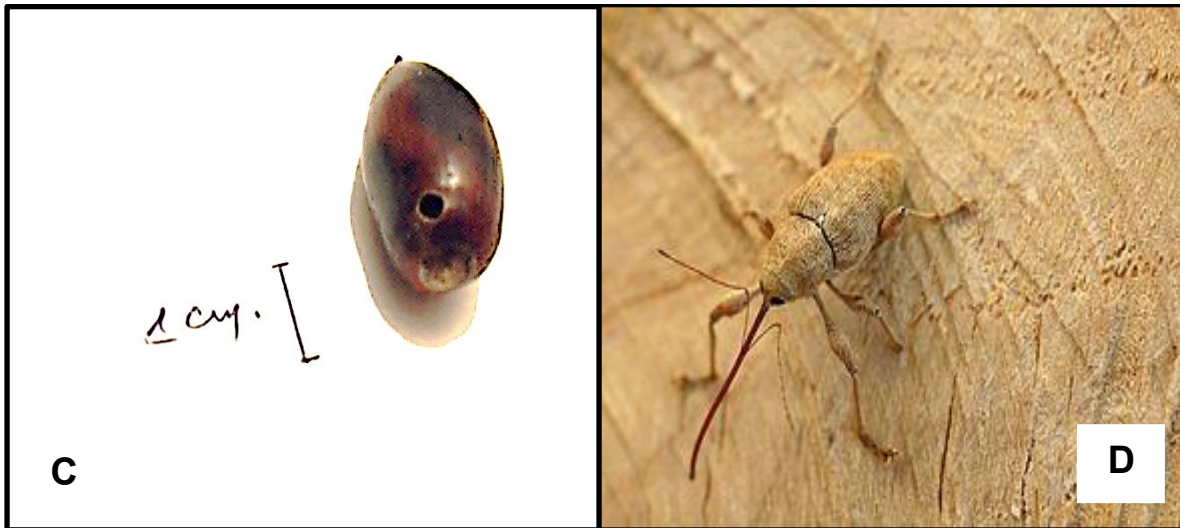
7.3.4.1. Identification des insectes

Les glands récoltés dans nos placettes d'étude, sont attaqués par trois insectes appartenant à deux ordres, les coléoptères et les lépidoptères. Ces attaques sont représentées par la présence de larves ou par des trous de sortie d'insectes. Après une dizaine de jours d'incubation, une grande masse de larves commence à émerger des glands, laissant sur ces derniers de grands trous de sortie (2,4 à 4,3 mm) et d'autres petits (1,6 à 2 mm), correspondant respectivement aux trous des larves des coléoptères et ceux des lépidoptères (Pl. 7.3).

La faune identifiée est à 99,17 % composée du charançon *Curculio elephas* Gyll. (Coleoptera : Curculionidae) et du papillon *Cydia fagiglandana* Zel. (Lepidoptera : Tortricidae) et qui feront l'objet de l'étude de l'infestation. Nous avons enregistré 0,83 % de larves d'un autre *Lepidoptera* (Tortricidae) (non déterminées) des mêmes dimensions et forme que *Cydia fagiglandana* mais de couleur blanc-grisâtre (Pl. 7.3A, B et Fig. 7.8). Selon le Professeur Chakali, ces larves peuvent être simplement celles de *Cydia fagiglandana* parce qu'elles virent un peu au gris après leur alimentation, comme elles peuvent être des larves de *Cydia splendana*. Le protocole des larves mises en incubation pour l'émergence des adultes a échoué. Les causes peuvent être les conditions et/ou l'endroit d'incubation.

***Curculio elephas* (Gyllenhaal, 1836) (Coleoptera-Curculionidae)**

Les Balanins sont des Coléoptères *Curculionidae*, autrement dit des charançons, et le terme de *Curculio* est parfois usité à la place de *Balaninus*. Les Balanins adultes sont polyphages, et ils tirent leur subsistance du feuillage et tiges de très nombreuses espèces végétales et arbustives (<http://www.inra.fr/hyppz/zgloss/>, 2010). Le *Curculio elephas* est également appelé Balanin éléphant en raison de son très long rostre ou encore Charançon des châtaignes. La femelle pond dans les châtaignes et la larve s'y développe, c'est pourquoi l'insecte est répertorié dans la liste des ravageurs des arbres fruitiers (châtaignier). Il se compte parmi les carpophages les plus fréquents et les plus abondants des chênaies algériennes.



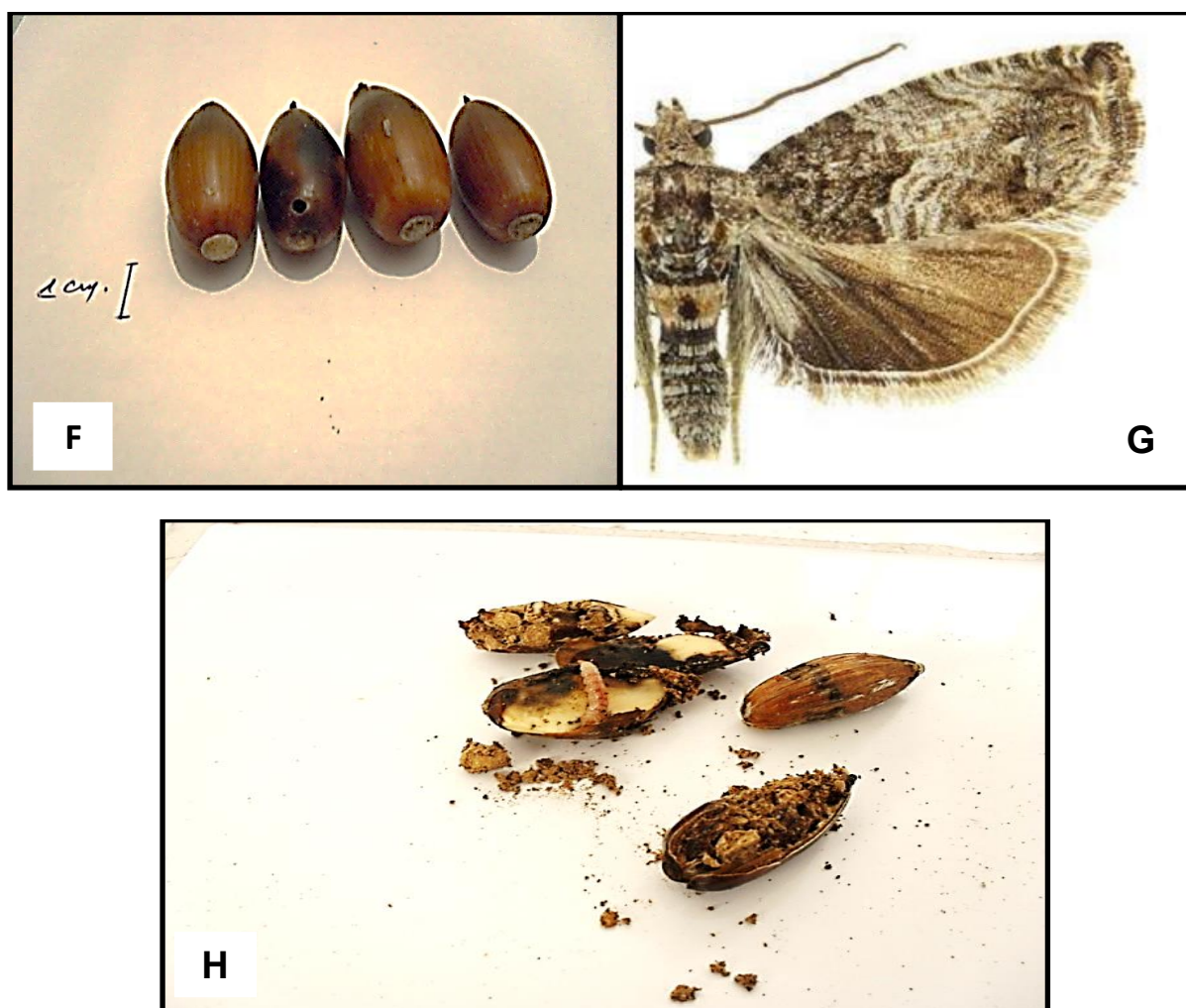


Planche 7.3 : Trous d'émergence, larves et dégâts des insectes ravageurs des glands de chêne-liège de Hafir et Zariéffet : *Cydia* sp. (A) - *Curculio elephas* (C et E) - *Cydia fagiglandana* (F et H) (Original, 2010)
Adultes (B, D, G) (<http://www.galerie-insecte.org.html>, 2010)

L'adulte de couleur cendrée, a une forme élancée, un rostre mince, filiforme et développé ; il mesure 4 à 8 mm de longueur, il apparaît au début de l'automne et s'alimente pendant une semaine puis s'accouple (<http://www.inra.fr/hyppz/ravageur/>, 2010). Avec beaucoup de temps et de persévérance, la femelle perfore les enveloppes plus ou moins épaisses et dures des fruits généralement mûrs, en usant de son rostre, elle pond dans les glands à raison d'un œuf par fruit (rarement 2).

La période de ponte dure une vingtaine de jours avec une fécondité moyenne de 40 œufs, le développement embryonnaire et larvaire dure 35 à 40 jours. Les sorties larvaires des fruits s'étendent du début octobre à la fin décembre. Jusqu'à mars les larves sont en diapause puis leur développement se poursuit jusqu'à la nymphose de juin à août. Cette diapause peut durer de 1 à 5 ans et entraîner un étalement des émergences sur plusieurs années, les larves mûres hivernent par la suite dans le sol à une profondeur évoluant entre 10 et 70 cm, se confondent dans une coque terreuse dans laquelle elle hiverne (diapause) puis se nymphose l'été suivant. Il fait une génération par an, il comprend au total un stade œuf, 4 stades larvaires et le stade adulte (Conedera et al., 2004 ; Adjami, 2006).

Les dégâts sont variables selon les fruits et les espèces. Pour le chêne-liège, ils se présentent généralement à la base des fruits (sur la cupule) et rarement au-delà, par des punctuations brunes, résultants des entailles de ponte creusées par les femelles, ou de sortie des larves (Pl. 7.3B, C). La larve qui se développe dans le fruit, creuse des galeries remplies de déjections brunes et compactes. Les fruits attaqués tendent à tomber prématurément et la larve grosse et blanche, prend tout son temps pour le faire, parce que, dès fois, les larves quittent le gland avant qu'il ne soit tombé.

La biologie du balanin ne permet pas de l'atteindre par des produits chimiques, mais sa phase de sensibilité est son hibernation dans le sol (Adjami, 2006).

***Cydia fagiglandana* (Zeller, 1841) (Lepidoptera-Tortricidae)**

Tout comme le *Curculio elephas*, le papillon *Cydia fagiglandana* se trouve en abondance dans les glands des chênaies Algériennes. Cette espèce est très répandue dans toute la région Eurasiatique et en Afrique du nord.

Les adultes (16 mm d'envergure), ont des ailes antérieures de couleur brune à noirâtre se caractérisent par des ornements dorés, les ailes postérieures de couleur brune, sont munies de franges serrées et courtes ([http : //www.galerie-insecte.org/galerie/ref-6467.htm](http://www.galerie-insecte.org/galerie/ref-6467.htm), 2010). La femelle dépose généralement les œufs sur la face supérieure ou inférieure des feuilles, plus rarement à la base de la cupule, les jeunes larves recherchent une cupule et pénètrent au niveau de sa base afin d'atteindre le hile du chêne-liège d'où elles creusent pour pénétrer dans les fruits qui se trouvent à un stade de maturité avancée (Adjami, 2008).

La larve est facilement reconnaissable par sa couleur rose, mesurant 10 à 14 mm au terme de son développement. Elle termine son développement en décembre ou janvier, puis elle quitte le gland tombé à terre pour se nymphoser dans la litière ; elle tisse un cocon de soie, dur, aggloméré de débris, dans lequel elle se tient immobile jusqu'à sa nymphose en mars-avril. Les premiers adultes apparaissent en mai-juin (Villemant, 1991). Les glands attaqués ont des perforations de sortie surtout à la base du gland (1 à 2 mm), la chair est creusée de galeries superficielles (2 à 3 millimètres de diamètre), souvent déformées et remplies de soie et de granules excrémentiels (Pl. 7.3D, E).

Cydia splendana (Hubner, 1799) (Lepidoptera, Tortricidae)

L'adulte mesure de 13 à 18 mm d'envergure, il présente des ailes antérieures trapézoïdales, gris cendré, traversées de fines lignes claires; à l'angle postérieur, une tache grise argentée bordée de brun et renfermant 4 petits traits noirs. La ponte commence 24 heures après la sortie des femelles et s'échelonne sur une dizaine de jours. La fécondité moyenne est de 60 œufs. Ils sont déposés à la face inférieure et surtout à la face supérieure des feuilles, plus rarement à la base de la bogue ou du gland.

La larve mesure 12 à 16 mm, assez épaisse, blanche ou rosée avec le premier segment thoracique brun foncé ; les pattes abdominale ont 16 à 18 crochets disposés sur une circonférence ; les pattes anales sont 8 à 9 crochets groupés à l'avant ; pas de peigne anal. Elle passe par 5 stades et sa croissance dure 3 semaines. La jeune chenille circule sur le feuillage et les rameaux puis pénètre dans les bogues au voisinage du point d'insertion ; elle s'introduit dans le fruit par le hile puis ronge l'intérieur de l'amande et souille le fruit de ses excréments. La chenille hiverne dans un cocon blanc, ovoïde, long de 8 à 10 mm, agglomérant de la terre et divers débris, à une profondeur de 5 à 8 cm sous terre ou sous les écorces de la plante-hôte ; au début, les dégâts sont limités à la zone du hile. Mais ceux-ci s'étendent ensuite et les fruits infestés se reconnaissent souvent à une impression basilaire. A maturité, la larve grignote un trou d'environ 1,5 mm de diamètre, pour hiverner ensuite dans la terre ou sous les écailles extérieures de l'écorce (Conedera et al., 2004 ; Adjami, 2008).

7.3.4.2. Evaluation de l'infestation

A la fin de la période d'incubation, les glands les plus infestés présentaient un seul trou de sortie, indiquant qu'un seul insecte avait émergé de chaque gland. De ce fait, le nombre total de larves récupérées et le nombre final de glands présentant des trous étaient très semblables et nous avons utilisé le nombre final de glands présentant des trous, comme variable dans l'analyse de l'infestation des glands. La part des glands ayant deux trous de sortie n'est pas prise en considération (0,79 %) (Fig. 7.6).

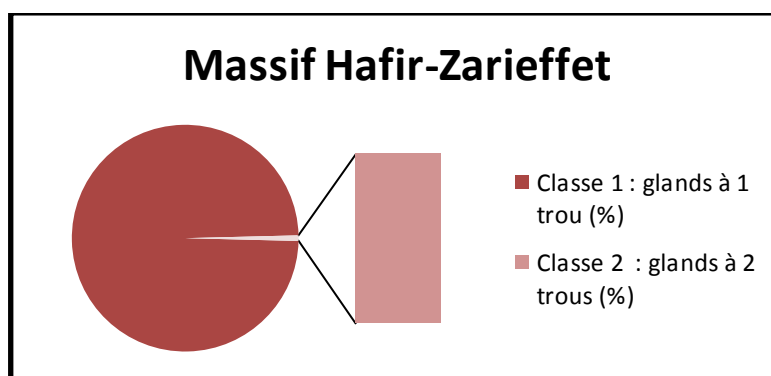


Figure 7.6 : Taux d'infestation du massif Hafir-Zarieffet par classes

Signalons aussi que les trous étaient à différents niveaux des glands, les insectes parcourent le milieu du gland et rarement la partie supérieure. Les deux ravageurs n'ont pas une préférence absolue pour une partie particulière du gland. Néanmoins, la majorité des glands présentent des trous au niveau de la partie basale (sous la cupule ou en bordure de cette dernière), singulièrement les trous de *Curculio elephas*.

Le taux d'infestation des glands des arbres varie d'un individu à l'autre et d'un ravageur à l'un autre pareillement. Les glands des arbres A6 et A35, s'individualisent par les taux d'infestation les plus faibles. Ils affichent respectivement 6 à 15 % par *Curculio elephas* et 10 à 8 % par *Cydia fagiglandana*. Le taux le plus élevé est enregistré par contre chez A22 par *Curculio elephas* (36 %), et A31 et A36 par *Cydia fagiglandana* (respectivement 62 et 75 %) (Fig. 7.7). En moyenne, les glands arbres de Hafir (HA) sont moins infestés (32 %) que ceux de Zarieffet (45,24 %) par *Cydia*. Ils dévoilent des taux presque similaires par *Curculio*, respectivement 21,83 et 21,19 pour Hafir et Zarieffet.

Concernant les glands des sols, ceux de Zariéffet sont remarquablement infestés par *Curculio elephas* (58 %) et à peine 11 % par *Cydia fagiglandana*. Ceux de Hafir présentent une infestation moyenne que ce soit pour le coléoptère (50 %) ou le lépidoptère (45 %) (Fig. 7.7).

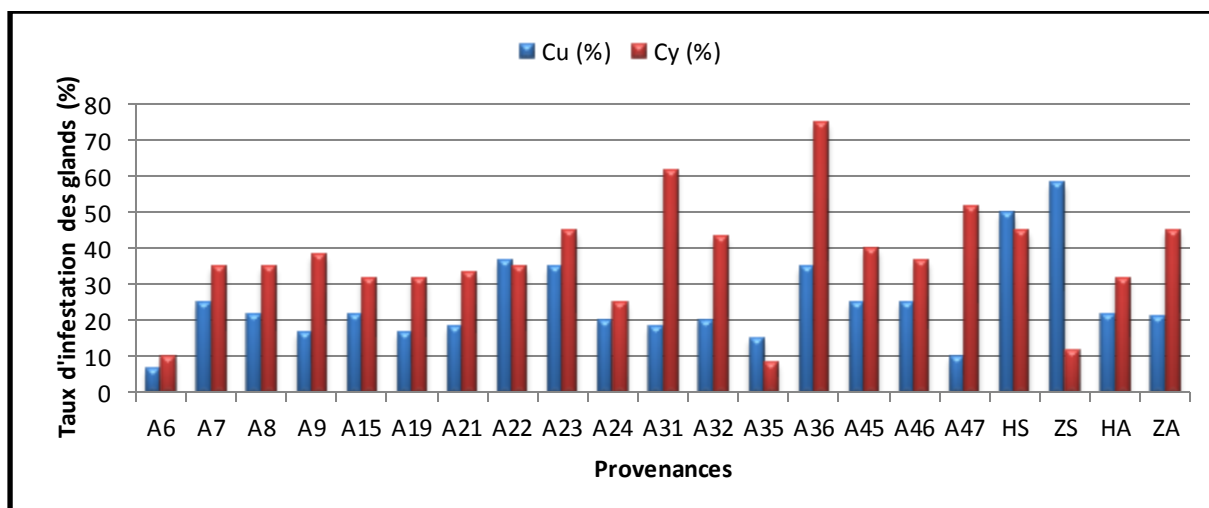


Figure 7.7 : Taux d'infestation moyen des glands des arbres et des sols par les insectes

Au niveau forêt (arbres et sols), nous notons que *Cydia fagiglandana* se manifeste plus à Zariéffet (41,04 %) qu'à Hafir (33,18 %), alors que *Curculio elephas* expose des proportions presque identiques à Hafir (24 %) et Zariéffet (26 %) (Fig. 7.8 ; Annexes Tab. 7.6). L'espèce indéterminée (Esp.N.D.) représente 0,8 % d'infestation pour tout le massif.

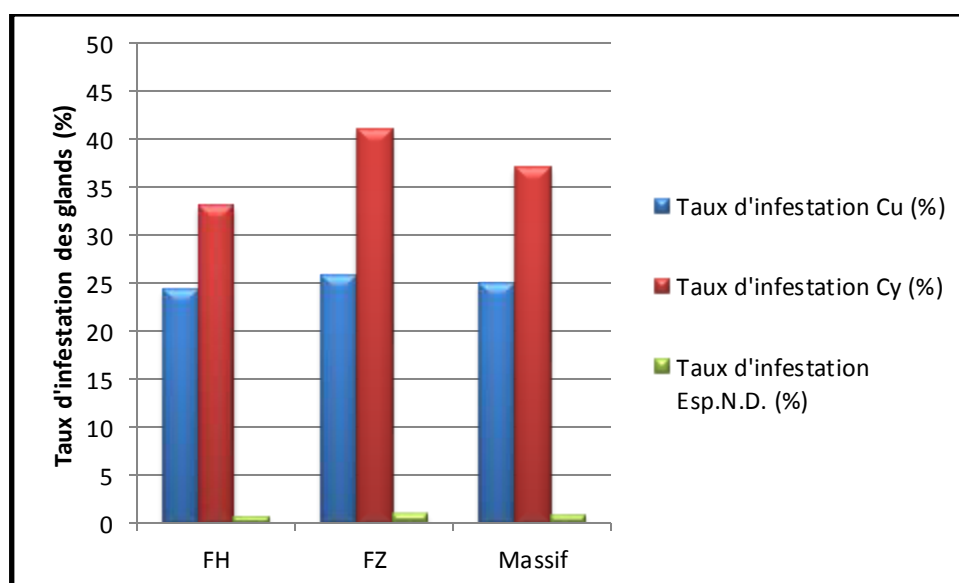


Figure 7.8 : Taux d'infestation des glands des deux forêts par les insectes

Par ailleurs au niveau massif, la comparaison du taux d'infestation des glands des arbres des deux forêts en fonction de l'insecte considéré par l'analyse de la variance à un facteur contrôlé (ANOVA), montre une différence très significative. Le test de Tukey affiche le groupe A pour *Cydia fagiglandana* (37,45 %), et B pour *Curculio elephas* (21,57 %) (Tab. 7.10). Les glands des arbres sont donc plus infestés par *Cydia* que par *Curculio* et l'infestation des deux insectes ne présente pas une grande dispersion de part et d'autre des moyennes (Fig. 7.9).

Tableau 7.10 : ANOVA à un facteur contrôlé : Taux d'infestation des glands des arbres des deux forêts en fonction des deux insectes

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Insectes	1	2144	2144	13,06	0,001**
Erreur	32	5253	64		
Total	33	7397			
Insectes	N	Moyenne	Groupement		
Cy	17	37,45	A		
Cu	17	21,57	B		

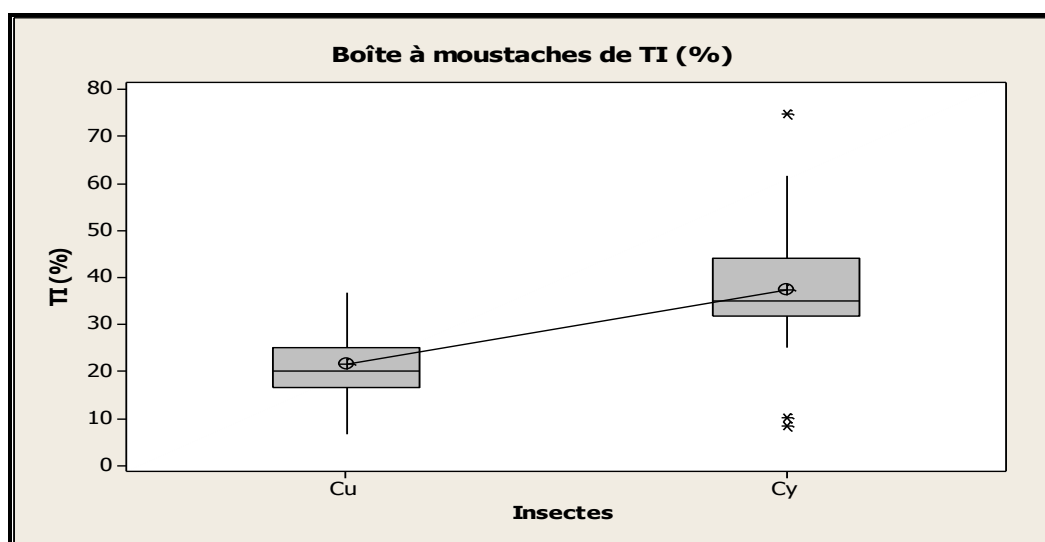


Figure 7.9 : Taux d'infestation des glands des arbres des deux forêts par *Cydia fagiglandana* et *Curculio elephas*

Concernant les glands des sols, ils sont plus infestés par *Curculio* (54,17 %) que par *Cydia* (28,33 %), mais l'analyse de la variance n'affiche pas cette différence (Tab. 7.11). La

disparité des valeurs est faible pour *Curculio* et importante pour *Cydia*, vu que le taux d'infestation passe de 45 % à Hafir à 11 % à Zariéffet (Fig. 7.10).

Tableau 7.11 : ANOVA à un facteur contrôlé : Taux d'infestation des glands des sols des deux forêts en fonction des deux Insectes et moyennes estimées par le test de Tukey

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Insectes	1	667	667	2,26	0,272
Erreur	2	590	295		
Total	3	1258			
Insectes	N	Moyenne	Groupement		
Cu	2	54,17	A		
Cy	2	28,33	A		

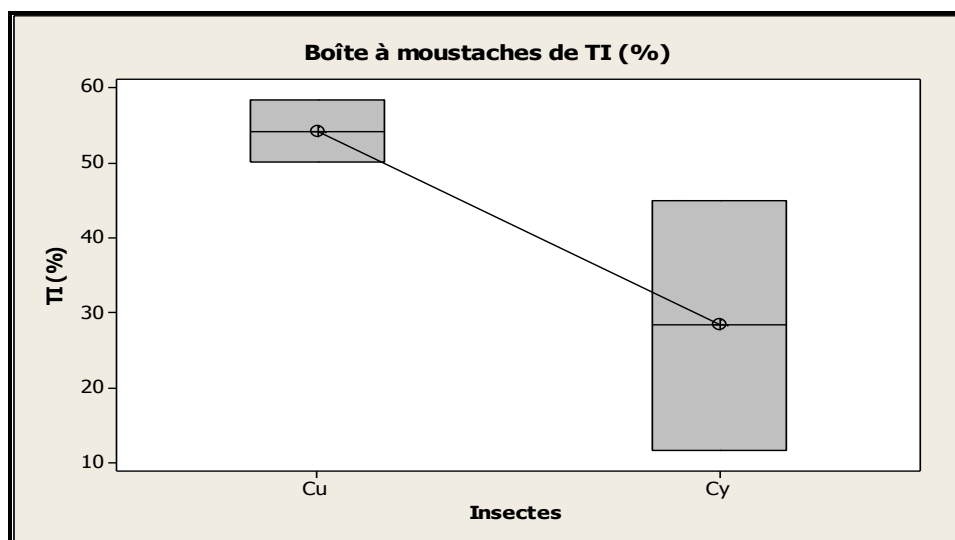


Figure 7.10 : Taux d'infestation des glands des sols par *Cydia fagiglandana* et *Curculio elephas*

En moyenne, le taux d'infestation par arbre est de 29,51 % pour l'ensemble des individus étudiés. Les glands de A6 et A35 présentent une faible infestation (≤ 15 %), contrairement aux glands de A23, A31 et A36 qui exposent une forte infestation (≥ 31 %). Au niveau forêt, les glands des arbres de Hafir (HA) révèlent une infestation moyenne (26,92 %), alors que ceux de Zariéffet (ZA) présentent une infestation forte (33,26 %).

Pour les glands des sols (HS et ZS), les deux forêts affichent une infestation forte, mais plus importante à Hafir (47,50 %) qu'à Zariéffèt (35 %) (Fig. 7.11).

En conclusion, la distribution de l'infestation du massif Hafir-Zariéffèt (HZ) par groupes d'arbres, donne 11,76 % de chênes-liège à faible infestation (≤ 15 %), 41,18 % de chênes-liège à infestation moyenne ($16 \leq TI \leq 30$ %) et 47,06 % de chênes-liège à forte infestation (≥ 31 %) (Fig. 7.12).

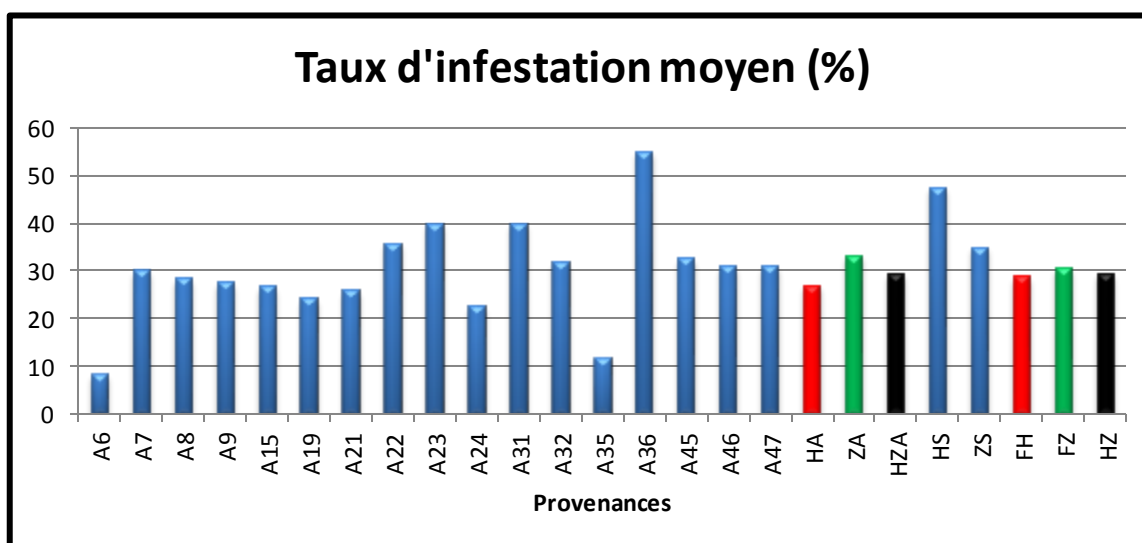


Figure 7.11 : Taux d'infestation moyen des glands des arbres (HA, ZA) et sols (HS, ZS) des forêts et du massif Hafir-Zariéffèt (HZ)

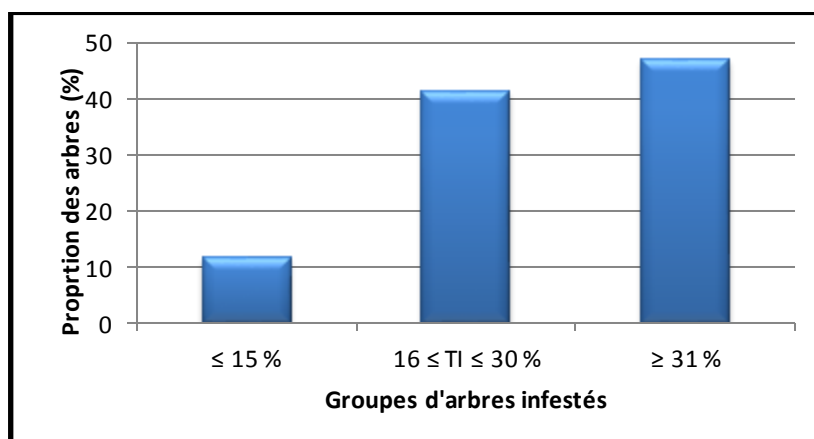


Figure 7.12 : Fréquence des individus en fonction du taux d'infestation moyen du massif Hafir-Zariéffèt

7.3.4.3. Intensité de l'infestation

La surface moyenne infestée des glands montre une différence extrêmement significative entre les dissemblables provenances examinées (Tab. 7.12). Le groupement par la méthode de Tukey, particularise deux groupes, le groupe A englobe les glands des sols de Hafir (53,18 %) puis ceux de Zariéffèt (50,94 %), ensuite le groupe B contenant les glands des arbres de Zariéffèt (12,40 %), puis ceux des arbres de Hafir (10,35 %).

La surface des glands des arbres de Hafir exprime une faible disparité des valeurs (petite boîte), celle des arbres de Zariéffèt, une moyenne disparité, tandis que la surface infestée des glands des sols expose des valeurs très dispersées surtout à Zariéffèt (Fig. 7.13).

Tableau 7.12 : ANOVA à un facteur contrôlé : Surface infestée en fonction des provenances et moyennes estimées par le test de Tukey

Sources	DL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Provenances	3	49795	16598	90,21	0,0001***
Erreur	116	21344	184		
Total	119	71139			

Provenances	N	Moyenne	Groupement
HS	30	53,18	A
ZS	30	50,94	A
ZA	30	12,40	B
HA	30	10,35	B

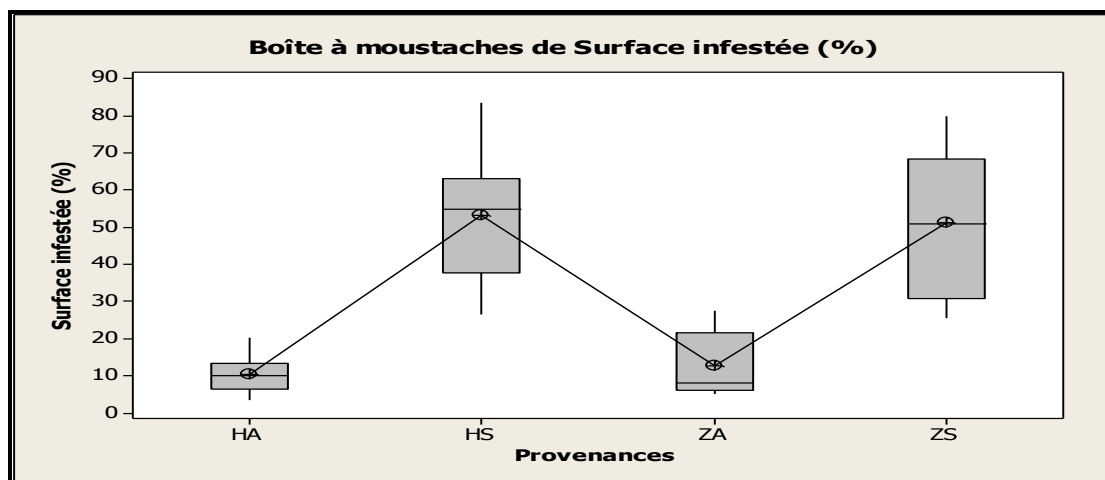


Figure 7.13 : Surface moyenne infestée et dispersion intra-forêt

Nous concluons que la surface moyenne infestée est presque identique pour les arbres qu'ils soient de Hafir ou de Zariéffet (respectivement 10,35 % et 12,40 %) et de même pour les glands ramassés des sols des deux forêts (Fig. 7.14). Ce sont les valeurs extrêmes qui sont remarquables, en effet, la proportion varie de 25 à 84 % pour les glands ramassés et de 3 à 28 % pour les glands récoltés sur arbres (Annexe 7.7). Les deux forêts présentent sensiblement la même intensité d'infestation.

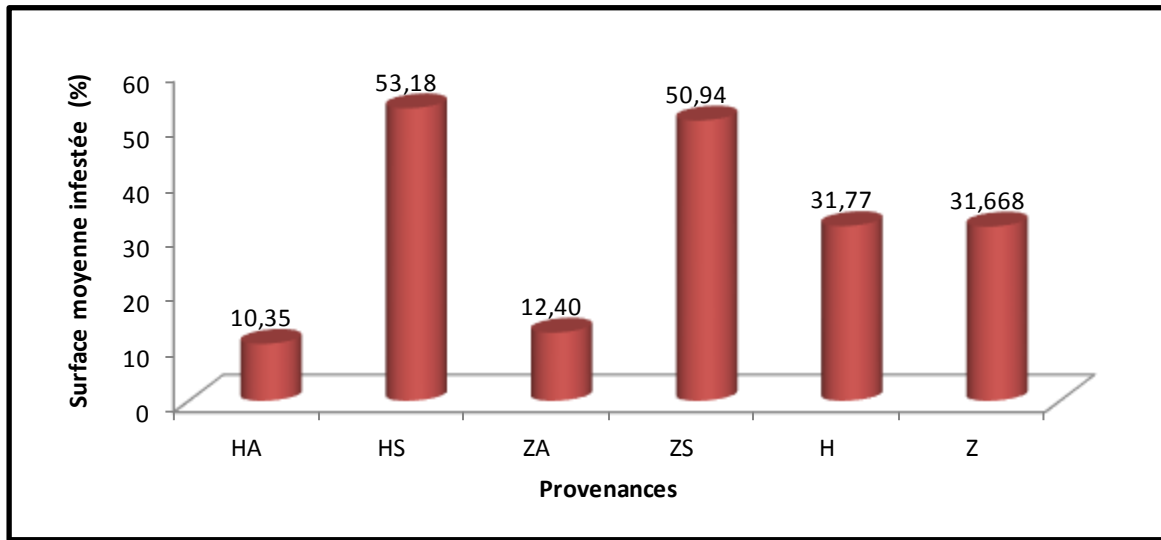


Figure 7.14 : Surface moyenne infestée des glands des arbres, sols et forêts

Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis

Table des matières

8.1. Matériels et méthodes	196
8.1.1. Mise en culture.....	196
8.1.2. Système et conduite d'élevage.....	197
8.1.3. Levée des plantules, survie, plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants	198
8.1.4. Croissance des plantules	198
8.1.5. Morphogénèse des plants	199
8.1.6. Réponse des glands et des semis au stress biotique	201
8.1.6.1. Description et choix de prélèvement du matériel végétal	201
8.1.6.2. Analyses biochimiques.....	201
8.1.6.2.1. Dosage de la proline.....	201
8.1.6.2.2. Dosage des sucres solubles.....	202
8.1.7. Analyse des données	203
8.2. Résultats	204
8.2.1. Levée des plantules, survie, plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants	204
8.2.1.1. Levée des plantules.....	204
8.2.1.2. Survie des plantules.....	214
8.2.1.3. Plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants	215
8.2.2. Croissance des plantules	216
8.2.2.1. Croissance en hauteur	216
8.2.2.2. Croissance du diamètre au collet.....	219
8.2.2.3. Nombre de feuilles	221
8.2.2.4. Surface foliaire.....	222
8.2.3. Morphogénèse des plants (Allongement caulinaire, repos apparent, croissance foliaire et hétéroblastie).....	225
8.2.4. Caractères biochimiques.....	236
8.2.4.1. Pour les glands.....	236
8.2.4.1.1. La proline	236
8.2.4.1.2. Les sucres solubles	236
8.2.4.2. Pour les organes des semis	237
8.2.4.2.1. La proline	237
8.2.4.2.2. Les sucres solubles	238

8.1. Matériels et méthodes

8.1.1. Mise en culture

L'expérimentation s'est déroulée dans une pépinière d'une superficie de 3714 m² située au siège de la conservation des forêts de Tlemcen, aux mêmes dispositions altitudinales et climatiques que les forêts de provenance des glands et aux conditions semi-contrôlées (ombrage + arrosage). L'approvisionnement en eau d'irrigation s'effectue par un puits y existant. Cette eau est analysée au niveau du laboratoire vétérinaire de Tlemcen dans le but de voir la conformité de cette dernière pour la production des plants (Annexes, Tab. 8.1).

Le substrat de culture des glands provient des placettes expérimentales de la subéraie de Hafir et Zariéffet. La terre prélevée sur une couche de 20 à 60 cm de profondeur, a été séchée et homogénéisée. L'analyse granulométrique et du pH d'un échantillon de sol de quatre horizons au niveau du laboratoire L.T.P.O., révèle une texture sablo-limono-argileuse en surface à sableuse en profondeur (sables de 71 à 89 %, limons de 6 à 16 %, argiles de 3 à 10 %). Le pH est de 7,4 en moyenne.

Des glands récoltés sur arbres (17 arbres) et ramassés du sol (Hafir et Zariéffet) ont été nettoyés et ressuyés. Ensuite, par un examen externe (Weckerly et al., 1989 ; Branco et al., 2002 ; Xiao et al., 2003 ; Bouchaour-Djabeur et al., 2011), nous avons classé ces derniers selon les significations suivantes :

- Glands sains (ne présentant aucune pique : GS),
- Glands faiblement endommagés (détectés par les piques des charançons adultes, mais pas de trous de sortie de larves, ils peuvent contenir encore des œufs d'insectes ou de jeunes larves : GF) (Pl.8.1),
- et Glands fortement endommagés (la plupart avec embryon endommagé ou plus de 50 % des cotylédons attaqués ou encore détectés par la présence de larves matures ou des trous de sortie : GFt) (Pl.7.3C).

Ainsi, 30 glands par qualité (3) et par lot (19) sont mis en terre le 06 décembre 2010 (N total = 1710 glands) (Tab. 8.1).



Planche 8.1 : Gland de chêne-liège faiblement endommagé (Original)

Tableau 8.1 : Critères et disposition des semis réalisés

Bloc 1(arbres)	Effectif	Etat des glands
Glands de l'arbre n°6 (A6S)	30	Glands sains
Glands de l'arbre n°6 (A6F)	30	Glands faiblement endommagés
Glands de l'arbre n°6 (A6Ft)	30	Glands fortement endommagés
.	.	.
.	.	.
.	.	.
Glands de l'arbre n°47 (A47S)	30	Glands sains
Glands de l'arbre n°47 (A47F)	30	Glands faiblement endommagés
Glands de l'arbre n°47 (A47Ft)	30	Glands fortement endommagés
Bloc 2 (sols)		
Glands du sol de Hafir (HSS)	30	Glands sains
Glands du sol de Hafir (HSF)	30	Glands faiblement endommagés
Glands du sol de Hafir (HSFt)	30	Glands fortement endommagés
.	.	.
.	.	.
Glands du sol de Zarieffet (ZSFt)	30	Glands fortement endommagés

8.1.2. Système et conduite d'élevage

Les sachets en plastiques ajourées sur les côtés de 21 x 4,5 cm, sans fonds sont remplis au $\frac{3}{4}$ de substrat. Ils sont ensuite disposés dans des cagettes ajourées également à la base et sur les côtés, à raison de 30 sachets par cagette. L'ensemble des cagettes est déposé sur des planches surélevées de 20 cm du sol que nous avons édifiées et installées dans une serre de production semi-ombragée. Cette technique en hors-sol permet de produire des plants sans déformations racinaires rédhibitoires (Harfouche, 2003). Les glands sont ensuite repiqués horizontalement et couverts d'une couche de terreau de 2 à 3 cm. Cette approche avec sachets

sans fond, caissette à base ajourée et la surélévation des châssis provoquent l'auto-cernage des racines, mais aussi évitent aux plants toute contamination par le sol et/ou attaques des ravageurs.

L'arrosage se réalisait manuellement deux à trois fois par semaine de bon matin, en fonction de la température et en contrôlant régulièrement l'humidité du substrat. Le désherbage des adventices s'opérait également manuellement (Pl. 8.2).

8.1.3. Levée des plantules, survie, plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants

Après presque trois mois du semi (28 février 2011), nous avons noté l'apparition de la première plantule. Un gland est considéré comme germé lorsque la radicule perce les enveloppes et manifeste son géotropisme positif (Merouani, 2001). La capacité germinative est le taux de germination maximal obtenu dans les conditions que nous avons choisi. Après 10 jours du début de germination, nous avons suivi le taux de germination périodiquement (tous les 10 jours) pour une durée de dix semaines. Le taux de germination est calculé par la formule (Maziliak, 1982) suivante :

$$\text{TG \%} = (\text{Nombre de semences germées} / \text{Nombre total des semences}) \times 100$$

Le taux de survie a été évalué en fin d'expérience, environ neuf mois après le semis. Le taux de glands qui n'ont pas donné de plants rappelle le taux de glands qui ont germé mais n'ont pas donné de plants et le taux de glands qui n'ont pas germé du tout.

8.1.4. Croissance des plantules

L'effet du génotype (individu producteur) et de l'état de santé du gland, ont été suivis régulièrement par les mesures des paramètres de croissance tous les deux jours dès l'apparition des premières plantules, et ce pour toutes les plantules jusqu'à fin août 2011 (environ huit mois de leur mise en terre). Les descripteurs pris en considération sont :

- La croissance en hauteur ou en longueur de la tige est mesurée à partir du collet (ras du sol) jusqu'à l'apex à l'aide d'une règle graduée au 0,5 mm de précision.

- Le diamètre au collet est le meilleur paramètre de prédiction de la vigueur des plants (Mexal et Landis, 1990), il est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse au 1/10 mm de précision.
- L'estimation du nombre de feuilles, considéré comme un bon indicateur des capacités assimilatrices de la plante et de sa production en biomasse (Fischesser et Depuis-Tate, 1996).
- La surface foliaire, déterminée en fin d'expérience sur la totalité des feuilles de la 1^{ère} et 2^{ème} vague de croissance par un planimètre de type HAAF 017.

8.1.5. Morphogénèse des plants

La périodicité des mensurations, prise tous les deux jours, nous a permis de suivre la croissance rythmique des plants et de déterminer les composantes spatio-temporelles selon Alatou (1990) :

- **Les composantes temporelles** : sont les durées en jours des phases de croissance en longueur de la tige et de repos du bourgeon apical.
- **Les Composantes spatiales ou hétéroblastie** : sont le nombre d'ensembles foliaires formés par unité de temps ou rythme de dégagement des feuilles (plastochrone apparent) et la morphogénèse de ces ensembles qui sont au nombre de trois :
 - **Les ensembles foliaires à stipules écailleuses** : sont les écailles proprement dites, premières pièces foliaires développées sur l'axe caulinaire au cours de la formation d'un étage. Elles ne se développent pas.
 - **Les ensembles foliaires à limbe assimilateur stipulé** : sont les feuilles réelles du plant.
 - **et les ensembles foliaires à limbe avorté stipulé** : l'avortement du limbe de petite taille (1 à 4 mm) est précoce. Ces ensembles foliaires entourent le bourgeon écailleux à la fin d'une vague de croissance.
- **L'allongement caulinaire et croissance foliaire** : est l'évolution journalière de l'allongement de l'axe caulinaire (mm/jour) et du plastochrone apparent (nombre de feuilles/jour).



Planche 8.2 : Mise en culture, système et conduite d'élevage des semis de chêne-liège (Original)

8.1.6. Réponse des glands et des semis au stress biotique

8.1.6.1. Description et choix de prélèvement du matériel végétal

Pour chaque état de santé (sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)), l'analyse biochimique est réalisée sur du matériel végétal frais (N = 3). Il s'agit de glands (S et F) ; et de différents organes des semis (feuilles de la première vague de croissance, feuilles de la deuxième vague de croissance, tiges et racines) entre le troisième et le sixième jour du stade repos apparent de la deuxième vague de croissance. Les échantillons sont pris au hasard des semis issus de glands des arbres (HA) et sols (HS) de Hafir et pareil pour ceux de Zariéffet (ZA et ZS).

L'adjonction de la deuxième vague de croissance se justifie par les travaux de Payan (1982) et Alouie-Sossé et al., (1994), qui montrent que le premier étage n'est pas bien représentatif de l'étage moyen car il se développe encore sous l'influence des réserves cotylédonaire qui varient d'un gland à l'autre. Cette influence devient négligeable lors de l'installation de la 2^{ème} vague de croissance.

8.1.6.2. Analyses biochimiques

Les analyses biochimiques sont réalisées au laboratoire de développement et valorisation des ressources phytogénétiques, département d'écologie et biologies, faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Mantouri, Constantine (Algérie).

8.1.6.2.1. Dosage de la proline

La méthode utilisée est celle de Troll et Lindsley (1955) qui consiste à prélever 100 mg de matière végétale fraîche de chaque échantillon immédiatement pesé, puis placer dans un tube à essai. Nous ajoutons un volume de 2 ml de méthanol à 40 %, mettre à l'obscurité, à température ambiante pendant 48 heures.

L'ensemble est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 1 heure. Après refroidissement, nous prélevons 1 ml de la solution d'extraction auquel on ajoute 2 ml d'acide acétique (CH₃COOH), 25 mg de ninhydrine (C₆H₆O₄) et 1ml du mélange (120 ml d'eau distillée + 300 ml d'acide acétique + 80 ml d'acide ortho phosphorique (H₃PO₄) de densité 1,7).

L'ensemble est porté à ébullition pendant 30 mn au bain-marie (à 100°C), la solution vire au rouge. Après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée. Deux phases se séparent : une phase supérieure contenant la proline et une phase inférieure transparente. La phase supérieure est récupérée et déshydratée par l'ajout d'une pincée de sulfate de sodium (Na₂SO₄). La lecture de la densité optique se fait à une longueur d'ondes de 528 nm. Les teneurs en proline sont obtenues par l'équation ci-dessous, faite par le biais d'une « courbe étalon », préalablement établie à partir d'une série de solutions de concentrations en proline connues.

$$Y = 0.62 DO \text{ } \mu\text{mol/mg MS.}$$

DO : densité optique, MS : matière sèche (mg)

Pour déterminer la matière sèche, nous transférons les résidus de l'extraction dans une étuve à 80°C pendant 24 heures.

8.1.6.2.2. Dosage des sucres solubles

Le dosage des sucres solubles est réalisé selon la méthode de Dubois et al., (1956). L'extraction est faite sur 100 mg de matière végétale fraîche, mis dans des tubes à essai, ajouter 3 ml d'éthanol à 80 %, placer à l'obscurité, à température ambiante pendant 48 heures.

Les sucres solubles sont calculés par l'équation suivante :

Au moment du dosage, on filtre le contenu, et on ajoute 20 ml d'eau distillée à l'extrait (solution à analyser). Dans des tubes à essai en verre, on met 1ml de la solution à analyser et on ajoute 1ml de phénol à 5% + 5 ml d'acide sulfurique concentré, tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient une solution jaune-orange à la surface.

On incube les tubes pendant 15 à 20 minutes au bain marie à 30°C. Après refroidissement, la lecture de la densité optique se fait à une longueur d'ondes de 490 nm. Les teneurs en sucres solubles sont obtenues par l'équation suivante :

$$Y = 1.657 DO \text{ } \mu\text{mol/mg MS}$$

DO : densité optique, MS : matière sèche (mg)

La matière sèche est déterminée de la même manière que précédemment.

8.1.7. Analyse des données

Les différents paramètres étudiés ont été traités par des statistiques descriptives ou comparatives par l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) suivi d'un test de Tukey au seuil de 5 % pour tester les différences significatives entre les différents paramètres, et pareillement des ANOVA à deux entrées. Les valeurs de la p-value $\leq 0,05$ sont considérées statistiquement significatives. Le logiciel utilisé est « Minitab 16 ».

8.2. Résultats

Le taux de germination et les paramètres de croissance (longueur de tiges, diamètre au collet, nombre de feuilles, surface foliaire, allongement caulinaire et repos apparent), ont été mesurés pour tous les semis issus des glands sains (S), faiblement endommagés (F) ou fortement endommagés (Ft).

8.2.1. Levée des plantules, survie, plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants

La levée constitue un premier diagnostic de réussite d'une culture, une mauvaise levée peut avoir plusieurs causes liées à la conduite culturale (semis trop profonds, superficiels), au climat (gel hivernal), ou à l'état sanitaire (gland sain, attaqué, pourris...).

Le taux de levée est le nombre total des plants levés par rapport au nombre de glands semés, il a été déterminé périodiquement (tous les 10 jours), 10 jours après l'apparition de la première plantule. Cette levée est variable selon les individus producteurs et les différents états de santé, aussi bien du point de vue taux que de la période d'émergence.

8.2.1.1. Levée des plantules

Le taux d'émergence augmente au fur et à mesure avec le temps. Les figures 8.1, et 8.2, montrent que le meilleur taux est enregistré chez les glands sains (S) et faiblement endommagés (F), qu'ils soient récoltés sur arbres ou ramassés du sol. Ils ont sensiblement le même taux.

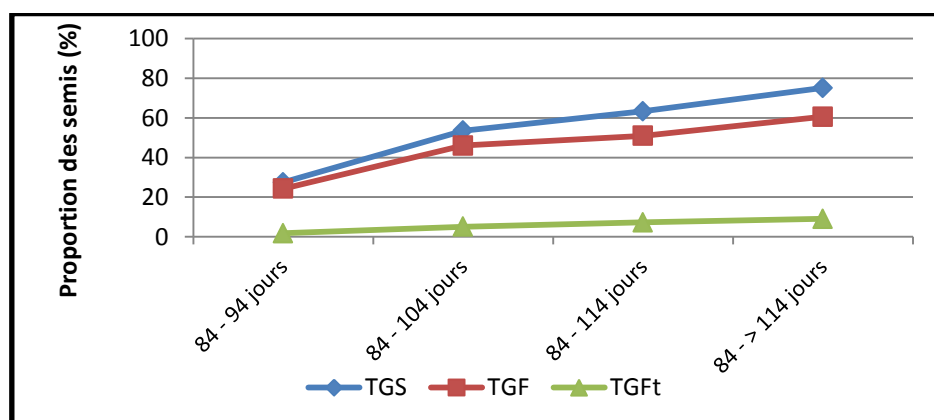
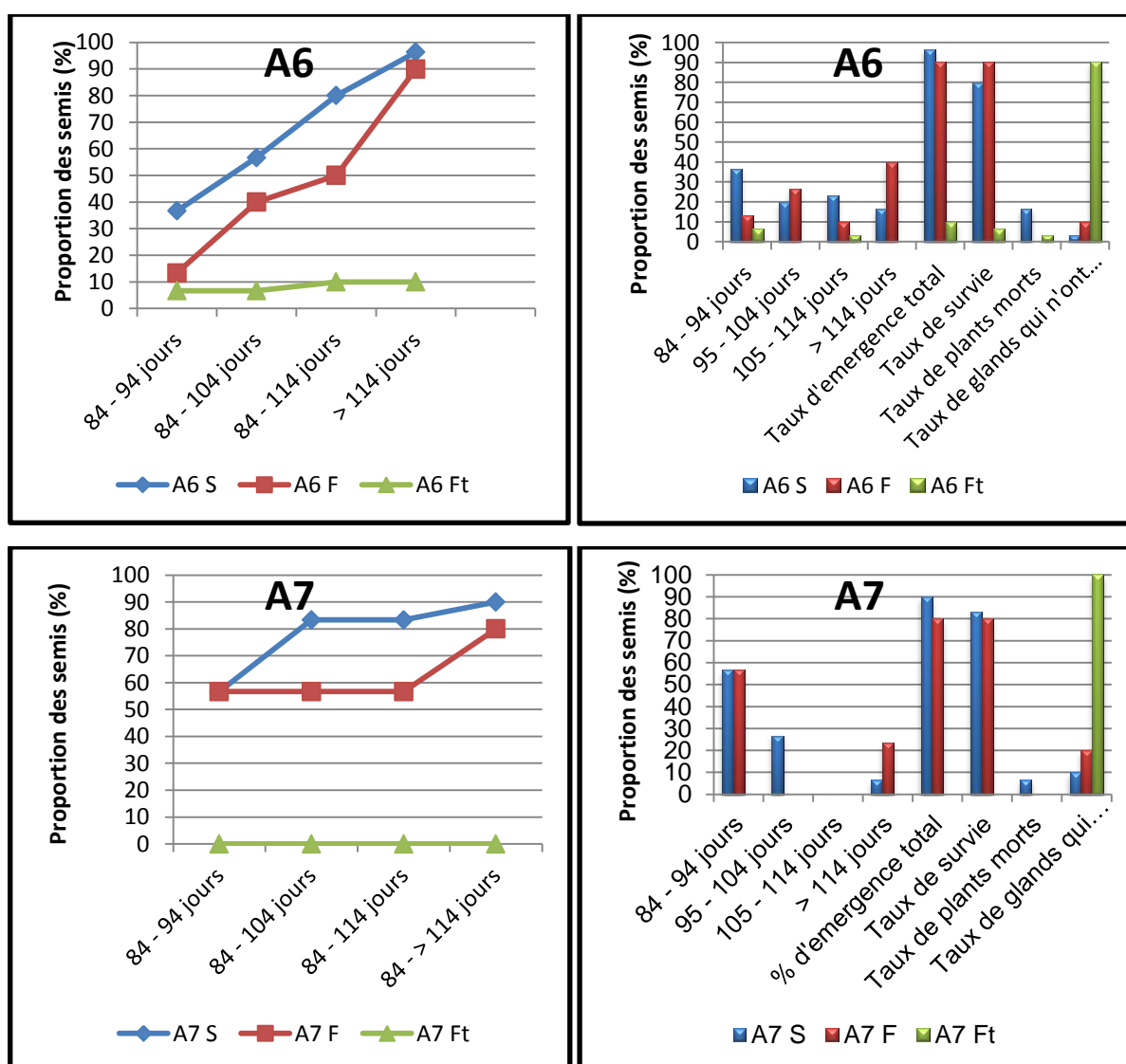


Figure 8.1 : Cinétique de levée des semis de chêne-liège des 19 lots (Arbres et sols)

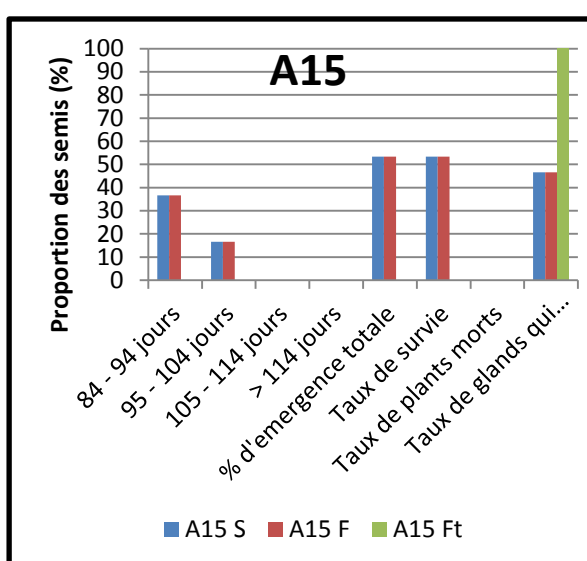
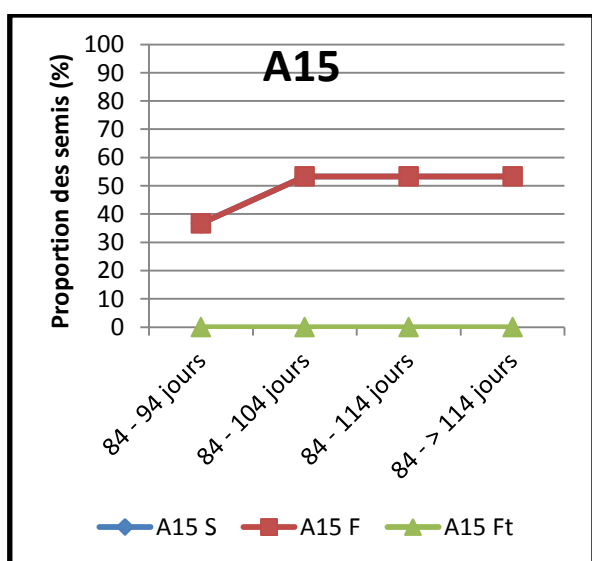
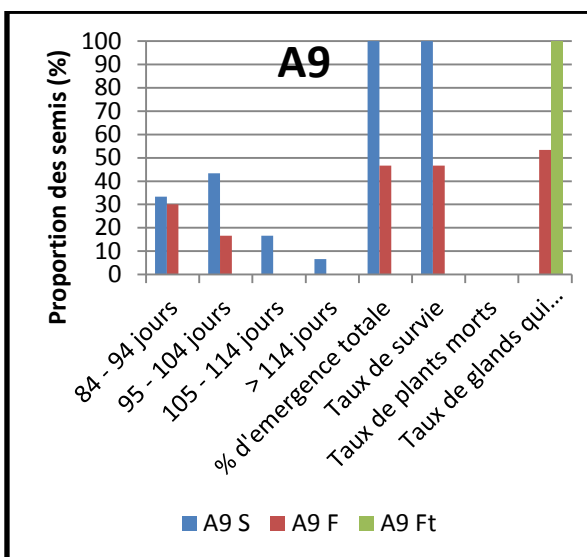
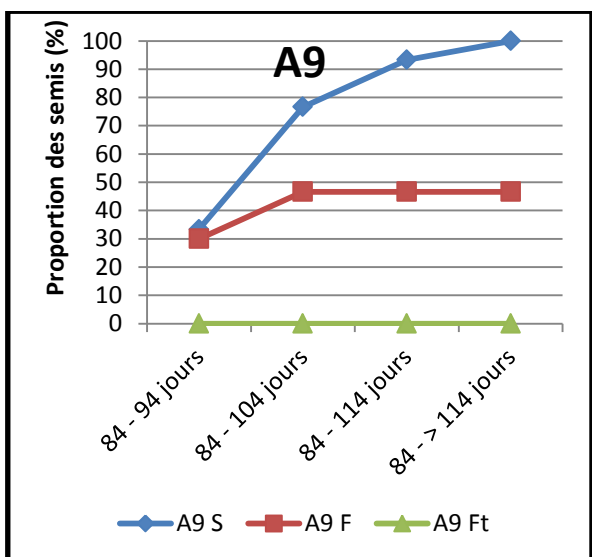
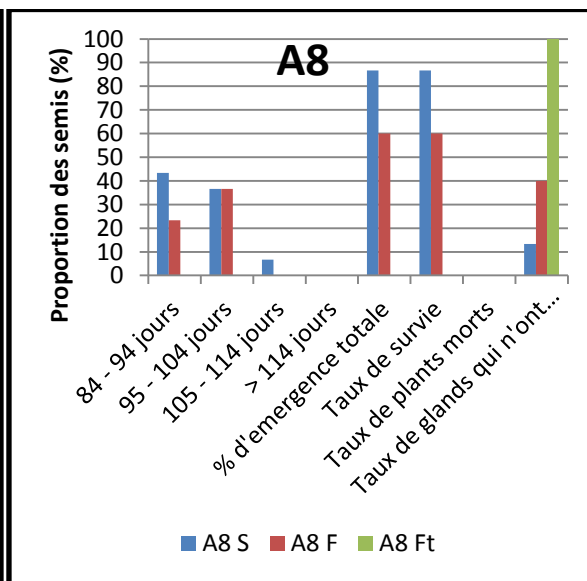
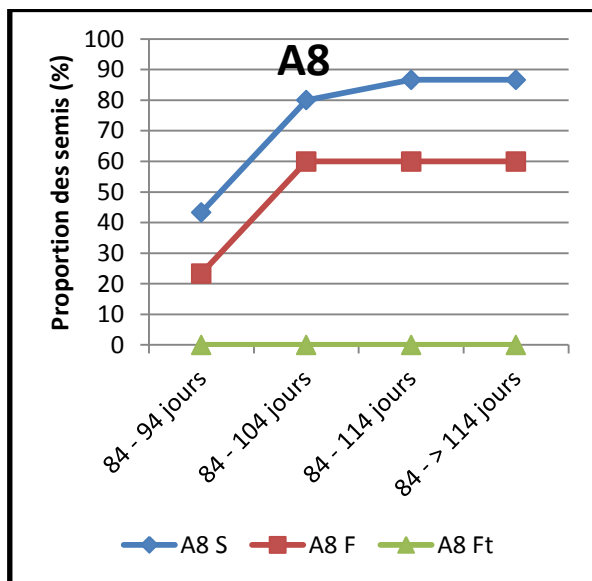
Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis

Ce taux varie respectivement de 33 % (A22) à 100 % (A9 et A45) et de 20 % (A46) à 100 % (ZSOL). Les glands sains du sol de Hafir enregistrent 50 % d'émergence. Les coefficients de variation de ces deux catégories, montrent une dispersion plus ou moins faible autour de la moyenne.

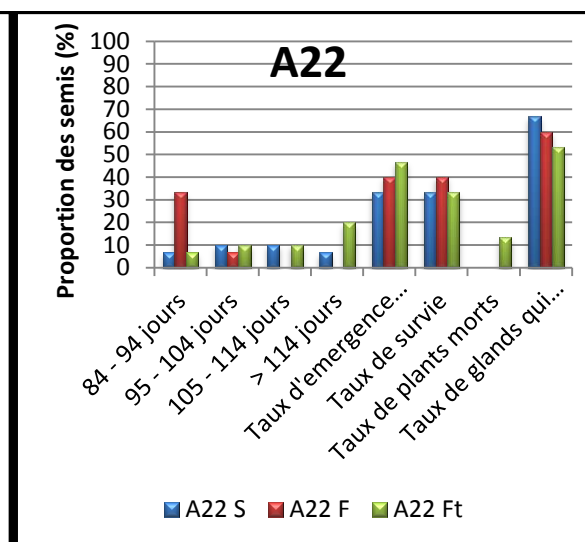
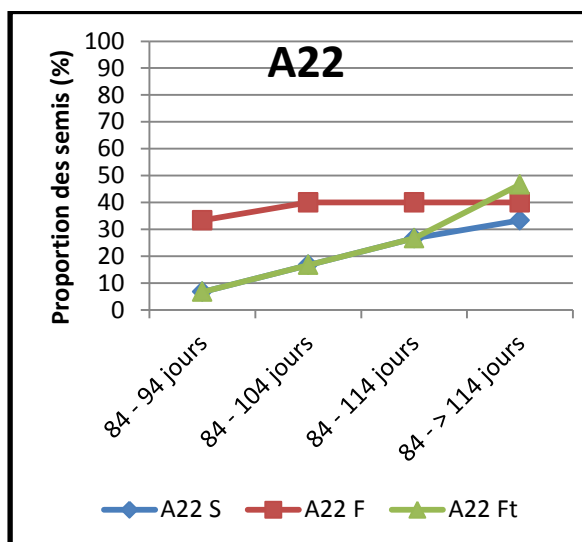
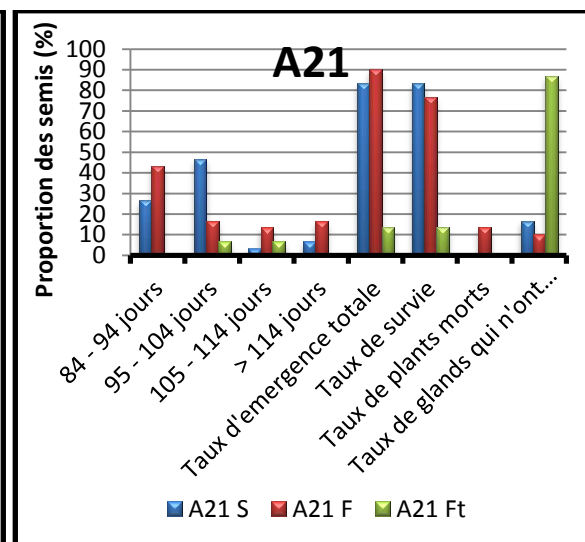
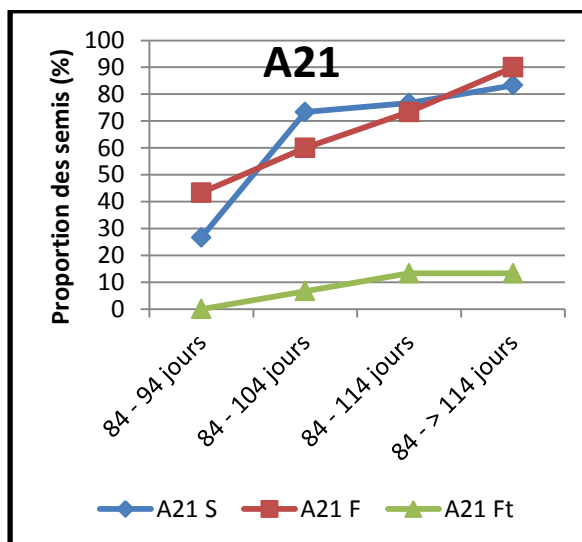
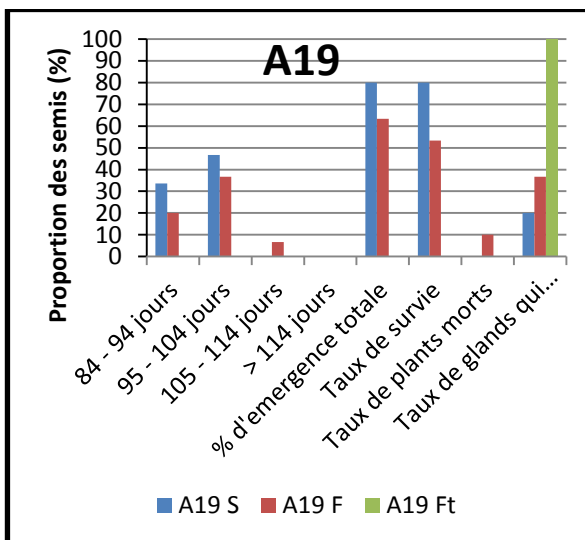
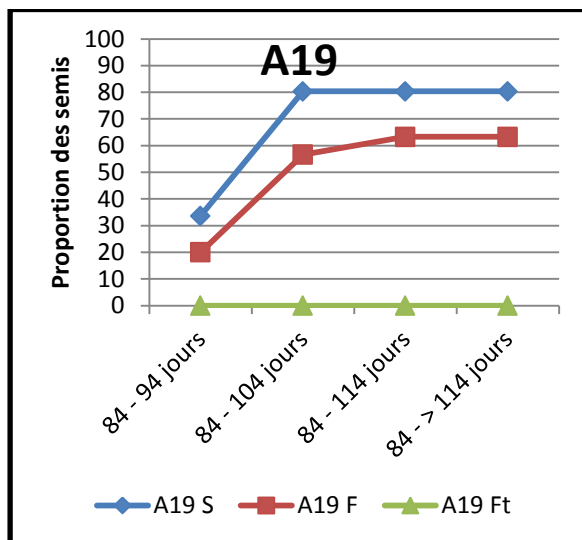
Alors que les glands fortement endommagés (Ft) affichent de grandes divergences entre les individus producteurs. Tel est le cas de A35 (67 %) et A22 (33 %). Ces glands (Ft), malgré leur détérioration, ont conservé l'embryon intact, ont pu germer et établir des semis. Ils se particularisent par le taux d'émergence des (Ft) qui domine les sains et les faiblement endommagés. D'autre part, ce type de glands (Ft) de 64 % des arbres (A7, A8, A9, A15, A19, A31, A32, A36, A45, A46, A47) n'ont pas donné de plantules. Les coefficients de variation (> 165 %), annoncent également les fortes inégalités entre les individus de la même forêt (Fig. (Fig. 8.2, 8.3 ; Annexes, Tab. 8.2, 8.3).



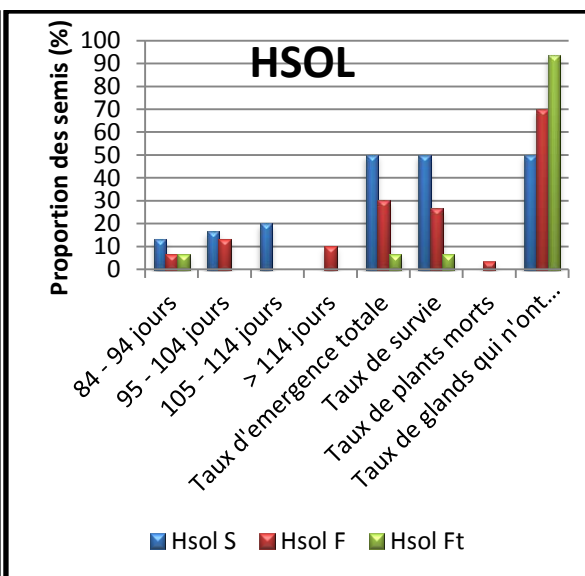
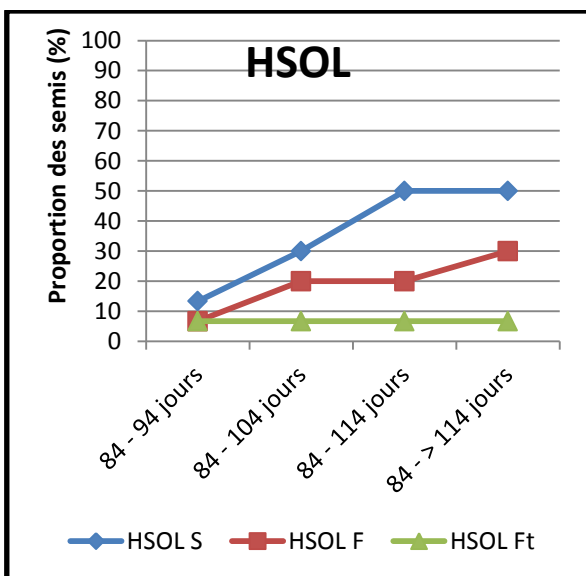
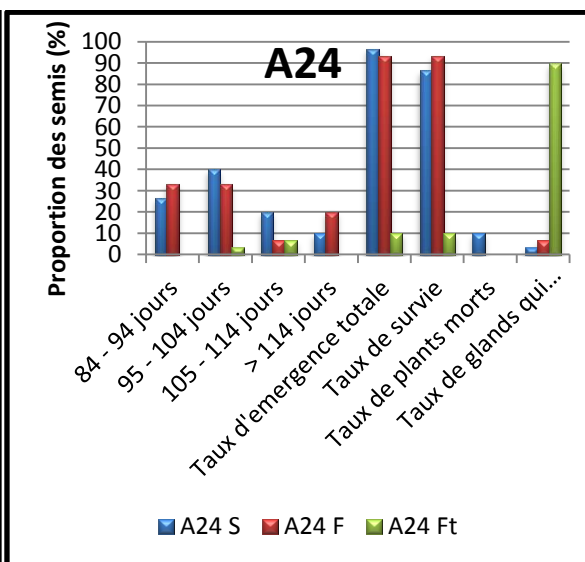
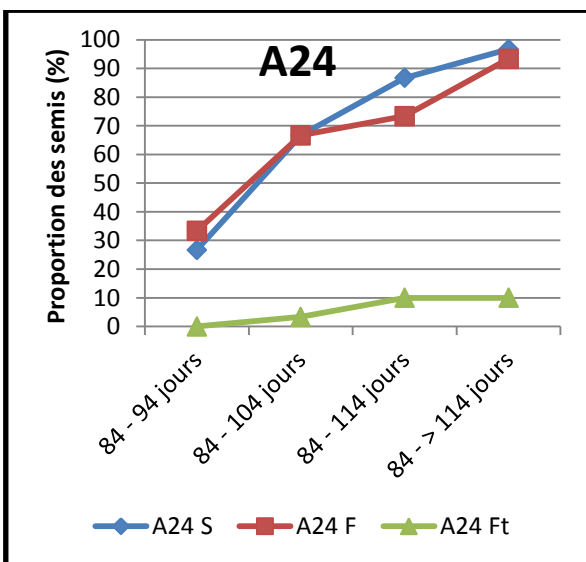
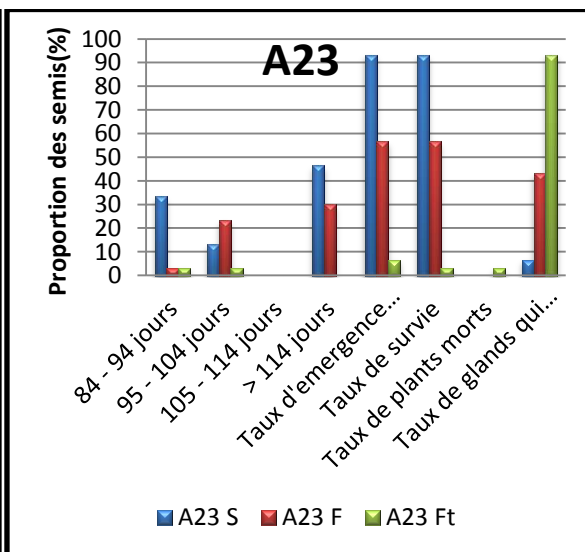
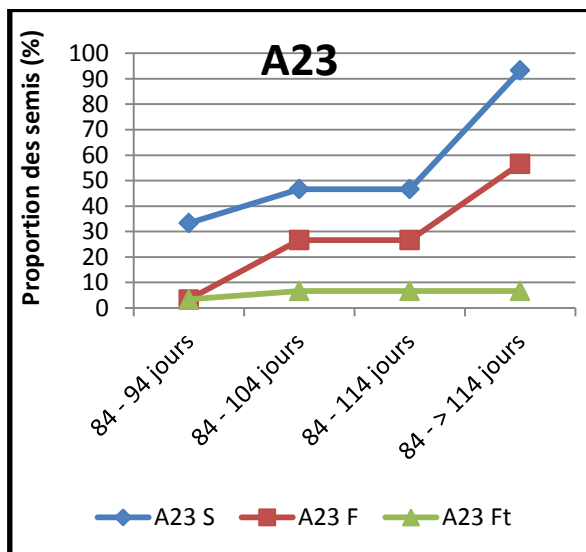
Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis



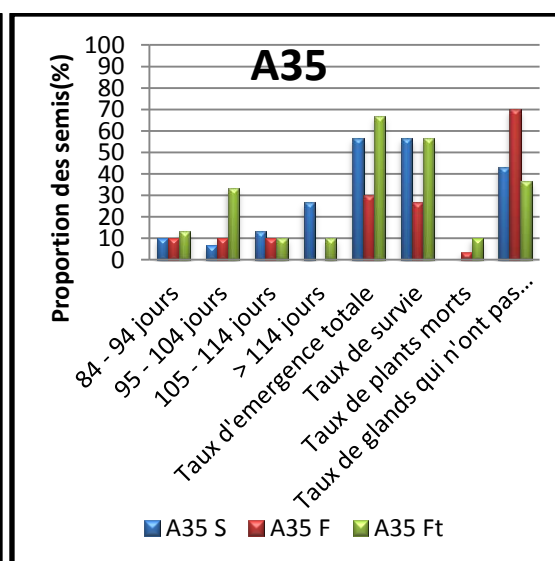
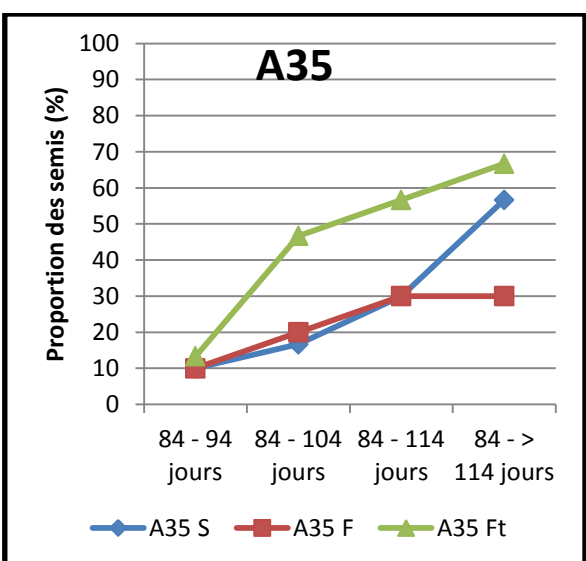
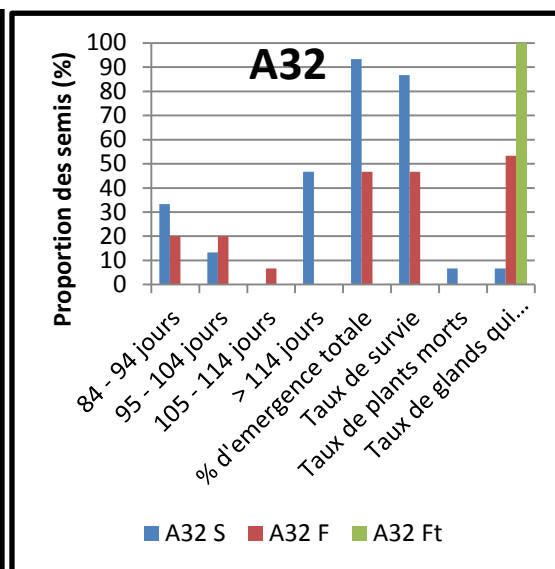
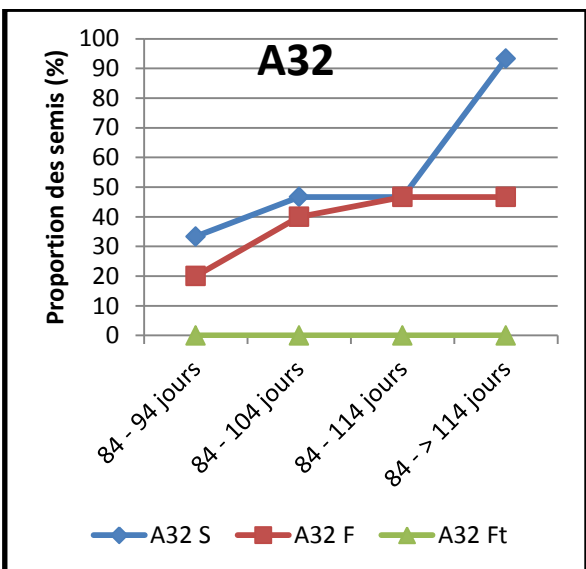
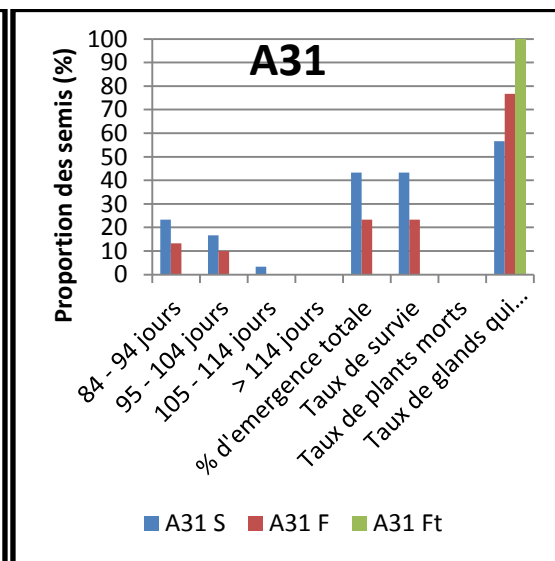
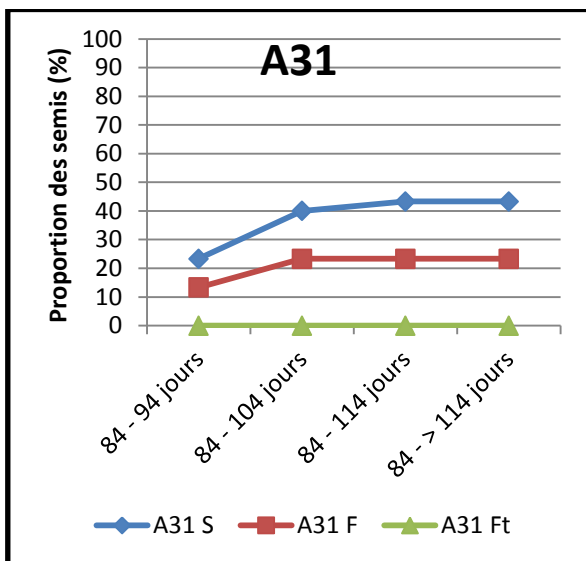
Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis

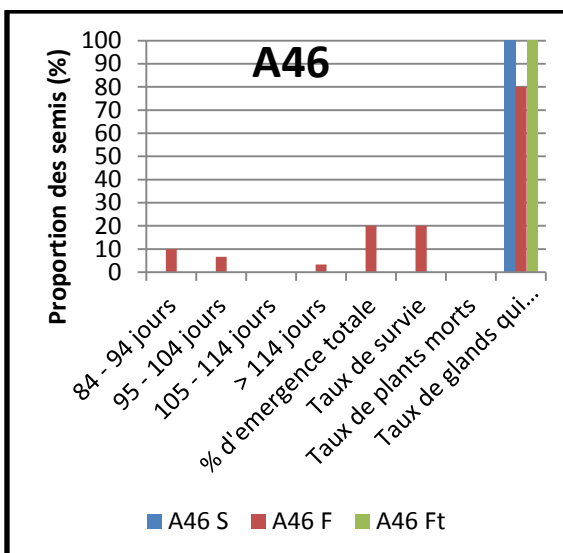
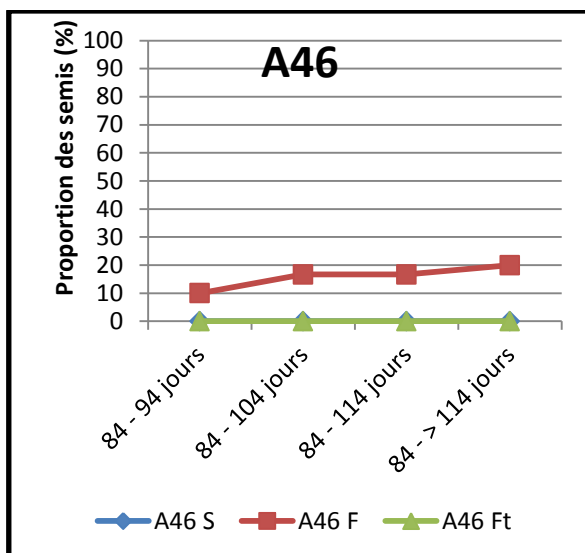
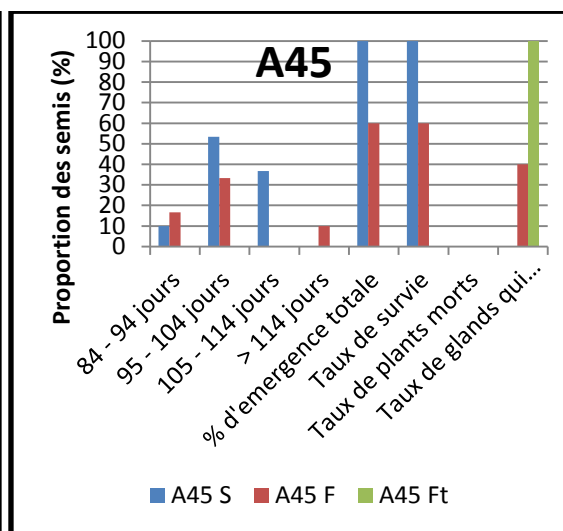
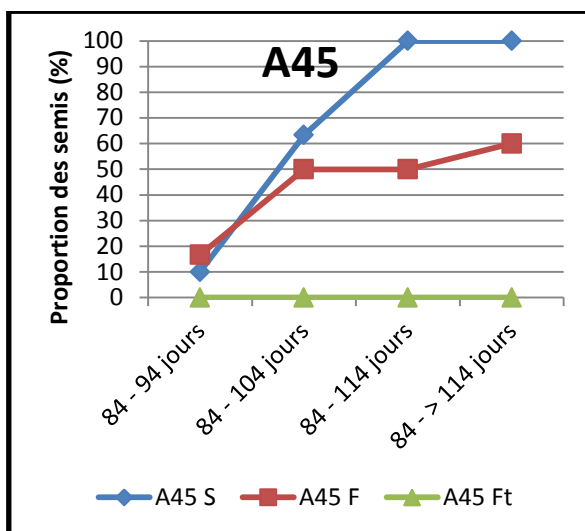
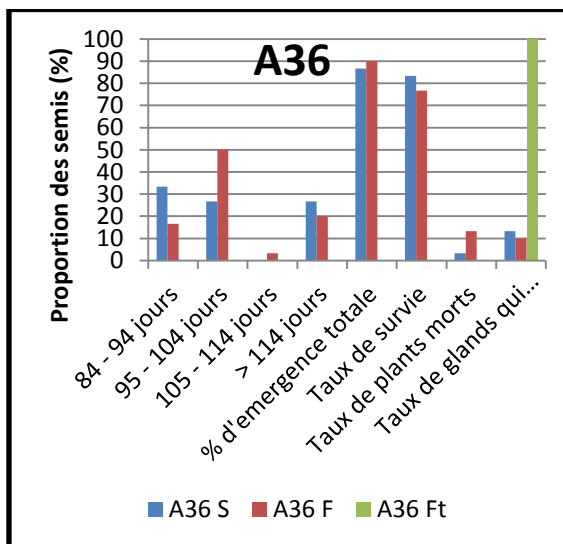
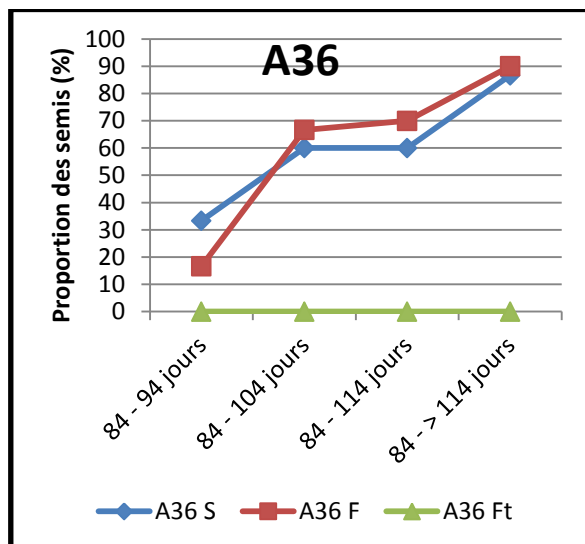


Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis



Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis





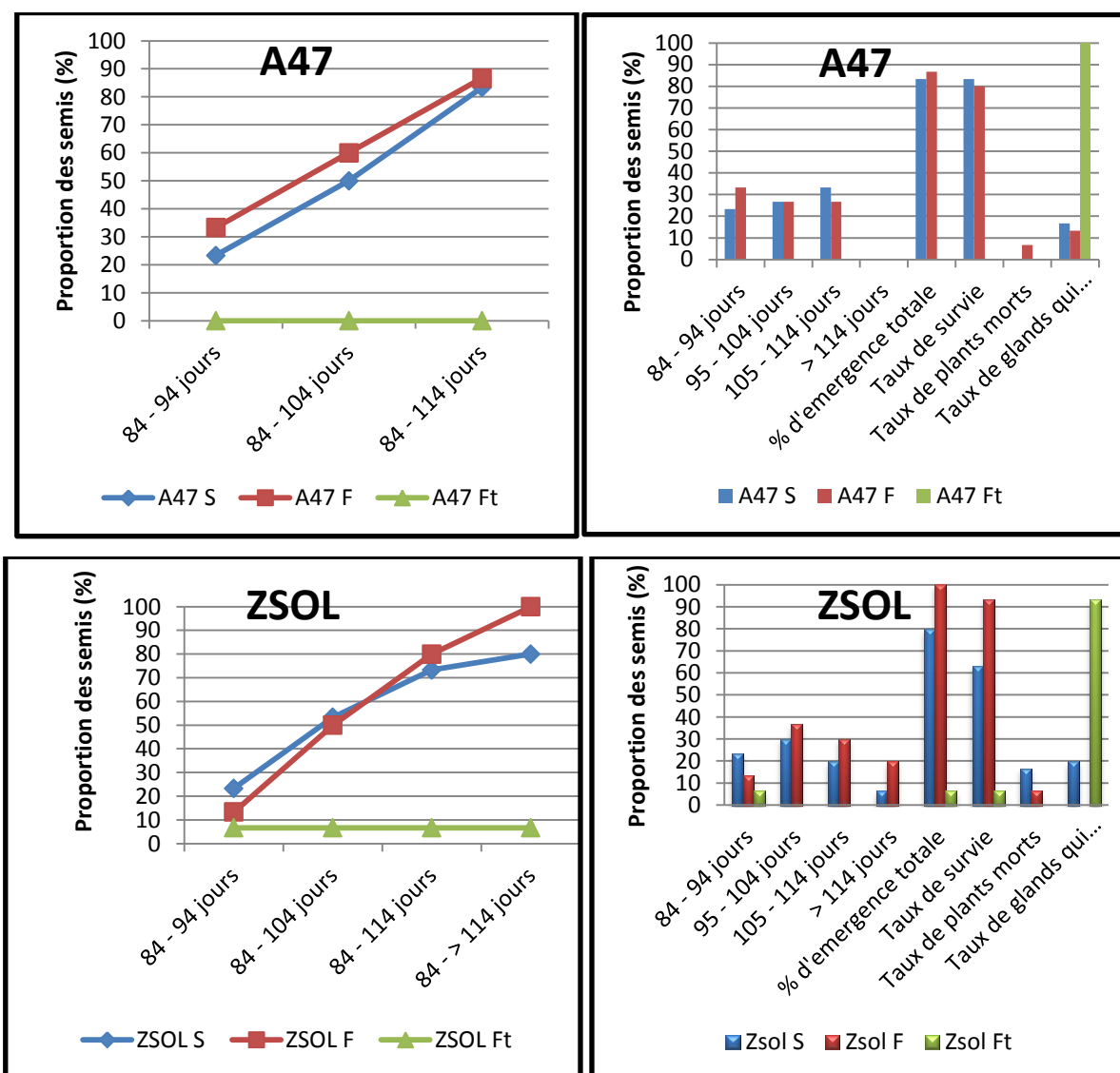


Figure 8.2 :

A gauche, Cinétique de levée des plantules de chêne-liège.

A droite, Taux de levée, de survie, de plants morts et des glands qui n'ont pas donné de plants des semis en fonction du temps et de l'état sanitaire des glands

L'ANOVA à un facteur contrôlé du taux d'émergence en fonction de l'état de santé du gland, confirme ces divergences faibles ou fortes. La différence entre individus est extrêmement significative que ce soit pour les 17 arbres (Tab. 8.2) ou les 19 lots (Tab. 8.3). Le test de Tukey dégage deux groupes homogènes pour chaque ANOVA: le premier groupe A englobe les (S) et les (F), puis un second groupe B nettement inférieur pour les (Ft).

Tableau 8.2 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux d'émergence des arbres (17) et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	41000	20500	35,23	0,000***
Erreur	48	27933	582		
Total	50	68932			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	75,092	A			
2	60,585	A			
3	9,018	B			

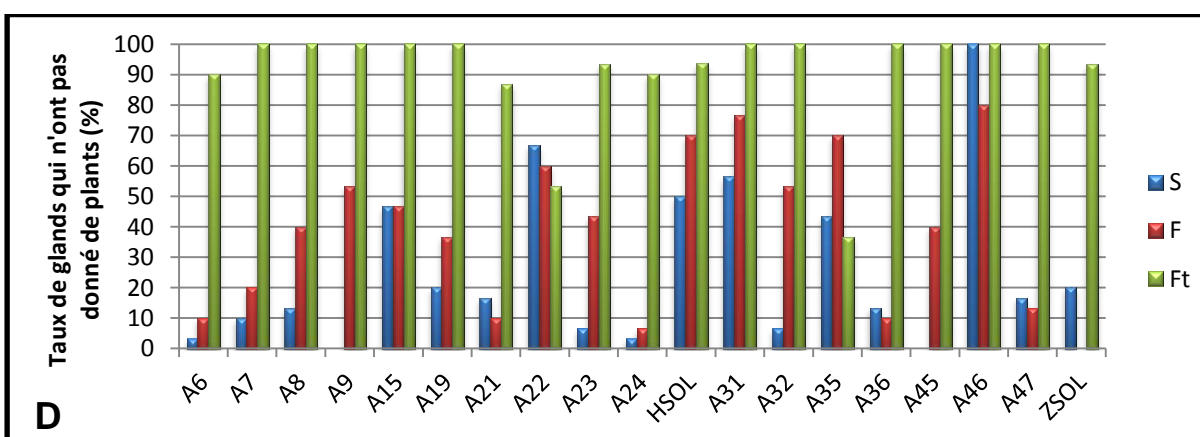
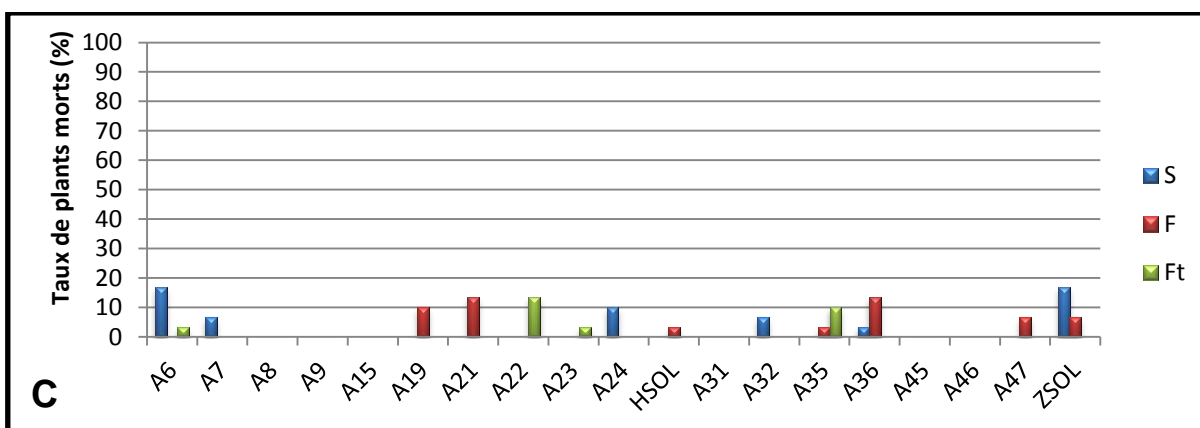
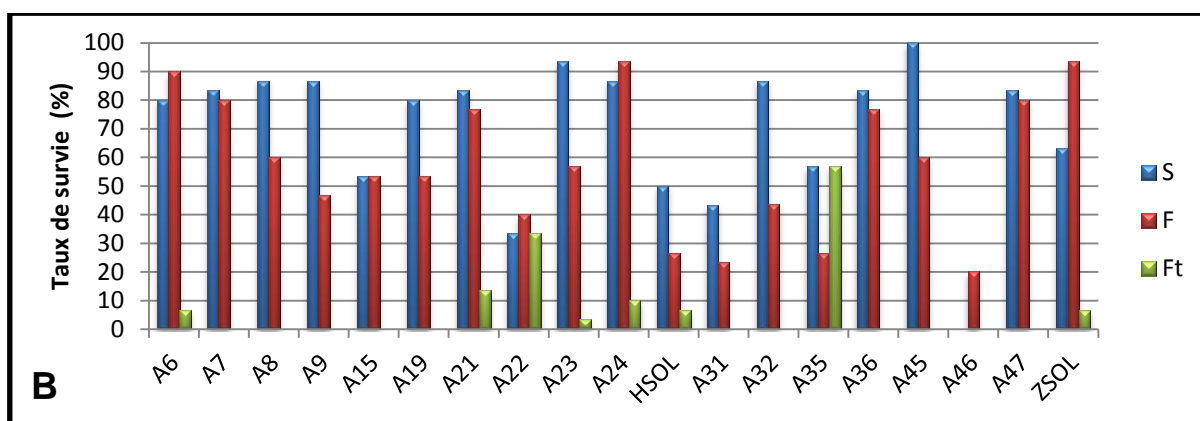
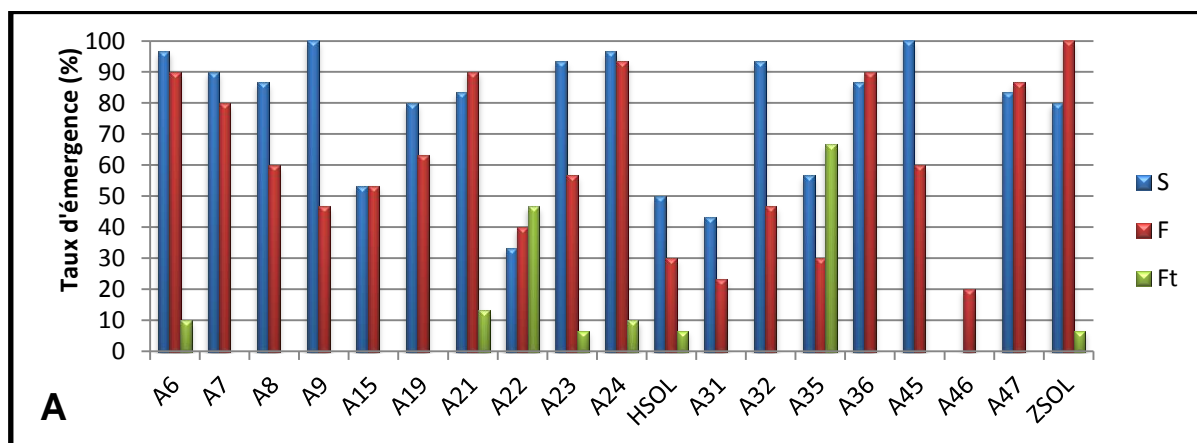
Tableau 8.3 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux d'émergence des 19 lots et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	45349	22675	39,42	0,000***
Erreur	54	31060	575		
Total	56	76409			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	74,03	A			
2	61,05	A			
3	8,77	B			

Au niveau de la forêt, le taux d'émergence moyen des arbres est très important (Annexes 8.2, 8.3), il atteint à Hafir 81 % pour les (S) et 67 % pour les (F). Mis à part l'arbre A46 qui s'individualise avec 100 % des (S) et 80 % des (F) n'ayant donné aucune plantule, le taux moyen des mêmes catégories à Zariéff est presque identique que celui à Hafir (Fig. 8.2, 8.3A-E).

Effectivement, les tests statistiques de comparaison entre les arbres (17 individus) ou les lots (19 lots), ne dévoilent aucune différence significative des deux forêts pour chaque état de santé à part (Annexes, Tab. 8.10 ; 8.11). On peut en conclure qu'à grande échelle, l'effet forêt semble mineur sur le taux moyen d'émergence. Il en est de même pour les trois autres paramètres (de survie, de plants morts et de glands qui n'ont pas donné de plants). Le risque de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie est trop élevé ($P > 0,05$), on adopte alors l'hypothèse d'égalité des moyennes (Annexes, Tab. 8.12 – 8.17).

Chapitre 8 : Incidence de l'infestation des glands par les insectes sur la germination et la croissance des semis



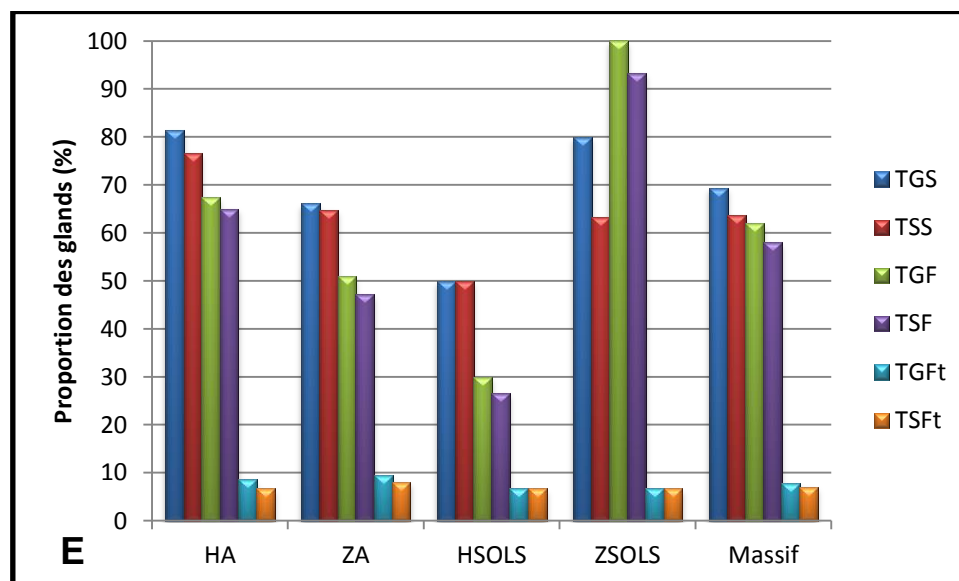


Figure 8.3 : Taux en fonction de l'état sanitaire des glands,

(A) : de levée des semis ; (B) : de survie ; (C) : de plants morts ; (D) : de glands qui n'ont pas donné de plants

(E) : de levée (TG) et de survie (TS) des semis des arbres (HA, ZA) et sols (HSOL, ZSOL) de Hafir et Zariéffet

8.2.1.2. Survie des plantules

Le taux de survie des plants, varie de la même manière que le taux d'émergence. Le taux le plus élevé est marqué chez les (S) avec 100 % (A45) et les (F) avec 93,33 % (A24 et ZSOL). Les taux les plus faibles sont enregistrés chez A22 (33 %) et A46 (20 %) respectivement pour les (S) et les (F). Pour les Ft, exceptionnellement, les plants de A35 enregistrent un taux de survie approuvable (56,66 %) (Fig. 8.3B). Les valeurs des coefficients de variation indiquent que ce paramètre évolue similairement que le taux d'émergence (Annexes, Tab. 8.4 et 8.5).

L'ANOVA à un facteur contrôlé du taux de survie en fonction de l'état de santé du gland, confirme pareillement une différence extrêmement significative que ce soit pour les 17 arbres (Tab. 8.4) ou les 19 lots (Tab. 8.5). Le test de Tukey dégage deux groupes homogènes pour chaque ANOVA: le premier groupe A contient les (S) et les (F), et un second groupe B à très faible moyenne pour les (Ft).

Tableau 8.4 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux de survie des arbres (17) et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	39080,705	19540,353	41,023	0,000***
Erreur	48	22863,511	476,323		
Total corrigé	50	61944,216			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	71,761	A			
2	57,664	A			
3	7,273	B			

Tableau 8.5 : Effet de l'état de santé du gland sur le taux de survie des 19 lots et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	42340,575	21170,287	44,669	0,000 ***
Erreur	54	25592,842	473,942		
Total corrigé	56	67933,417			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	70,172	A			
2	57,909	A			
3	7,208	B			

8.2.1.3. Plants morts et glands qui n'ont pas donné de plants

Le taux des plants morts est généralement faible (Fig. 8.3C) avec peu de divergence entre les individus (Annexes, Tab. 8.6 et 8.7). Curieusement, la catégorie des sains affiche le taux le plus élevé des plants morts chez A6 et ZSOL (16,66 %) ; A24 (10 %) ; A7 et A32 (6,66 %) et A36 (3,33 %). La catégorie des faiblement endommagés annonce 13,33 % chez A21 et A36 ; 10 % chez A19 ; 6,66 % chez A47 et ZSOL ; 3,33 % chez A35 et HSOL. Les fortement endommagés affichent 13,33 % chez A22, 10 % chez A35 et 3,33 % chez A6 et A23.

Le taux des glands qui n'ont pas donné de plants rassemble le taux de glands qui ont germé mais n'ont pas donné de plants et le taux de glands qui n'ont pas germé du tout. Au

niveau forêt, ce taux est généralement important pour les (S) et les (F), atteignant respectivement 66,66 % à Hafir et 80 % à Zarieffet (Annexes, Tab. 8.8 et 8.9).

Au niveau individu, aucun gland des sains de A46 n'a germé et 67 % de A22 également. Les faiblement endommagés exposent aussi des taux très graves pour trois individus A46 (80 %), A35 (70 %) et A22 (60 %). Les fortement endommagés quant à eux, expriment naturellement les taux les plus hauts : 64 % des arbres (A7, A8, A9, A15, A19, A31, A32, A36, A45, A46, A47) n'ont donné aucune plantule. Pour les autres individus, le taux varie entre 36,66 % (A22) et 93,66 (HSOL) (Fig. 8.3D).

L'analyse de la variance à un facteur contrôlé ne dévoile aucune différence significative entre les individus (17) ou les lots (19) pour le taux de plants morts et autant pour le taux de glands qui n'ont pas donné de plants (Annexes Tab. 8.18 – 8.21).

8.2.2. Croissance des plantules

8.2.2.1. Croissance en hauteur

La croissance en hauteur de la tige est très importante pour les semis issus de glands sains et faiblement endommagés. Ils suivent presque la même évolution, avec une légère différence positive pour les semis des glands sains. Bien que la hauteur maximale est enregistrée chez A22 pour les sains (> 300 mm) (Fig. 8.4), plus de 66 % de cette catégorie n'a pas émergé (Fig 8.3A). En revanche, tous les glands qui ont émergé, qu'ils soient sains (S), faiblement (F) ou fortement endommagés (Ft) suivent la même évolution et dépassent les 250 mm de hauteur. Les glands (Ft) se caractérisent par une certaine hétérogénéité, ceux de A23 et A35 se stabilisent respectivement à 70 mm et 80 mm (Fig. 8.4).

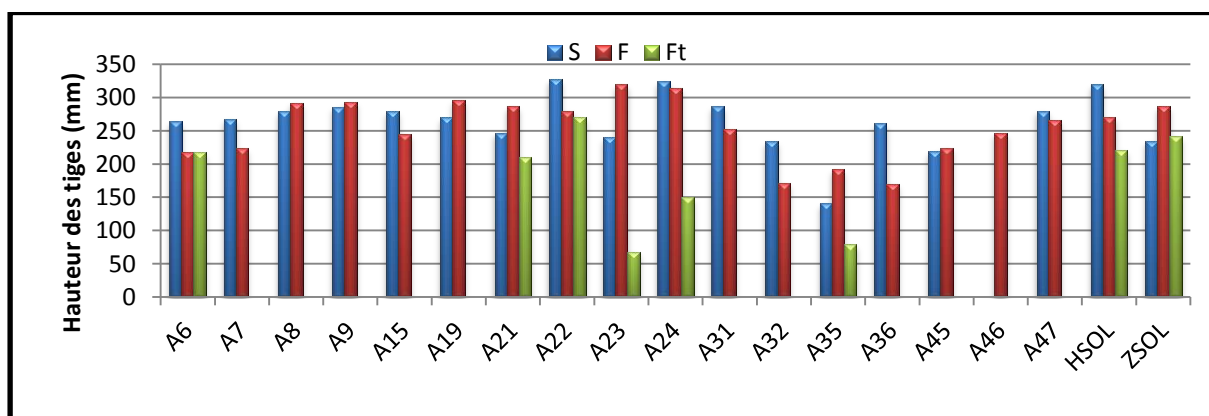


Figure 8.4 : Croissance en hauteur des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)

En effet, en fonction de l'état de santé du gland, l'ANOVA à un facteur dévoile une différence extrêmement significative et le test de Tukey classe la croissance en hauteur en 3 groupes : A (187,9 mm) pour les sains ; B (149,1 mm) pour les faiblement endommagés et C (12,1 mm) pour les fortement endommagés (Tab. 8.6 ; Fig. 8.5 ; Annexes, Tab. 8.22).

Tableau 8.6 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale en fonction des états de santé

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	9719519	4859760	384,79	0,000***
Erreur	1707	21558576	12630		
Total corrigé	1709	31278095			

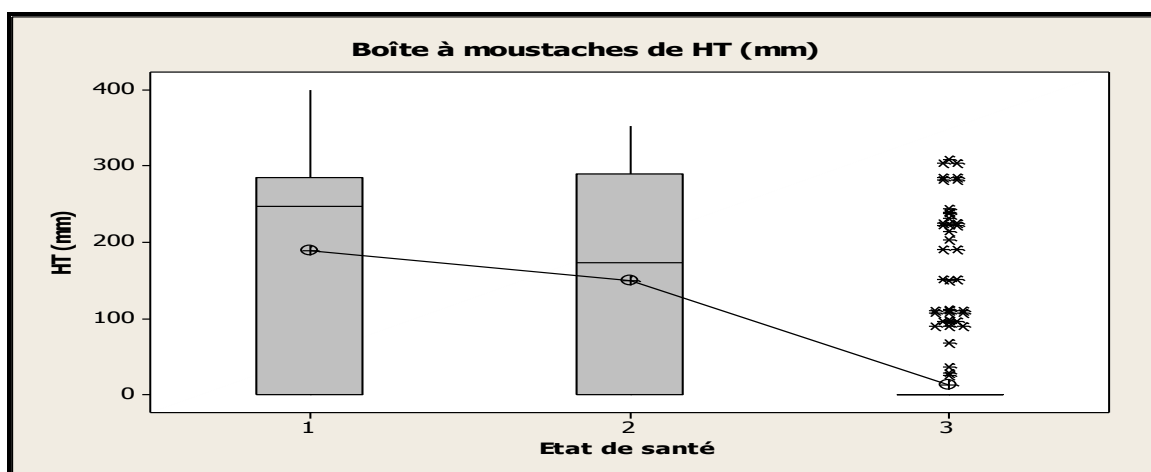


Figure 8.5 : Croissance en hauteur totale moyenne des plantules en fonction des états de santé

La taille des boîtes à moustaches de chaque état de santé, nous a poussé à effectuer des ANOVA à un facteur contrôlé pour chacun de ces derniers. L'analyse confirme donc l'existence d'une différence extrêmement significative entre les différents individus pour chaque état de santé (Tab. 8.7 ; 8.8 et 8.9). Pour les semis issus de glands sains (S) et faiblement endommagés (F), le test de Tukey pour la comparaison des moyennes révèle une grande hétérogénéité et donne 10 groupes homogènes pour chaque état :

- (S) : A9 (286 mm) et A24 (280 mm) aux premiers rangs, et en dernier groupe A22 (109 mm) et A35 (80 mm) (Annexes, Tab. 8.23).
- (F) : A24 (293 mm) et ZSOL (286 mm) au premier groupe (Annexes, Tab. 8.24).

Tableau 8.7 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale des semis issus des glands sains (HTS mm) en fonction de Provenances (19 lots)

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	18	2667886,989	148215,944	12,167	0,000 ***
Erreur	551	6712230,267	12181,906		
Total corrigé	569	9380117,256			

Tableau 8.8 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale des semis issus des glands faiblement endommagés (HTF mm) en fonction de Provenances (19 lots)

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	18	2803825,484	155768,082	10,716	0,000 ***
Erreur	551	8009704,567	14536,669		
Total corrigé	569	10813530,051			

Tandis que pour les semis issus des glands fortement endommagés, le test de Tukey, donne 4 groupes seulement, le groupe A pour A22 (90 mm), B pour A35 (50 mm), BC pour A21 (28 mm), les autres individus appartiennent au groupe C (Annexes, Tab. 8.25).

Tableau 8.9 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur totale des plantules issues des glands fortement endommagés (HTFt mm) en fonction des Provenances (19 lots)

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	18	285631,414	15868,412	8,101	0,000 ***
Erreur	551	1079297,500	1958,798		
Total corrigé	569	1364928,914			

Ensuite une ANOVA à deux entrées de la hauteur totale (HT mm) en fonction des provenances et de l'état de santé, montre une différence extrêmement significative pour les provenances, l'état de santé et autant pour leur interaction (Tab. 8.10).

Tableau 8.10 : ANOVA à deux entrées de la hauteur totale des plantules HT (mm) en fonction des provenances et de l'état de santé des glands

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Provenances	18	2832746	157375	16,46	0,000 ***
Etat de santé	2	9719519	4859760	508,39	0,000 ***
Interaction	36	2924598	81239	8,50	0,000 ***
Erreur	1653	15801232	9559		
Total	1709	31278095			

8.2.2.2. Croissance du diamètre au collet

La croissance du diamètre au collet évolue presque de la même manière que celle de la hauteur. En effet, tous les semis issus des glands sains arrivent à atteindre 6 mm de diamètre. Les semis des glands fortement endommagés (Ft) des arbres A21, A22, A23 et A24, parviennent en fin d'expérimentation à 4 mm, alors que ceux de HSOL, ZSOL et A35 s'approchent de 3 mm (Fig. 8.6).

L'analyse de la variance en fonction de l'état de santé du gland montre une différence très significative entre les trois états (Tab. 8.11). Cependant, le test de Tukey ne discerne pas entre les individus des plantules issues des (S) et des (F) (Fig. 8.7) en leur affectant le groupe A (5,435 mm - 4,847 mm), toutes les plantules ont presque le même diamètre. Le groupe B contient les plantules issues des glands fortement endommagés avec le diamètre le plus réduit (1,17 mm) (Annexes, Tab. 8.26).

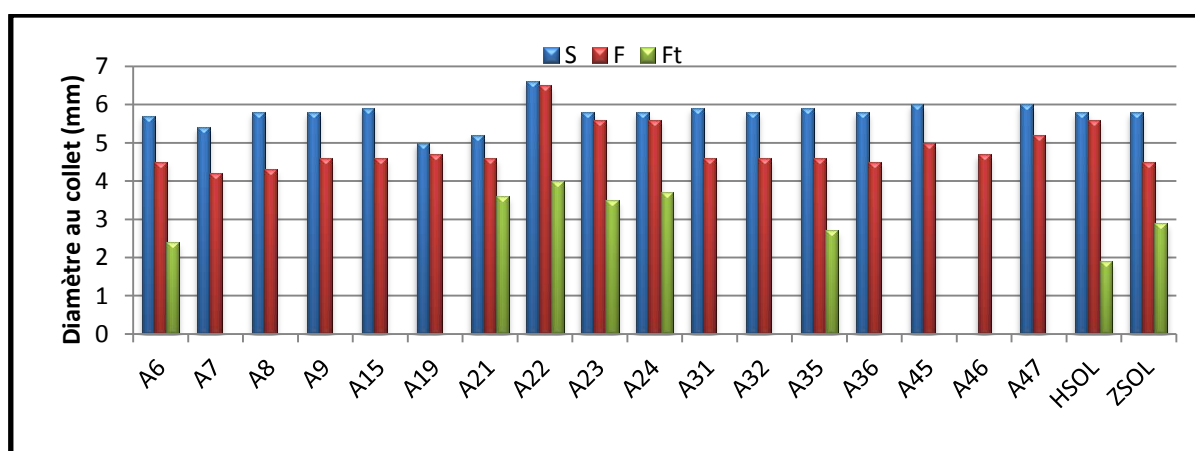


Figure 8.6 : Croissance du diamètre au collet des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)

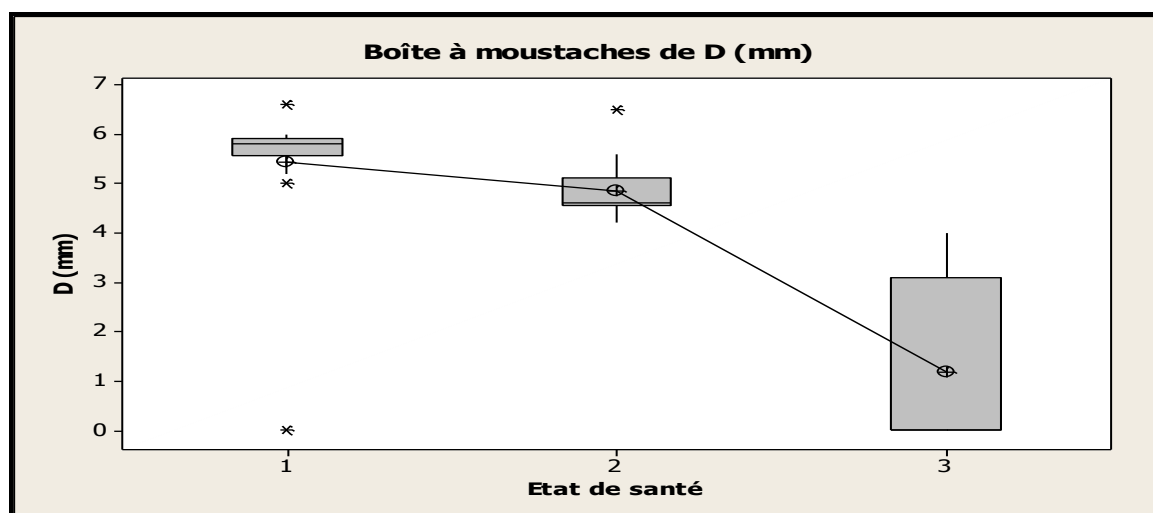


Figure 8.7 : Croissance du diamètre au collet moyen des plantules en fonction des états de santé

Tableau 8.11 : ANOVA à un facteur contrôlé du diamètre au collet des plantules (D mm) en fonction des états de santé

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	181,62	90,81	52,30	0,000***
Erreur	48	83,34	1,74		
Total corrigé	50	264,95			

Les plantules des glands fortement endommagés ont autant subi une ANOVA à un facteur contrôlé qui a indiqué une différence extrêmement significative entre les individus (Tab. 8.12). Le test de Tukey (Annexes, Tab . 8.27) fait ressortir 3 groupes :

- A (1 à 0,9 mm) pour A22, A24, A21 ;
- AB (0,87 à 0,5 mm) pour A23, ZSOL, A35, A6, HSOL ;
- C (< 0,5 mm) pour les autres provenances.

Tableau 8.12 : ANOVA à un facteur contrôlé du diamètre au collet des plantules issues des glands fortement endommagés (Df_t mm) en fonction des Provenances (19 lots)

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	18	11,965	0,665	5,64	0,000***
Erreur	57	6,718	0,118		
Total corrigé	75	18,683			

8.2.2.3. Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles est un bon indice, d'une bonne alimentation en eau et en sels minéraux et une bonne production en biomasse (Dupuitate, 1996). Les feuilles des plantules issues des glands sains et faiblement endommagés commencent à se découvrir dès la deuxième semaine. Alors que celles issues des glands fortement endommagés, mettent beaucoup plus de temps, elles commencent à apparaître dès la septième semaine (Fig. 8.8).

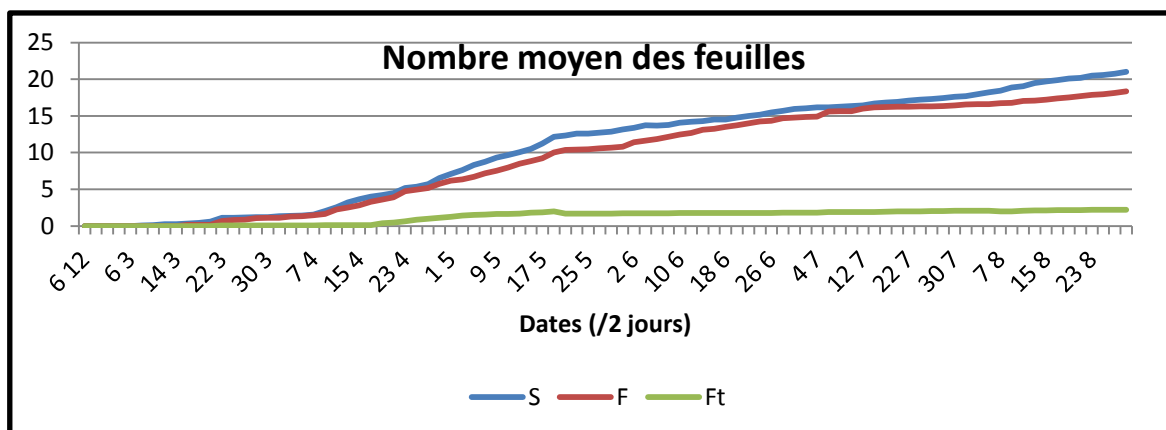


Figure 8.8 : Evolution du nombre moyen des feuilles en fonction des états de santé

Dès l'apparition des premières feuilles, le nombre s'accroît avec le temps, il atteint plus de 25 feuilles pour les sains (A19, A21, A31) et plus de 20 feuilles pour les faiblement endommagés (A6, A8, A32). Les feuilles des plantules issues des glands (Ft) enregistrent le minimum du nombre des feuilles. Il augmente à 9 feuilles pour A22 et A23. Celles de Hsol, atteignent 8 feuilles, puis rechute à 4 jusqu'à la fin de l'expérimentation (Fig. 8.9).

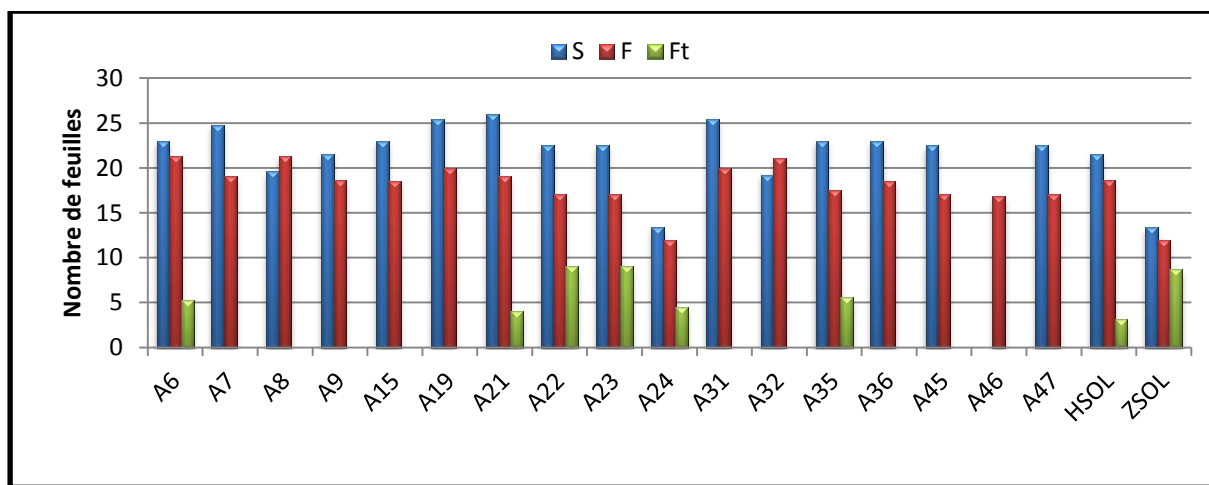


Figure 8.9 : Nombre de feuilles des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)

L'ANOVA à un facteur, en fonction de l'état de santé, confirme ces divergences. La différence est extrêmement significative entre les états de santé. (Tab. 8.13). Le groupement avec la méthode de Tukey affiche 2 groupes (Annexes, Tab. 8.28) :

- A (20,64 – 18, 011) respectivement pour les sains et les faiblement endommagés ;
- B (2,584) pour les fortement endommagés.

La figure 8.10, appuie la non distinction entre les feuilles des sains et des faiblement endommagés d'une part et la non disparité des valeurs moyennes des deux états d'autre part.

Tableau 8.13 : ANOVA à un facteur contrôlé du nombre de feuilles des plantules (NF) en fonction des états de santé

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	3616,2	1808,1	97,80	0,000***
Erreur	54	998,3	18,5		
Total corrigé	56	4614,5			

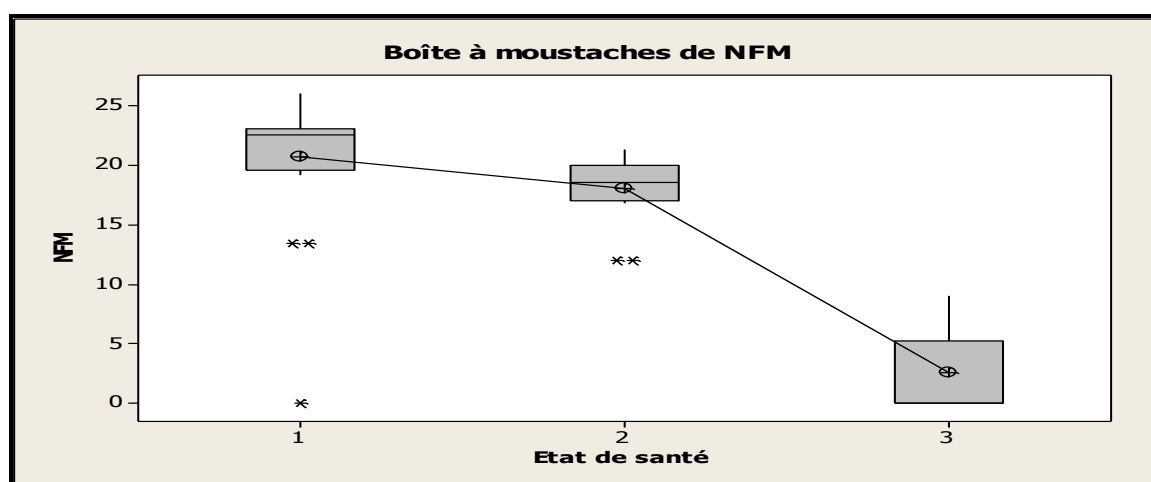


Figure 8.10 : Nombre moyen des feuilles des plantules en fonction des états de santé

8.2.2.4. Surface foliaire

L'état de santé faiblement endommagé a légèrement réduit la surface foliaire des deux vagues V1 et V2 (Fig. 8.11), les taux de réduction sont respectivement de 18 % et 21 %. Alors que pour l'état fortement endommagé, le taux de réduction augmente vigoureusement, soit 86 % et 89 % respectivement. L'analyse de la variance à un facteur contrôlé, indique elle-même une différence extrêmement significative entre états pour les deux vagues (Tab. 8.14 et 8.15).

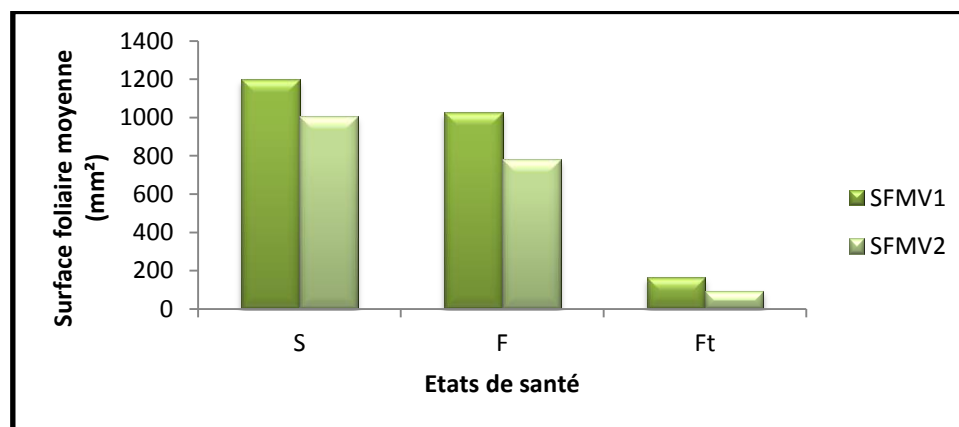


Figure 8.11 : Surface foliaire moyenne (mm²) par vague et par état de santé

Tableau 8.14 : ANOVA à un facteur contrôlé de la surface foliaire de la vague 1 (V1 mm²) des plantules en fonction des états de santé

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	10777375	5388688	41,06	0,000***
Erreur	54	7087121	131243		
Total corrigé	56	17864496			

Tableau 8.15 : ANOVA à un facteur contrôlé de la surface foliaire de la vague 2 (V2 mm²) des plantules en fonction des états de santé

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	6932145	3466072	032,30	0,000***
Erreur	54	5794720	107310		
Total corrigé	56	12726865			

La figure 8.12 appui la faible différence entre les moyennes des vagues pour les sains et les faiblement endommagés (Annexes, Tab. 8.29 et 8.30), alors que la grande taille des boites à moustaches, montre une grande disparité des valeurs autour de leur moyennes et par conséquent, indique une hétérogénéité entre individus au sein du même état de santé (Fig. 8.13).

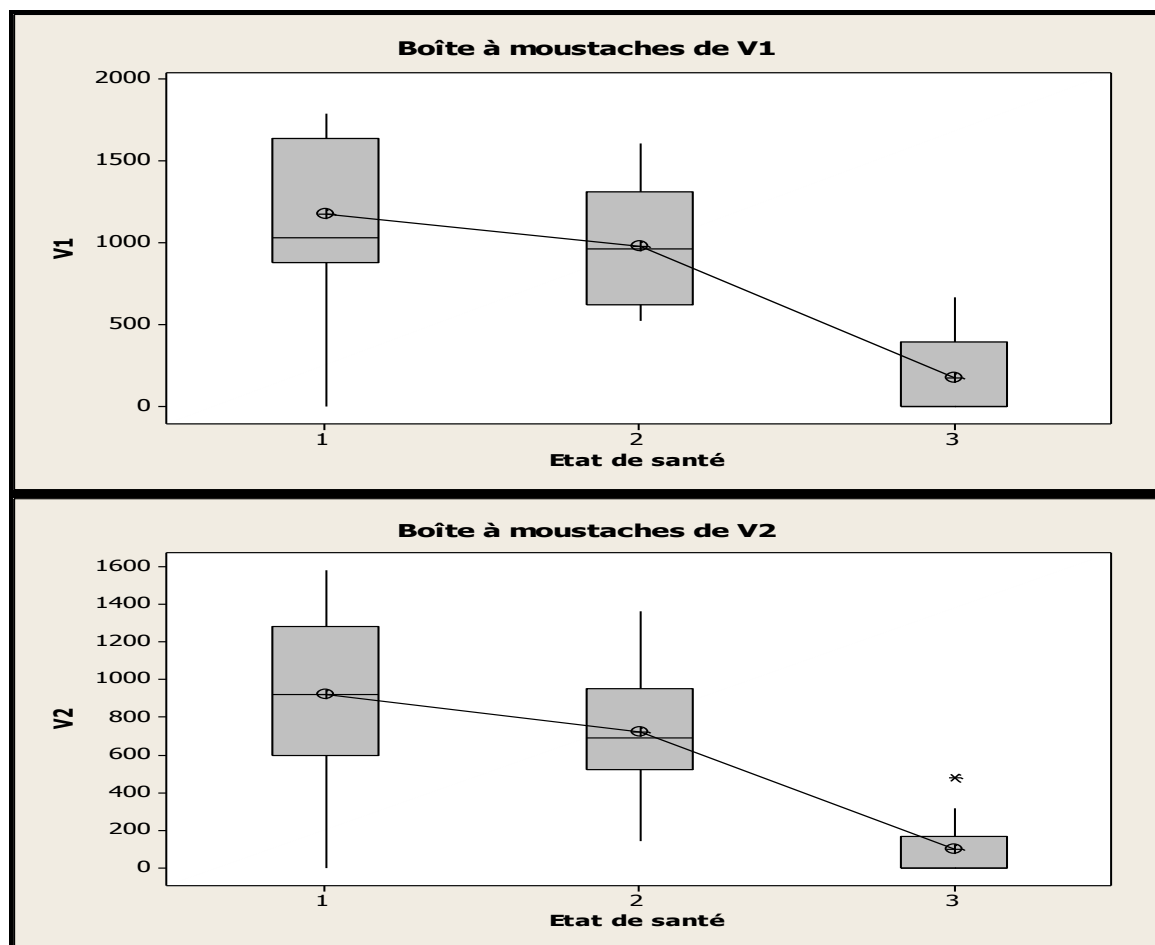


Figure 8.12 : Surface foliaire des vagues 1 et 2 ($V \text{ mm}^2$) des plantules en fonction des états de santé

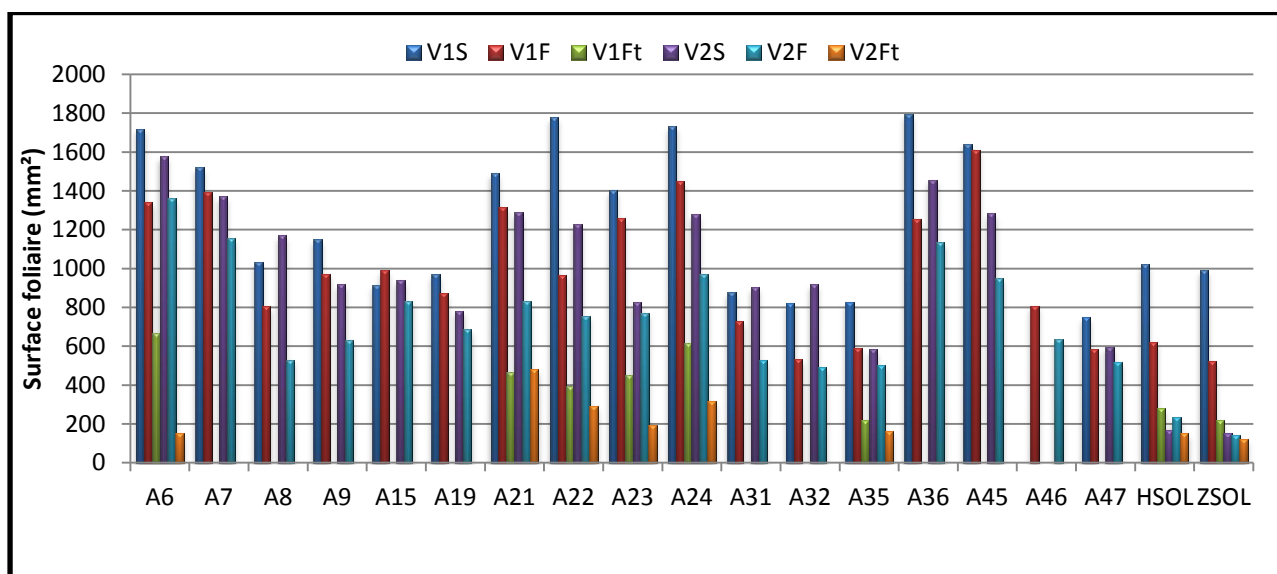


Figure 8.13 : Surface foliaire par vague de croissance des feuilles des plantules issues des glands sains (S), faiblement endommagés (F) et fortement endommagés (Ft)

8.2.3. Morphogénèse des plants (Allongement caulinaire, repos apparent, croissance foliaire et hétéroblastie)

Les semis de chêne-liège issus de glands à différents état de santé et à partir de divers producteurs, cultivés en condition semi-contrôlées, ont subi des changements au niveau des composantes spatio-temporelles. Ils présentent une croissance rythmique caractérisée par une « succession ininterrompue d'unités structurales correspondant aux vagues de croissance » (Alatou, 1990). Ces vagues sont appelées aussi pousses, étages ou flushs. Chaque vague de croissance est sensiblement identique à la précédente et à celle qui la suit (Pl. 8.3 ; Fig. 8.14 et 8.15).

Cette croissance rythmique des tiges, met en évidence quatre vagues de croissance distinctes. La première commence timidement pour les sains (S) et faiblement endommagés (F), elle devient rapide durant le mois de mars et début avril, quel que soit leur provenance (récoltés sur arbres ou ramassés du sol). La seconde reprend rigoureusement au mois de mai. Suit une troisième vague à croissance faible ou ralentie et enfin une quatrième vague vers la fin juillet.



Planche 8.3 : Jeune plant de chêne-liège avec 2 vagues de croissance

Nos résultats montrent aussi qu'une vague de croissance dure en moyenne 5 à 7 semaines pour l'ensemble des semis issus des glands sains, réparties respectivement en une phase d'allongement caulinaire qui dure 3 à 4 semaines et une phase de repos apparent du bourgeon apical de 2 à 3 semaines. La durée d'allongement caulinaire diminue pour les trois dernières vagues, alors que les périodes de repos restent identiques à celle de la première vague (Tab. 8.16).

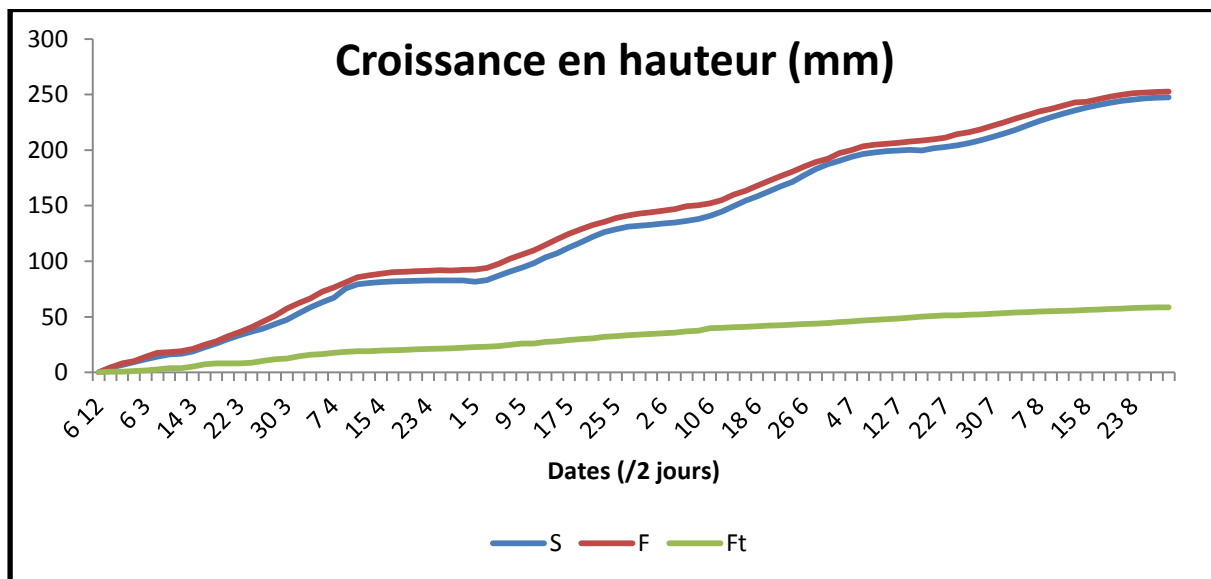


Figure 8.14 : Cinétique de la croissance en hauteur moyenne des semis de chêne-liège issus des glands sains, faiblement endommagés et fortement endommagés

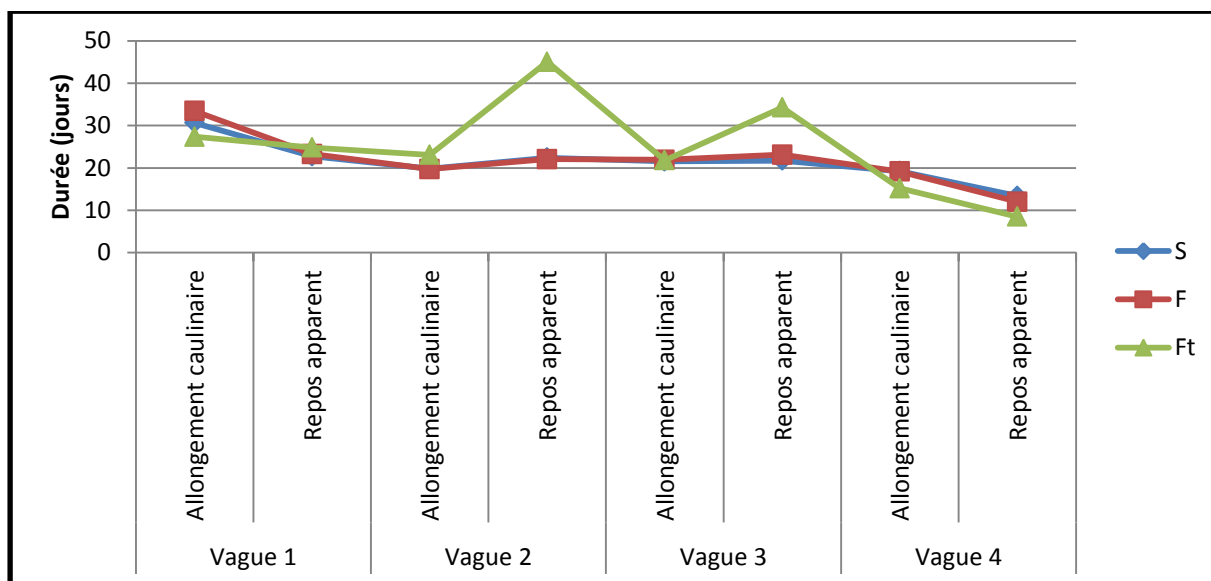


Figure 8.15 : Durées en jours des phases d'allongement caulinaire et de Repos apparent des semis de chêne-liège en fonction de l'état sanitaire des glands

Le nombre d'ensembles foliaires à limbe assimilateur diminue progressivement d'une vague de croissance à la suivante et l'hétéroblastie reste faible et marquée par un nombre réduit d'écailles et de limbes avortés (1 à 2) (Tab. 8.16). Ces limbes assimilateurs sont en général de taille normale (40 à 50 mm), séparés par des entre-nœuds nombreux, plus ou moins allongés (8,34 mm en moyenne), pouvant atteindre 25 mm pour la vague 2 (Fig. 8.16A).

Tableau 8.16 : Durées moyennes des phases d'allongement caulinaire, Repos apparent du bourgeon apical (jours) et ensembles foliaires des semis de chêne-liège en fonction de l'état sanitaire des glands

Etats de santé	Vagues de croissance	Allongement caulinaire (jours)	Repos apparent (jours)	Ecailles	Limbes assimilateurs	Limbes avortés
Sain (S)	1	30,63 ± 8,03	22,73 ± 5,75	1,67±0,58	13,00±5,57	1,33±0,58
	2	19,82 ± 6,56	22,42 ± 7,90	1,33±0,58	9,00±3,00	1,33±1,15
	3	21,52 ± 6,32	21,72 ± 6,58	1,33±0,58	7,67±1,15	1,00±1,00
	4	19,23 ± 5,30	13,38 ± 6,31	1,67±0,58	4,67±2,08	1,33±1,15
Faiblement endommagé (F)	1	33,45 ± 3,92	23,28 ± 2,42	2,33±1,53	10,67±2,89	0,67±0,58
	2	19,73 ± 3,79	22,06 ± 5,80	1,33±0,58	6,33±3,21	0,00±0,00
	3	21,92 ± 3,54	23,12 ± 8,72	1,00±1,00	4,67±1,53	1,33±0,58
	4	19,17 ± 6,23	12,01 ± 6,51	0,67±0,58	2,67±0,58	0,67±0,58
Fortement endommagé (Ft)	1	27,34 ± 14,74	24,83 ± 13,85	2,33±0,58	3,00±1,00	1,00±1,00
	2	23,08 ± 12,62	45,04 ± 31,98	1,33±0,58	2,67±0,58	1,00±1,00
	3	21,80 ± 10,36	34,25 ± 17,55	1,00±1,00	2,00±1,00	0,67±0,58
	4	15,2 ± 6,19	8,5 ± 3,70	1,00±1,00	1,67±0,58	0,67±0,58

L'allongement moyen journalier de l'axe caulinaire demeure relativement faible, moins de 4 mm par deux jours (Tab. 8.17). Les maximums sont repérables la cinquième semaine pour V1 (8,22 mm), au 10^{ème} pour V2 (5,18 mm) et au 16^{ème} jour pour V3 (6,26 mm). Ils suivent presque la même évolution que celle des plastochrones apparents : la huitième semaine (0,83 F/2jours) pour V1 et du 16^{ème} au 18^{ème} jour (0,92 F/2jours) pour V2.

Pour les plantules issues des glands faiblement endommagés, mis à part la vague 1 qui présente un allongement caulinaire légèrement plus long que celui des sains, les trois autres vagues montrent des phases d'allongement caulinaire et de repos apparent sensiblement identiques à celles des sains. Le nombre des limbes assimilateurs diminue en moyenne d'une vague de croissance à l'autre, et pareillement de celui des sains (Tab. 8.16).

Tableau 8.17 : Valeurs moyennes de l'allongement caulinaire (mm/2jours) et du plastochrone apparent (Feuilles/2jours) en fonction de l'état de santé des glands

Etat sanitaire du gland	Vagues de croissance	Allongement caulinaire moyen (mm/2jours)	Plastochrone apparent moyen (Feuilles/2jours)
S	V1	2,514±1,148	0,269±0,244
	V2	3,078±1,492	0,329±0,250
	V3	2,920±1,843	0,147±0,080
	V4	2,415±1,152	0,224±0,099
F	V1	2,747±1,561	0,254±0,209
	V2	3,058±1,340	0,315±0,193
	V3	2,902±1,483	0,165±0,172
	V4	2,116±1,114	0,125±0,067
Ft	V1	0,552±0,406	0,065±0,084
	V2	0,849±0,474	0,017±0,087
	V3	0,552±0,172	0,011±0,019
	V4	0,386±0,136	0,009±0,036

L'allongement moyen journalier de l'axe caulinaire reste visiblement identique à celui des sains (Tab. 8.17). Cependant, les maximums sont repérables la quatrième semaine pour V1 (6,32 mm), au 18^{ème} jour pour V2 (5,27 mm) et au 20^{ème} jour pour V3 (4,95 mm). Pour le plastochrone apparent : les maximums sont perceptibles la septième semaine pour V1 (0,85 F/2jours) et du 16^{ème} au 18^{ème} jour pour V2 (0,81 F/2jours).

Concernant les plantules issues des glands fortement endommagés, les durées d'allongement caulinaire diminuent pour la première vague ($27,34 \pm 14,74$), augmentent pour la deuxième vague ($23,08 \pm 12,62$) et restent stables pour la troisième vague ($21,80 \pm 10,36$). Le repos apparent de V1 augmente légèrement de celui des sains, et double par contre pour V2 et V3, arrivant respectivement à $45,04 \pm 31,98$ et $34,25 \pm 17,55$. Le plastochrone apparent est de plus en plus réduit de celui des sains (Tab. 8.16). La taille des feuilles ne dépasse pas 30 mm de longueur en V2 et est strictement inférieure à 30 mm de long en V3 et V4 (Fig. 8.16C).

L'allongement moyen journalier de l'axe caulinaire diminue considérablement que celui des sains, il atteint son maximum à la quatrième semaine pour V1 (2,05 mm). Le plastochrone apparent est également très faible, il atteint 0,25 F/2jours à la sixième semaine pour V1 et 0,14 F/2jours au 16^{ème} jour pour V2. Nous signalons des cas exceptionnels où un plant issu de gland sain enregistre 1 ou 2 vagues de croissance seulement (Fig. 8.17A et C).

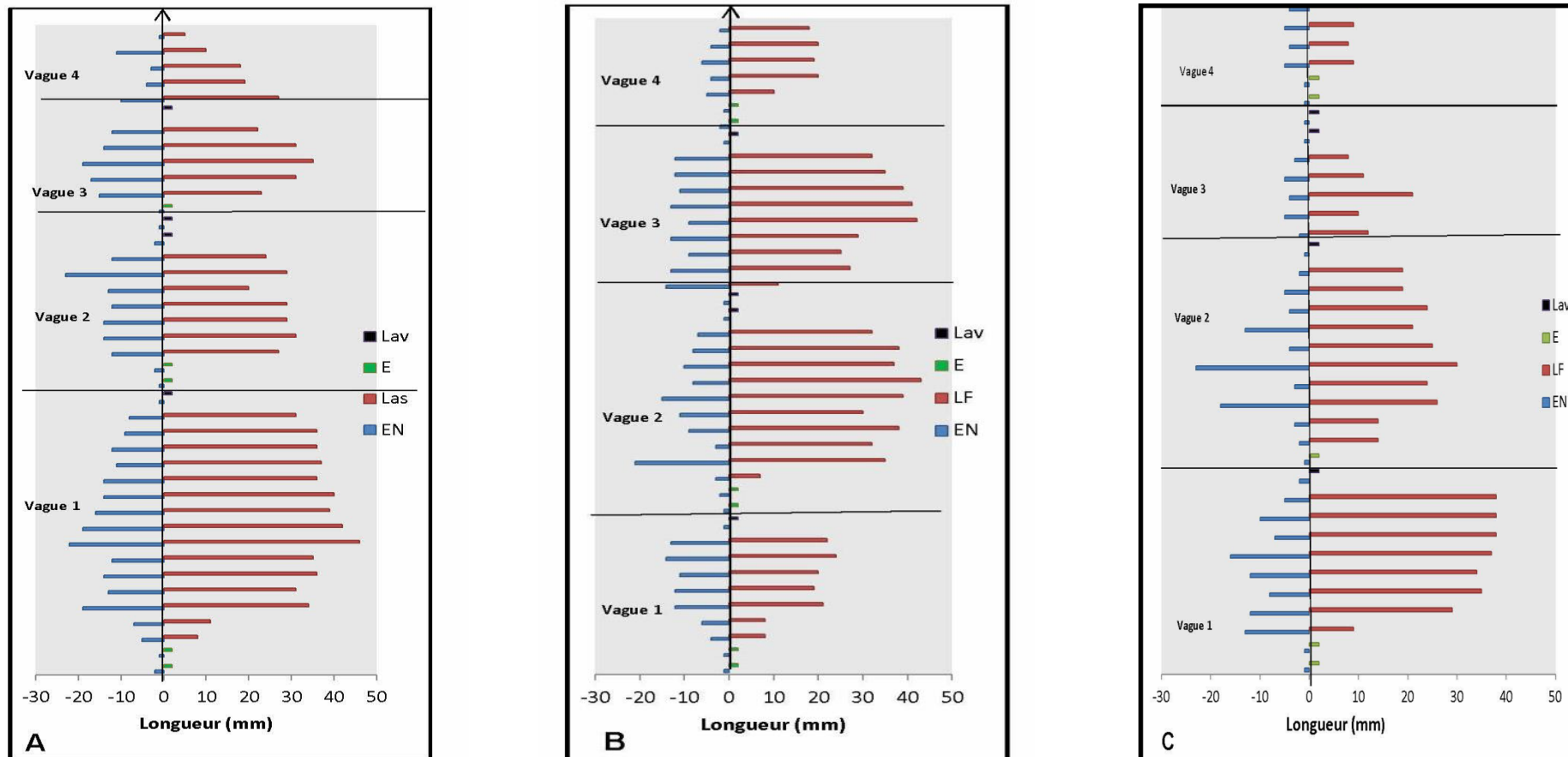


Figure 8.16 : Croissance de chêne-liège ayant édifié 4 vagues de croissance, où chaque unité structurale est composée de la même manière. Le diagramme montre la longueur des limbes assimilateurs (feuilles en mm), la nature et le nombre des ensembles foliaires (à droite), la longueur des entre nœuds (mm) selon leur rang sur la tige (à gauche).

(A): plant issu d'un gland sain ; (B): plant issu d'un gland faiblement endommagé ayant le nombre de feuilles élevé en V2 et reste relativement stable en V3 ; (C): plant issu d'un gland fortement endommagé.

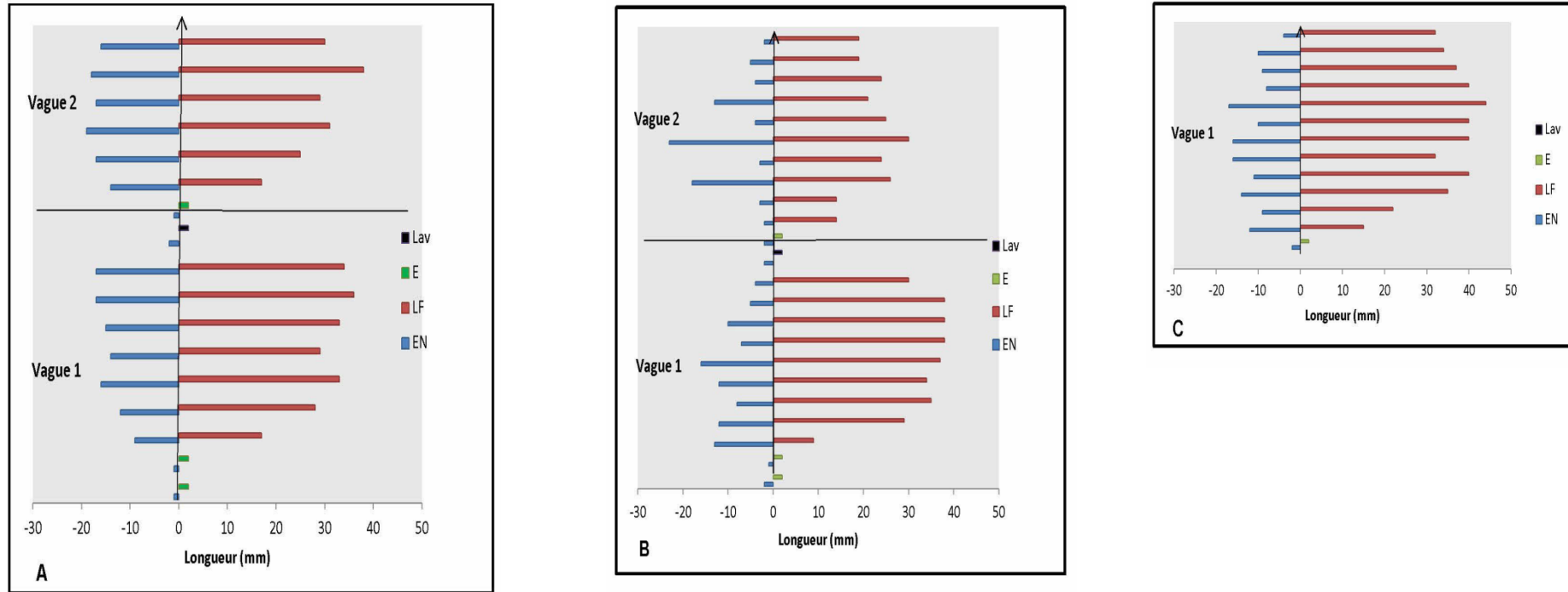


Figure 8.17 : Croissance de chêne-liège par vagues successives, où chaque unité structurale est composée de la même manière. Le diagramme montre la longueur des limbes assimilateurs (feuilles en mm), la nature et le nombre des ensembles foliaires (à droite), la longueur des entre nœuds (mm) selon leur rang sur la tige (à gauche).

(A) : plant issu d'un gland sain ayant édifié 2 vagues seulement, mais à croissance comparable à celle des autres semis à 4 vagues de croissance.

(B) : plant issu d'un gland fortement endommagé ayant édifié 2 vagues avec un nombre de feuilles relativement stable et absence de lien entre la longueur de la feuille et longueur de l'entre-nœud.

(C) : plant issu d'un gland sain (A6) ayant édifié 1 vague de croissance et enregistrant une irrégularité accusée concernant l'émission des feuilles, leurs longueurs et l'allongement des entre-nœuds.

Conclusion

Au terme de cette analyse, concernant les composantes temporelles, les durées des phases d'allongement caulinaire sont très hétérogènes, beaucoup plus d'une vague de croissance à l'autre que d'un état de santé à l'autre. Si ces dernières sont relativement identiques, les repos apparents par contre enregistrent un accroissement pour les (Ft), singulièrement du simple au double durant V2 et V3.

Concernant les composantes spatiales, l'hétéroblastie est faible, marquée par un nombre réduit voire nul d'écaïlles (0 à 3). Le nombre de feuilles à limbes assimilateurs par vague est réduit et décroissant d'une vague de croissance à la suivante et autant d'un état de santé à un autre. Les taux de réduction par rapport aux sains se présentent comme suit :

- V1 : 23 % pour (F) et 76 % pour (Ft)
- V2 : 33 % pour (F) et 66 % pour (Ft)
- V3 : 42 % pour (F) et 71 % pour (Ft)
- V4 : 50 % pour (F) et 58 % pour (Ft)

Les semis ayant édifié une à quatre vagues de croissance varient beaucoup d'un arbre à un autre (ou de ceux récolté du sol), selon l'état sanitaire du gland et au sein du même état de santé. L'ensemble des semis issus des glands (S) ou (F), ont aisément édifié quatre vagues de croissance. La proportion est respectivement de 100 % (S) pour A9 et 76 % (F) pour A21. Particulièrement pour les semis issus des glands des arbres A21 et A22, les (Ft) ont édifié quatre vagues de croissance avec respectivement 7 % et 34 %. Ceux issus de l'arbre A35 (Zarieffet) affichent également une exception, notamment 50 % des semis (S) ont mis plus de temps pour arriver au terme de l'expérimentation à la troisième vague de croissance seulement, tandis que 40 % des (Ft) arrivent à édifier 4 vagues de croissance (Fig.8.18).

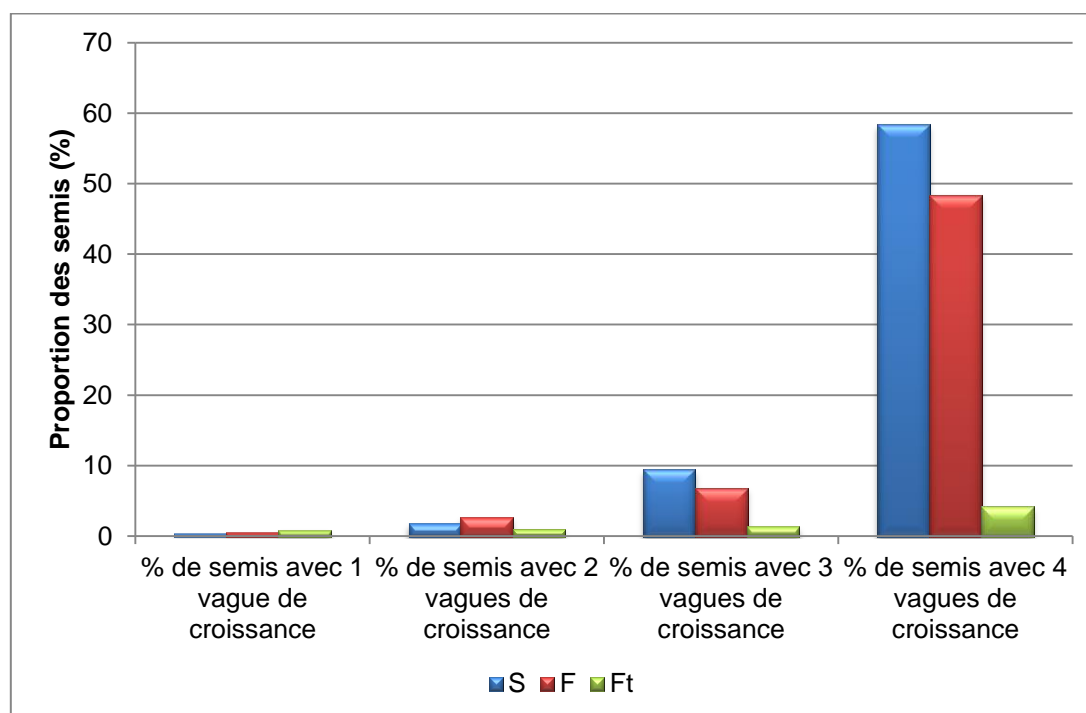


Figure 8.18 : Proportion des semis ayant édifié n vagues de croissance

La croissance en hauteur par vagues successives montre une différence extrêmement significative pour les plantules issues des glands sains et faiblement endommagés, et peu significative pour les fortement endommagés. Cependant, pour les (F) et les (Ft), le test de Tukey ne voit pas de différence d'accroissement entre les vagues 2 et 3 (Tab. 8.18 ; Fig. 8.19 ; Annexes, Tab. 8.31 – 8.33).

Tableau 8.18 : ANOVA Récap. à un facteur contrôlé de la hauteur (H mm) en fonction des Vagues des plants issus des glands sains, faiblement et fortement endommagés

Etats de santé du gland	p-value	V1	V2	V3	V4
S	0,000***	90,96 A	70,42 B	52,39 BC	36,78 C
F	0,000***	94,18A	68,41 B	55,43 B	37,29 C
Ft	0,020*	34,34 A	26,79 AB	10,78 AB	4,81 B

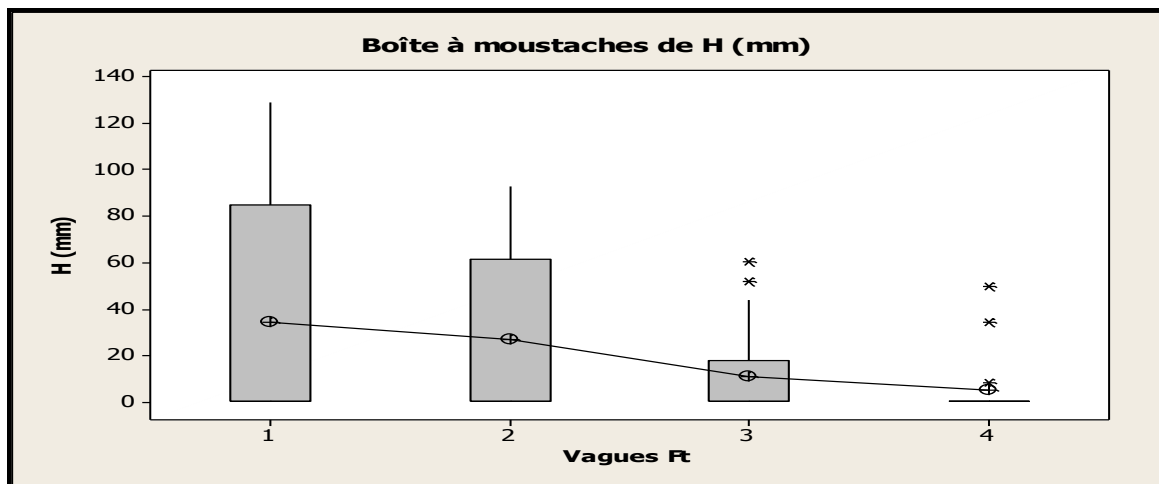
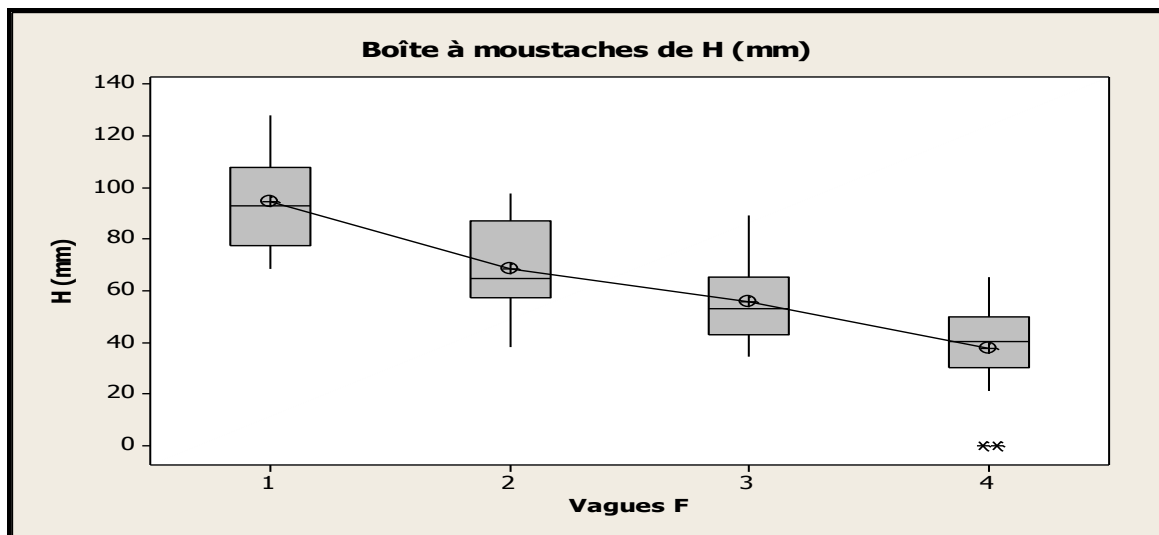
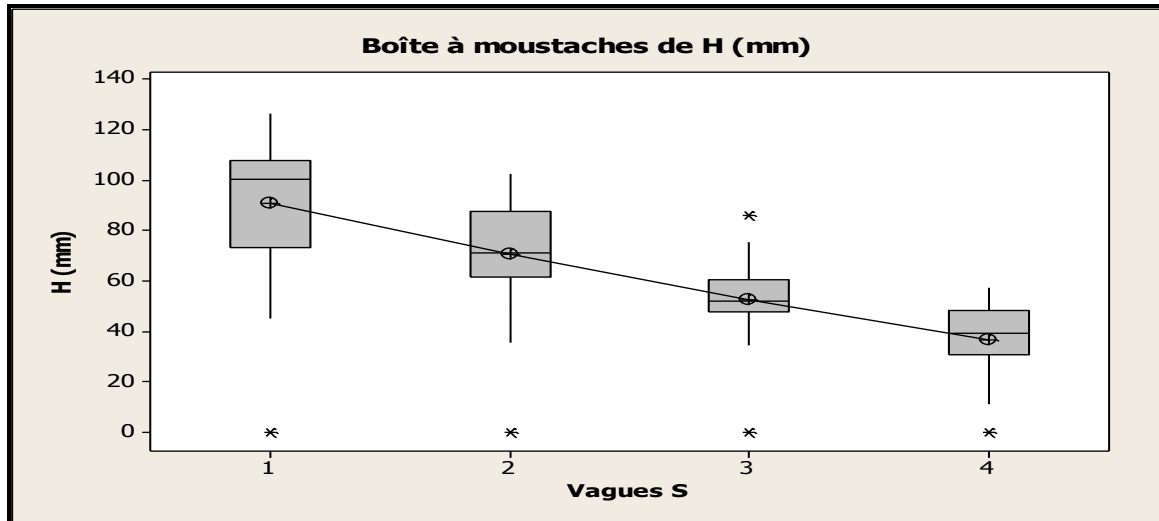


Figure 8.19 : Les différences de croissance en hauteur par vagues des plants issus des glands sains, faiblement et fortement endommagés

8.2.4. Caractères biochimiques

8.2.4.1. Pour les glands

8.2.4.1.1. La proline

Les résultats obtenus de l'effet du stress biotique des glands, montrent une grande accumulation de la proline des glands faiblement endommagés, qui enregistrent des valeurs oscillant entre 2,87 et 11,49 $\mu\text{mol}/\text{mgMS}$. La moyenne de 6,07 $\mu\text{mol}/\text{mgMS}$, représente un taux d'augmentation de 291 % par rapport aux sains (Fig. 8.20).

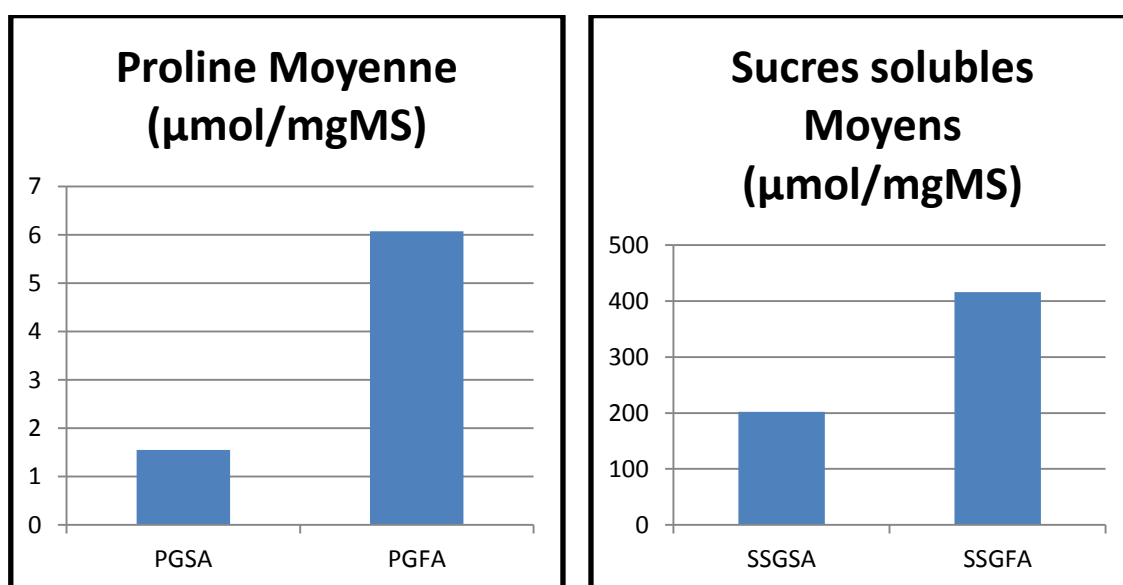


Figure 8.20 : Variation des teneurs en proline (PGSA, PGFA) et sucres solubles (SSGSA, SSGFA) des glands sains et faiblement endommagés récoltés sur arbres

8.2.4.1.2. Les sucres solubles

De même, les teneurs en sucres solubles des trois glands sains ne sont pas stables, elles varient entre 107,96 et 289,07 $\mu\text{mol}/\text{mgMS}$, alors que celles des glands faiblement endommagés varient entre 364,81 et 483,61 $\mu\text{mol}/\text{mgMS}$. Leur moyenne de 415,62 $\mu\text{mol}/\text{mgMS}$ indique un taux d'augmentation d'environ 106 % par rapport aux sains (Fig. 8.20).

8.2.4.2. Pour les organes des semis

8.2.4.2.1. La proline

La comparaison de l'effet du stress biotique sur la teneur en proline des différents organes (feuilles, tiges et racines) chez les plants de chêne-liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance, découvre une grande hétérogénéité au niveau des différents organes (Fig. 8.21).

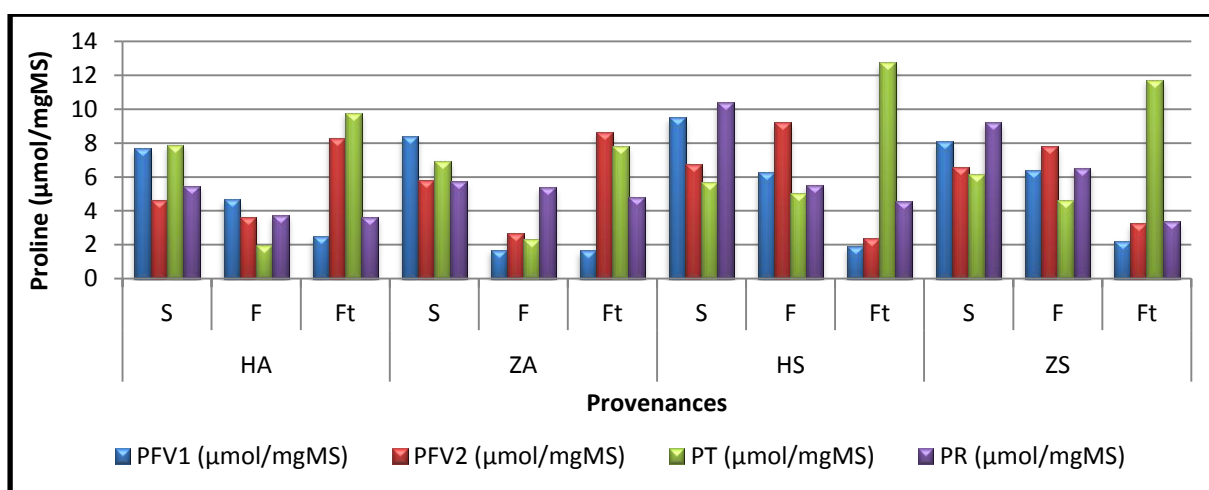


Figure 8.21 : Variation des teneurs en Proline au niveau des différents organes des semis (S), (F) et (Ft) des arbres (HA, ZA) et sols (HS, ZS) de Hafir et Zariéffet (H, Z)

Les différences des teneurs en proline inter-organes et inter-états de santé sont extrêmement significatives. Il en est de même pour leur interaction. Bien que les sains enregistrent en général des teneurs élevées pour tous les organes, particulièrement pour les feuilles de la vague 1 (PFV1 : 8,416 µmol/mgMS), les fortement endommagés accumulent des teneurs bien plus élevées au niveau des tiges (PT : 10,511 µmol/mgMS). Le taux d'augmentation est de 58 % par rapport aux sains (Tab. 8.19 et Fig. 8.23).

Tableau 8.19 : ANOVA à deux entrées : Proline µmol/mgMS en fonction des états de santé et des organes

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Etat de santé	2	136,81	68,4049	18,10	0,000***
Organes	3	60,45	20,1509	5,33	0,002**
Interaction	6	485,39	80,8977	21,41	0,000***
Erreur	132	498,79	3,7787		
Total corrigé	143	1181,44			

8.2.4.2.2. Les sucres solubles

Les résultats des sucres solubles obtenus varient d'une manière remarquable pour les trois états de santé et les différents organes (feuilles, tige et racine) (Fig. 22).

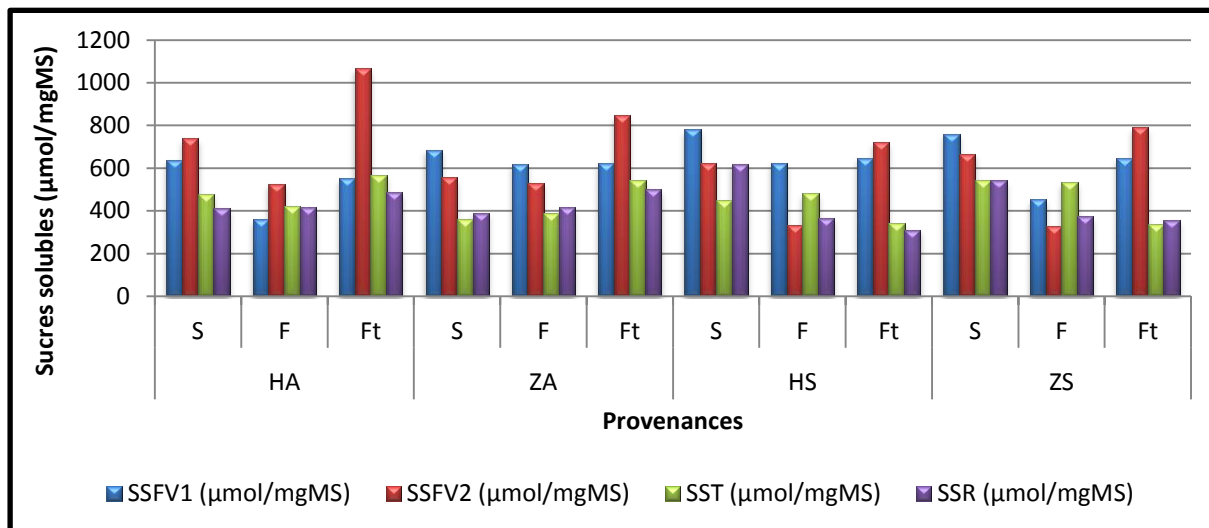


Figure 8.22 : Variation des teneurs en sucres solubles au niveau des différents organes des semis (S), (F) et (Ft) des arbres (HA, ZA) et sols (HS, ZS) de Hafir et Zarieffet (H, Z)

Pareillement que pour la proline, l'analyse de la variance à deux entrées, dévoile des différences des teneurs en sucres solubles extrêmement significatives inter-organes, inter-état de santé et idem pour leur interaction. Là aussi, les valeurs les élevées se voient en général pour les sains (715,9 µmol/mgMS), elles varient entre 634 et 783 µmol/mgMS. Cependant, chez les fortement endommagés, la teneur la plus élevée (856,6 µmol/mgMS) est enregistrée au niveau des feuilles de la vague 2, représentant un taux d'augmentation de 33 % par rapport aux sains (Tab. 8.21 et Fig. 8.25).

Tableau 8.20 : ANOVA à deux entrées : Sucres solubles µmol/mgMS en fonction des états de santé et des organes

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Etat de santé	2	564424	282212	22,21	0,000***
Organes	3	1280172	426724	33,58	0,000***
Interaction	6	844293	140716	11,07	0,000***
Erreur	132	1677638	12709		
Total corrigé	143	4366527			

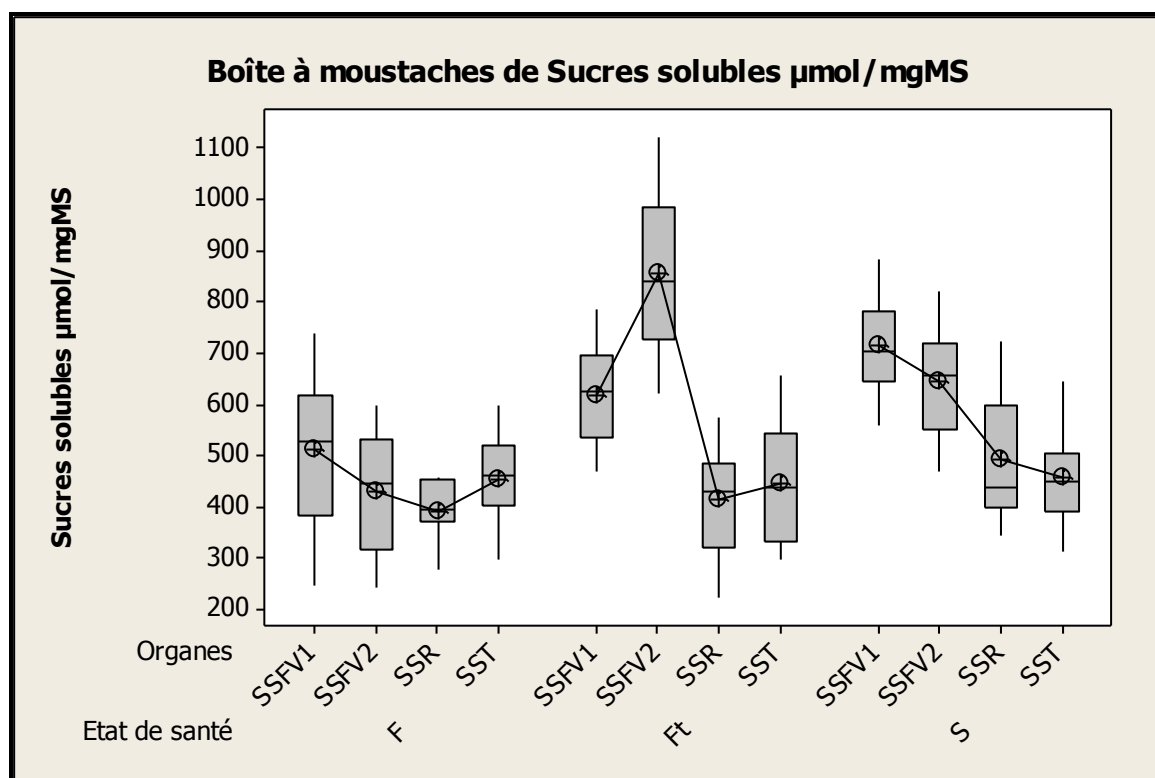
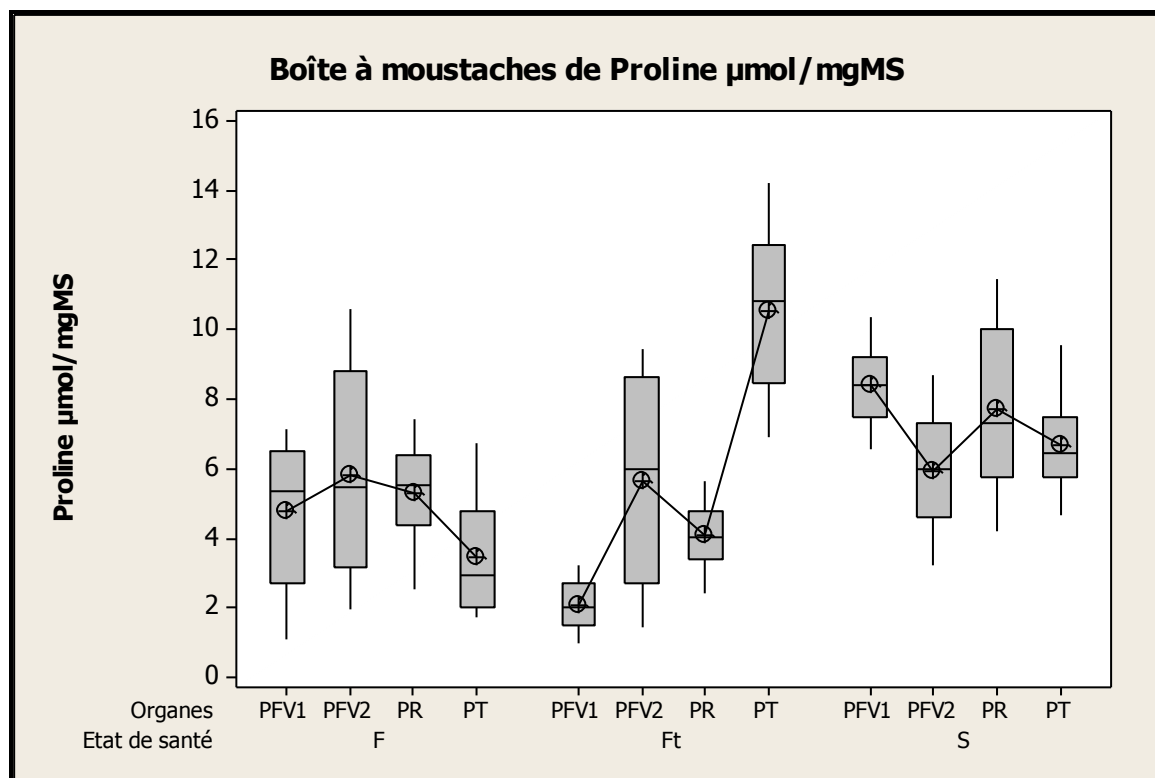


Figure 8.23 : Variation des teneurs en proline et sucres solubles des semis en fonction des organes et des états de santé

Chapitre 9 : Discussion générale

Table des matières

9.1. Description du peuplement	240
9.1.1. Situation générale	240
9.1.2. Interaction globale des descripteurs des arbres	243
9.1.3. Causes probables de la variabilité de la glandée	245
9.2. Etat sanitaire des glands.....	249
9.3. Infestation et distribution spatiale.....	252
9.4. Infestation et régénération.....	261
9.4.1. Germination.....	261
9.4.2. Croissance.....	264
9.4.3. Allongement caulinaire, repos apparent, croissance foliaire et hétéroblastie	265
9.4.4. Caractères biochimiques.....	267

A l'instar de la dégradation des écosystèmes à chêne-liège du pourtour méditerranéen, les subéraies algériennes souffrent d'un affaiblissement et un vieillissement préoccupant. Déjà Boudy en 1950, constatait que cette essence se régénère mal. La régénération à base de glands peut être une alternative pour pallier au déficit alarmant en peuplement de relève. Seulement, les facteurs influençant la régénération du chêne-liège sont nombreux et complexes (*cf.* Chap. 3) et l'intensité relative de chacun de ces derniers est variable d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre au sein du même pays.

9.1. Description du peuplement

9.1.1. Situation générale

Le massif Hafir-Zarieffet présente en général un état sanitaire relativement satisfaisant (non dépérissant). Malgré le changement bioclimatique remarquable par rapport à l'ancienne période, la région jouit toujours de pluies suffisantes au développement normal du chêne-liège, et constitue un facteur écologique déterminant pour retarder le dépérissement rapide du massif. Ce changement, convergeant vers l'aridité a déjà été signalé par de nombreux auteurs pour la région ouest (Quézel, 2000). Par ailleurs, la forte compétition biotique liée parfois et par endroit aux fortes densités de chêne-liège, aux autres essences ou au sous-bois, prédispose le stress hydrique du chêne-liège.

L'affaiblissement dévoilé dans quelques placettes évolue graduellement dans le temps. Selon Bouhraoua (2003), une fois que le phénomène est installé, il devient persistant et irréversible, on parle alors d'un «dépérissement lent ou chronique». Mis à part l'âge et les incendies, la résistance remarquable du chêne-liège, s'avère fragilisée par d'autres facteurs.

Le chêne-liège est reconnu depuis longtemps pour sa faculté de préserver la biodiversité. Ainsi, vu la richesse de sa strate herbacée, le massif Hafir-Zarieffet constitue un espace recherché par les éleveurs de toutes les communes voisines. La région est victime de plusieurs pratiques délictueuses en qualité et quantité, qui conduisent avec l'action des insectes et des champignons à l'aggravation du phénomène. Elles provoquent des symptômes visibles et facilement identifiables, soupçonnés fréquemment d'être à l'origine de l'affaiblissement. Cette action humaine (surpâturage, émondage, gaulage, coupes illicites, etc.), favorise la désorganisation des structures de végétation (Bouchaour-Djabeur, 2001).

En dehors des exploitations de liège, le peuplement est abandonné à son destin. L'absence des opérations sylvicoles (éclaircies, débroussaillage, assainissement, etc.) ou encore des interventions inappropriées (hauteur, nombre, coefficient et qualité du démasclage), prédisposent le peuplement à l'affaiblissement.

Le massif présente en général une exposition Nord-ouest avec des pentes variant d'un endroit à un autre, influant aussitôt sur la dispersion des glands et l'installation des semis. Les exceptionnels semis observés sont localisés notamment en aval des portes graines.

Les endroits où la profondeur du sol fait défaut (surtout la placette 2), montrent une modification de l'humidité et de la température de la partie superficielle, et l'enracinement des sujets est contrarié. Effectivement, l'affleurement de la roche mère influe sur la fertilité du sol suscitant des difficultés de nutrition minérale (Landmann, 1988). Cependant, s'il trouve les moindres fissures, il s'insinue entre ces dernières pour puiser les éléments nutritifs manquants en surface.

De même, le vallon bien alimenté en eau, au sol souvent plus épais, est de croissance relativement forte (Yessad, 2000). L'humus dans les peuplements purs (moyen à très faible), témoigne d'une mauvaise humification des horizons de surface et parfois même une mauvaise qualité de la matière organique. La présence particulière du chêne zeen dans certaines placettes, offre un humus de bonne qualité, permet aux glands de s'échapper à la dent de l'herbivore et favorise l'installation de nouveaux semis.

D'une manière générale, les deux subéraies présentent des structures irrégulières et très déséquilibrées. A Hafir, il existe toutes les classes d'âge avec une prédominance de vieux sujets. Le peuplement de Zariéffet se montre par contre plus ou moins jeune. Les taillis sont aussi présents suite aux mutilations diverses des arbres et des feux répétés. En comparaison avec les subéraies du Maroc (Mâamora), ces dernières rejettent entre 40 et 90 %, à Tlemcen les rejets sont faibles (27 %), et plus de 70 % des arbres sont des francs pieds (futaie) provenant de semences (Leteuch-Belarouci, 2010).

La régénération naturelle est nulle dans la quasi-totalité des placettes, faible à moyenne dans certaines. Elle est dépendante tout d'abord des conditions écologiques de chaque placette, de la structure du peuplement, de l'état de santé de l'individu, des incendies répétés, de l'action de l'homme et son troupeau et l'action des ravageurs des glands dont les carpophages. Le ramassage systématique des glands qui sont doux et comestibles, en général

avant même leur maturité, constitue dans beaucoup de régions subéricoles un handicap majeur et une contrainte de taille pour la régénération naturelle par semis (Bendaanoun, 1998). Les charges pastorales démesurées et incontrôlées exerce un effet néfaste sur les sols qui deviennent compacts, mal aérés, avec un déficit hydrique marqué, contraignant ainsi toute régénération qu'elle soit naturelle ou artificielle.

L'aptitude d'autres espèces comme le chêne vert et le chêne zeen à se régénérer facilement et donc à se réinstaller, constitue le risque le plus menaçant de disparition du chêne-liège. Nous avons observé que là où les exigences hydriques sont les plus favorables (flanc de montagne, dépression), le chêne zeen (*Quercus faginea ssp Tlemceniensis*), concurrence activement le chêne-liège.

Cependant, avec cet état de fait, nous assistons par endroit à une recrudescence de la régénération du chêne-liège surtout lorsqu'il est en mélange avec du chêne zeen, comme nous assistons à une régénération par rejet de souches modérée, principalement suite aux passages du feu. Mais malheureusement, il semble difficile de s'appuyer uniquement sur cette dernière pour renouveler éternellement la subéraie, parce que la prédisposition du chêne-liège à rejeter de souche diminue avec l'âge. En effet, ce type de régénération n'est qu'un palliatif, la régénération de la subéraie ne sera assurée qu'à l'aide des semis naturels et/ou artificiels (Belghazi et al., 2001).

Une autre observation perceptible lors de nos prospections de terrain, est qu'à Zariéffet, la formation basse du matorral, offre une grande richesse en biodiversité végétale.

Il est vrai que ne pas intervenir dans un peuplement peut être aussi un choix, cependant, plus généralement, les règles de gestion obéissent à des principes sylvicoles où l'hypothèse de départ est que le peuplement ne s'autogère pas (O.D.A.R.C., 2002). Il faut donc intervenir en connaissant au mieux son fonctionnement.

Donc, La conservation de la subéraie dérive en grande mesure de la possibilité de la reprise des travaux sylvicoles et subéricoles. Par ailleurs, les traitements sylvicoles qui favorisent des structures jardinées mixtes (à plusieurs essences) et à plusieurs étages de végétation sont recommandés avec un choix judicieux des essences principales à favoriser.

Et pour améliorer un peuplement forestier où le chêne-liège mais surtout la production de liège serait l'objectif principale, les règles de gestion définies par Leteuch-Belarouci

(2010) en étudiant la typologie des subéraies du Parc National (Hafir-Zarieffet), restent des indications précieuses pour le forestier.

9.1.2. Interaction globale des descripteurs des arbres

L'interaction globale des descripteurs des arbres définit les corrélations entre eux. Elles sont appréciées à partir des résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) consignés dans les figures 9.1 et 9.2 et les tableaux 9.1 et 9.2. Le choix du nombre de facteurs à étudier est basé sur la méthode de rupture qui consiste à joindre les valeurs propres par des droites, déterminer le point d'intersection des droites, et considérer le nombre de valeurs, avant le point d'intersection (le nombre d'axes).

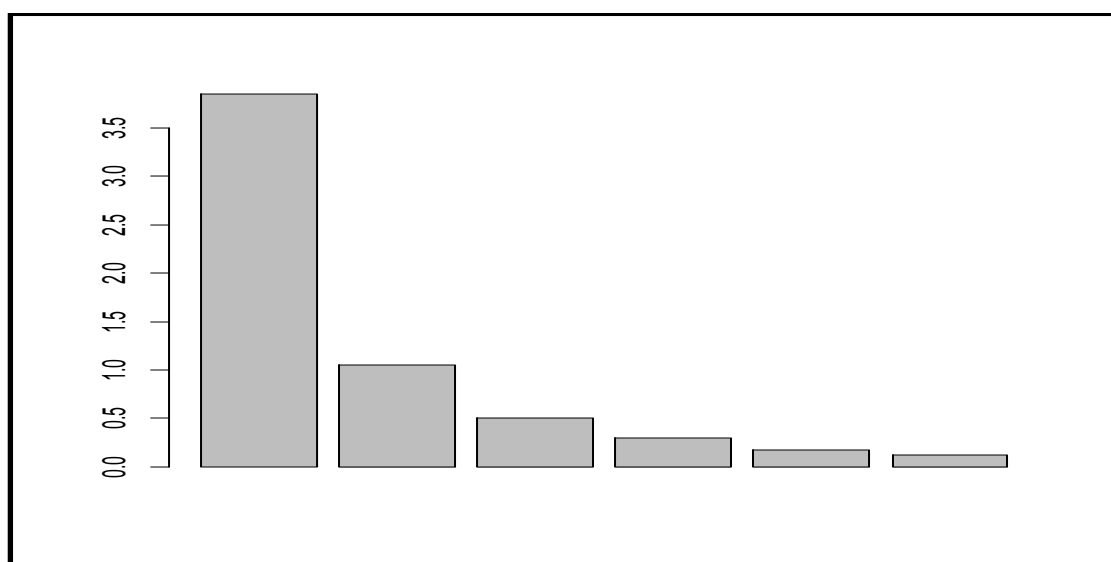


Figure 9.1 : Valeurs propres en % de la matrice de corrélation

(3.8468028 1.0528950 0.5043353 0.2978808 0.1760801 0.1220061)

Tableau 9.1 : Valeurs propres et taux d'inertie

Principaux axes	Valeurs propres	Valeurs propres cumulées	Taux d'inertie	Taux d'inertie cumulé
1	3,8468028	3,846803	0,6411338	0,6411338
2	1,0528950	4,899698	0,1754825	0,8166163
3	0,5043353	5,404033	0,0840559	0,9006722
4	0,2978808	5,701914	0,0496468	0,9503190
5	0,1760801	5,877994	0,026338	0,9796657
6	0,1220061	6,000000	0,0203343	1,0000000

L'analyse en composantes principales (Fig. 6.1 et Tab. 9.1), montre que les deux premiers axes expliquent 81,6% de l'inertie totale du nuage de point. Et à partir des coordonnées des variables actives (Tab. 9.2), on obtient alors la représentation des variables sur le plan (facteur 1, facteur 2).

Tableau 9.2 : Contributions des variables à la construction des axes sur le plan factoriel principal

Variabiles	Axe 1	Axe 2
Déficit foliaire (DF)	1416	1391
Hauteur (H)	1815	478
Circonférence (C)	2081	290
Nombre d'écorçage (NE)	2216	0
Hauteur d'écorçage (HE)	2223	11
Qualité des feuilles (F)	250	7830

Toutes les variables étudiées sont bien représentées dans ce plan factoriel puisque leurs corrélations avec les axes sont relativement importantes (les projections sont proches du cercle de corrélation). En analysant les contributions, nous dégageons que :

- le premier axe factoriel semble regrouper tous les descripteurs dendrométriques et d'exploitation qui sont donc corrélés entre eux, notamment, la hauteur d'écorçage, le nombre d'écorçage et la circonférence,
- le second axe factoriel représentant une combinaison de plusieurs variables, est essentiellement représentatif de la variable qualité des feuilles qui s'oppose dans une dimension moindre de la variable « Déficit foliaire », elles sont donc pareillement corrélées entre elles (Fig. 9.2).

Dans le mapping ci-dessous, on voit clairement que les paramètres, nombre d'écorçage, hauteur d'écorçage et circonférence sont extrêmement corrélés avec l'axe horizontal, comme ils sont proches les uns des autres, ils sont donc bien corrélés entre eux. Se trouvant dans le même massif où règnent les mêmes conditions stationnelles et climatiques, les réponses des placettes qu'ils représentent soient probablement similaires. De même, la qualité des feuilles et le déficit foliaire notamment, sont bien corrélés à l'axe vertical mais dans des demi-plans de signes contraires, nous concluons alors que la qualité des feuilles et le

déficit foliaire sont corrélés négativement. Ce qui est naturellement et réellement trouvé sur le terrain. Plus le sujet est sain, moins les feuilles sont petites ou malades.

Il faut cependant se méfier des exceptions rencontrées sur le terrain comme le cas de la placette Z8 où la majorité des arbres présentent 2 écorçages au maximum, et la hauteur d'écorçage atteint déjà 5 m. Outre, les placettes Z6 et Z7, où certains arbres sont sains et jeunes, présentant respectivement des feuilles malades (enroulées et/ou minées) ou petites.

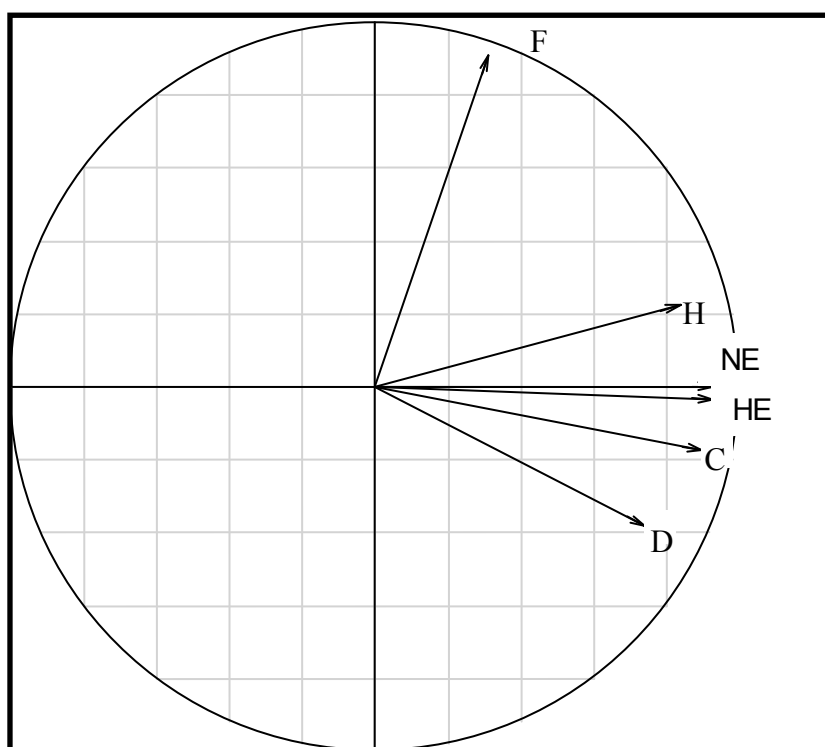


Figure 9.2 : Graphique des corrélations des variables sur les axes de l'analyse en composantes principales

9.1.3. Causes probables de la variabilité de la glandée

Pour analyser cette fluctuation, nous avons étudié à l'aide du coefficient de corrélation linéaire de Pearson (r) les relations entre les indices d'abondance de la glandée et certains paramètres tels que l'âge (circonférence), la vigueur des arbres (déficit foliaire), le nombre d'écorçage et l'abondance du sous-bois (Tab. 9.3 et Fig. 9.3).

Tableau 9.3 : Coefficients de corrélation (r) entre les indices d'abondance globale (Iag) de la glandée et quelques paramètres écologiques, forestiers et individuels

Paramètres/Forêts	Hafir	Zarieffet	Massif
Vigueur du peuplement (Déficit foliaire)	0,128	-0,488	0,063
Age des arbres (Circonférence)	0,458	0,231	0,429
Nombre d'écorçage (NE)	0,619	-0,267	0,416
Abondance du sous-bois (SB)	-0,290	0,228	-0,053

Les résultats révèlent que la relation entre l'indice d'abondance de la glandée et l'état général du peuplement est plus ou moins moyenne. En effet, à Zarieffet, elle s'exprime par un coefficient négatif et bon, parce que la plupart des arbres « affaiblis », ont un indice d'abondance de la glandée nul ou faible. Pour ce qui est de Hafir, la relation est faible parce que certains arbres « affaiblis » font l'exception et ont alterné leur production entre moyenne et abondante durant ces trois années, exemple les arbres A7, A8 et A9. En général, l'indice d'abondance de la glandée est plutôt lié à l'état sanitaire individuel, plus l'arbre est sain, abondante est sa glandée.

L'âge joue un rôle fondamental sur la fécondité des arbres. La glandée est bien corrélée à l'âge avec quelques exceptions à Zarieffet, dont quelques jeunes arbres qui n'ont pas encore atteint l'âge d'exploitabilité, présentent des indices d'abondance de la glandée moyens à forts. Alors qu'à Hafir, mis à part la placette H1 (arbres sains et adultes à glandée nulle à très faible), les glandées abondantes proviennent des gros et vieux arbres.

Le nombre d'écorçage agit pareillement sur la glandée en mettant en valeur les capacités de l'arbre. A Hafir, il y a une forte relation entre les deux paramètres ($r = 0,619$), tandis qu'à Zarieffet, la relation est négative, mais faible parce que quelques jeunes arbres (<70 cm) ont été traumatisés par des écorçages très précoces et ne respectant pas le coefficient d'écorçage.

La densité du sous-bois ne semble pas avoir une grande influence sur la glandée. Qu'il soit négatif à Hafir ou positif à Zarieffet, le coefficient de corrélation est faible parce que la majorité des placettes ont un sous-bois peu abondant.

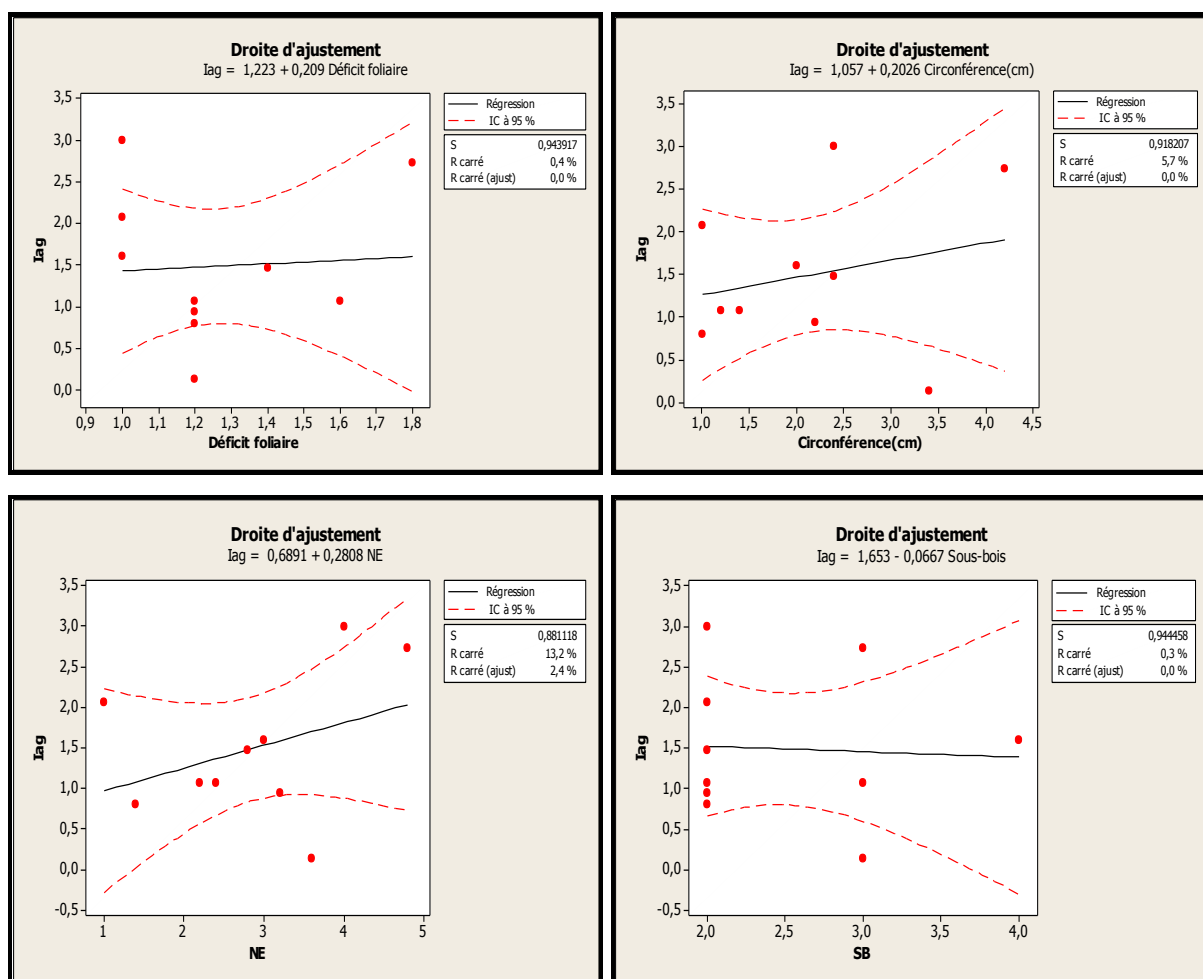


Figure 9.3: Relation entre l'indice d'abondance de la glandée et quelques paramètres écologiques et forestiers des forêts Hafir et Zariéffet entre 2009 et 2011

En conclusion, la variabilité individuelle, annuelle et/ou stationnelle de la floraison et de la fructification, serait liée à l'effet de plusieurs facteurs extrinsèques (locaux et/ou écologiques et forestiers) et intrinsèques. Certains sont indiscutables tels que l'âge, l'état des organes reproducteurs et les conditions du milieu, néanmoins beaucoup d'autres sont plus complexes et difficiles à élucider dans le cadre de cette recherche.

L'irrégularité des glandées a déjà été signalée au Portugal (Merouani et al., 2001) ; au Maroc (Mamora), elle a lieu tous les 2 à 5 ans (Fraval, 1991) et en Tunisie, la périodicité d'une bonne glandée dépend du milieu et se manifeste en moyenne tous les 2 à 3 années en plaine et toutes les 4 années en montagne (Stiti, 1999 ; Khaldi et al., 1999 ; N'sibi et al., 2006). Au Nord-Est algérien la répartition des glands à El Kala est hétérogène, certains arbres présentent une bonne glandée alors que d'autres ont une faible glandée ; les subéraies de haute montagne de Souk-Ahras et de Séraïdi, ont une glandée régulière et la plupart des arbres ont

une production abondante (Ghanem, 2014). Au Nord-Ouest algérien, Bouhraoua (2003), annonce qu'à M'sila (subéraiie littorale), la production des glands en quantités suffisantes se fait chaque année ou au plus tous les deux ans ; ailleurs en forêts de montagnes, objet de notre étude, elle est plus longue.

Nos résultats corroborent ceux de Bouhraoua (2003) pour les subéraiies de montagne, ils dévoilent que le rythme de la glandée est fonction de l'état sanitaire de l'individu, mais aussi des conditions stationnelles et écologiques, nous ajoutons également l'âge, le nombre et le coefficient d'écorçage, pour les deux forêts :

- 50 % des chênes-liège alternent les glandées abondantes (classe 4) avec les glandées moyennes (classe 3) ;
- 35 % alternent les glandées nulles (classe 0) avec les glandées faibles (classe 2)
- et 30 % alternent les glandées nulles (classe 0) avec les glandées très faibles (classe 1).

Par ailleurs, à Zariéffèt où la plupart des arbres sont jeunes et traumatisés, les rythmes sont très irréguliers, 60 % des sujets alternent les glandées nulles (classe 0) avec les glandées moyennes (classe 3).

L'irrégularité des glandées pourrait résulter de l'irrégularité de la floraison, elle-même dépendante des attaques des insectes défoliateurs, du gaulage, des mutilations des arbres et des conditions édapho-climatiques parfois sévères (gelée, sécheresse). Fraval (1991), signale que les modalités et les rythmes de floraison sont extrêmement variables selon l'individu, l'année et la localisation.

A Hafir-Zariéffèt, il ne s'agit pas toujours de l'absence de floraison, parce que chaque année, beaucoup d'arbres fleurissent mais ne fructifient pas. Il s'agit éventuellement de l'infécondité observée chez la plupart des arbres adultes (chute précoce des fleurs, absence de pollinisation, absence de fécondation, non maturation des fruits, etc.) ; autant de l'effet de la sécheresse sur la floraison, déjà mis en évidence en forêt de la Mamora (Maroc) par Fraval (1991).

Les bonnes glandées épuisent les réserves de l'arbre, ce qui paraît expliquer leur répartition à deux ou quatre ans d'intervalle. L'alternance de la fructification peut résulter, de la lente accumulation des réserves nécessaires au processus de reproduction, induit fort probablement par la pauvreté et la sécheresse des sols.

9.2. Etat sanitaire des glands

Preney et al. (1997), soulignent que la chute des glands intervient souvent dès la première semaine d'octobre et s'accroît en novembre-décembre. En fait, notre récolte est plus ou moins précoce (Novembre) pour un massif montagnard subhumide, très fréquenté par l'homme et son troupeau comme celui de Hafir- Zariéffèt, parce que les glands ont pu quand même échapper à la dent du ravageur (Bouchaour-Djabeur et al., 2011).

Un problème difficile à résoudre est celui du maintien de la teneur en eau (TE) à un niveau relativement élevé (42 – 45 %) pour conserver le pouvoir germinatif des semences (Bonnet-Massinbert et Muller, 1977). Le seuil critique de déshydratation compatible avec le maintien du pouvoir germinatif se situe à 40 % pour le chêne-liège (Alatou, 1984 et Nibouche, 1998).

Au moment de la dispersion, tous les glands des arbres sont fortement hydratés ($43 \% \leq TE \leq 52\%$), alors que ceux du sol, particulièrement de Zariéffèt (ZS) avoisinent à peine 40 %. L'analyse statistique montre l'effet prépondérant de l'arbre producteur sur cette variable. Pour les glands récoltés sur arbres, l'étude ne reproduit pas une grande disparité des teneurs en eau au sein de la même placette, excepté Z8 et Z9, alors que les glands ramassés du sol (HS et ZS), présentent au contraire des valeurs très dispersées.

Les paramètres biométriques (L, la) et pondéral (P) des glands, sont généralement plus grands à Zariéffèt qu'à Hafir. Nous remarquons aussi que les glands ramassés du sol (HSS et ZSS) sont les plus longs, plus larges et plus lourds (maturité). La majorité des glands infestés présentent les trois paramètres les plus faibles. Outre, nous discernons une grande variabilité pour les trois paramètres mesurés au sein du même lot, particulièrement pour les glands infestés (Fig. 9.4). A l'exception des glands du sol de Zariéffèt infesté (ZSI), Il s'avère que l'infestation est optimale surtout sur les petits glands qu'ils soient du sol ou des arbres. Il en résulte une baisse du poids du fait que les larves se nourrissent de l'amande, à moins que ce soit l'infestation par les insectes qui empêche les glands de se développer normalement afin d'atteindre une longueur et un poids appréciables.

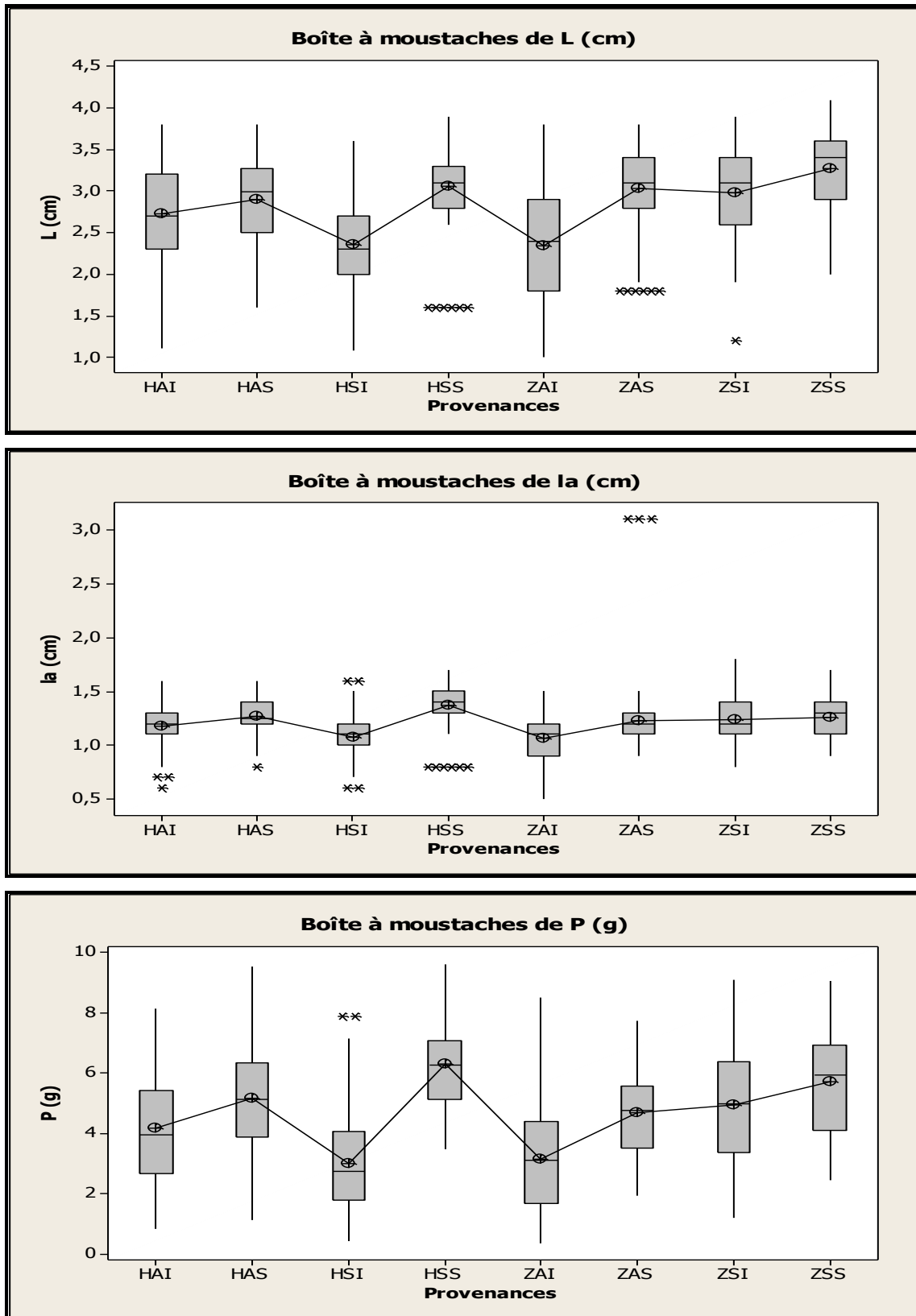


Figure 9.4 : Distribution du grand diamètre (L cm), petit diamètre (la cm) et poids (P g) des glands de chêne-liège en fonction des provenances

Ces résultats exposent que les glands ont des tailles et des formes distinctes allant de la forme arrondie sphérique à la forme sub-cylindrique confirmant ceux aperçus par Hasnaoui (1992), Bouhraoua (2003) et Bouchaour-Djabeur et al. (2011). Nous progressons donc qu'il existe des glands de grand calibre, de moyen calibre et de petit calibre suivant la classification de Merouani et al. (2001). De même, l'appartenance des glands infestés au grand calibre comme au moyen et petit calibre, veut dire qu'il n'y a pas de préférence dimensionnelle pour l'infestation des insectes, elle est donc aléatoire et les insectes attaquent aussi bien les grands glands que les petits sans distinction. Cette indifférence des insectes à la taille et la forme du gland a déjà été signalée par Bouchaour-Djabeur et al. (2011) pour des glands conservés du même massif.

A l'Est du pays, Saouli (2009) et Saadi (2013), déclarent respectivement que les glands d'El Kala et Séraïdi (forêt domaniale de l'Edough) sont deux fois plus grands que ceux de l'Ouest algérien. Toujours à l'Est du pays, les mensurations des glands récoltés à El Kala, Séraïdi et Souk-Ahras montrent qu'il n'y a pas de variabilité remarquable entre les glands, il s'agit d'un échantillon homogène, par contre le poids enregistre de fortes variations (Ghanem, 2014).

Plusieurs auteurs pensent que les glands peuvent être pollués après leur chute, puis très rapidement infestés par des spores qui sont produites en abondance par les fructifications du champignon *Ciboria batschiana* (Zopi.), vestiges des glandées précédentes (Morelet, 1974, in Delatour et Morelet, 1979). Selon ces auteurs, ce champignon est connu depuis le dix-huitième siècle en Europe et en Amérique du Nord et on lui attribuait une grande importance en foresterie, considérant qu'il pouvait entraver la régénération du chêne.

Ciboria persiste pendant plusieurs années dans les glands attaqués laissés au sol (Delatour, 1983). Si on ramasse les glands en forêt dans les semaines qui suivent leur chute, les attaques étant moins avancées, aucun symptôme extérieur n'est généralement visible alors que si l'on décortique les glands, on pourra observer les premières manifestations du champignon *Ciboria batschiana* (Delatour et Morelet, 1979). Donc, vu la période de récolte, nos glands présentent la propriété d'être moins infestés par les agents pathogènes qui risquent de causer des dégâts importants en inhibant leur germination et en hypothéquant leur viabilité (Bouchaour-Djabeur et al., 2011). En effet, plus le temps séparant la chute du gland au sol de son ramassage est long, plus la qualité du produit récolté s'amenuise (Preney et al., 1997).

L'étude sanitaire des glands, révèle que la distribution en catégories distinctes suivant les diverses provenances (arbres et sols), est très variable. La part des glands sains varie entre 60 % chez A6 (H2) et 8 % chez A15 (H3) ; A46 (Z10) ne présente aucun gland apparemment sain. Les glands ramassés du sol de Hafir présentent une faible proportion de glands sains (9 à 25 %), ceux de Zariéffèt par contre avoisinent les 50 %. Bouchaour-Djabeur et al. (2011), déclare un taux moyen de 36 % pour les glands des sols de Hafir-Zariéffèt en 2009. Les glands ramassés du sol de Hafir présentent une faible proportion de glands sains (9 à 25 %), ceux de Zariéffèt par contre avoisinent les 50 % (Fig. 7.5).

L'examen qualitatif des glands non sains (autres catégories), dévoile que ceux des sols de Hafir, A24 et A45 contiennent 1 à 13 % de glands vides. L'existence de glands nains (2 à 23 %) particularise les arbres. La pourriture des glands (sol) est plus importante à Hafir (34,72 %) qu'à Zariéffèt (15,38 %). Elle se montre plus sérieuse que celle de 2009 (14 %) (Bouchaour-Djabeur et al, 2011).

Les grands trous sont présents aussi bien au niveau des glands des arbres que ceux du sol. Toutefois, à l'exception des arbres A19 (36 %) et A22 (33 %), ils sont plus abondants au niveau des glands des sols. Les petits trous par contre dépassent les 60 % chez la majorité des glands des arbres et avoisine une moyenne de 17 % pour les glands des sols. L'attaque des insectes est en général plus grave que celle de 2009 (10 %) pour des glands ramassés des sols des deux forêts.

Par ailleurs, certains glands apparemment sains, restent sphériques et de petites dimensions, leur développement pourrait être compromis par des colonies de pucerons (*Thelexes dryophila Schranck*), qui se rassemblent au cours de l'hiver entre les écailles de la cupule. Bouchaour-Djabeur (2001) en a recensé 3,8 % dans un échantillon de la subéraie de Hafir-Zariéffèt. Selon Mimeur (1937a in Villemant, 1991), les glands dont la cupule est envahie de la sorte par *Thelexes dryophila Schranck*, restent sphériques et de dimensions réduites.

9.3. Infestation et distribution spatiale

Beaucoup de travaux ont témoigné que les dernières glandées des divers chênes ont été fortement attaquées par *Cydia fagiglandama Zeller*, *Cydia splendana Hulmer* (*Lepidoptera Tortricidae*), et par *Curculio sp.* (*Coleoptera Curculionidae*) (Coutin, 1960 ;

Bovey et al., 1975 ; El-Hassani et Dahmani, 1996 ; Soria et al., 1995-1997 ; Stiti, 1999 ; Derbal, 2000 ; Chakali et al., 2002 ; Bouhraoua, 2003 ; Leiva et Fernandez Alès, 2005 ; Xiao et al., 2007 ; Bellal, 2008 ; Adjami, 2008 ; Abidi et Abidi, 2009 ; Bouchaour-Djabeur et al., 2011 ; Saouli, 2009 ; Chaabna-Bouzitoune, 2012 ; Saadi, 2013 ; Ghanem, 2014).

Au Nord-Est algérien dans la région d'El-Kala, les insectes évoluant à l'intérieur des glands sont des Lépidoptères de la famille des *Tortricidae* (*Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana*) ; un coléoptère de la famille des *Curculionidae* (*Curculio sp.*) ; des larves de Diptères ; des Acariens (*Astigmata*) ; deux espèces indéterminées et enfin la présence de galles de la famille des *Cynipidae* (*Callirhytis glandium*), cette espèce n'a jamais été signalée en Algérie (Adjami, 2008).

A l'Ouest algérien, la majorité des insectes évoluant à l'intérieur des glands sont des Lépidoptères représentés par la famille des *Tortricidae* ; elle comprend quatre espèces dont deux sont rares pour la faune d'Algérie à savoir : *Eudonia angustea* à Hafir (forêt de montagne) et *Euzophera sp.* à M'sila (forêt littorale) ; il y a aussi *Cydia triangulella* commune à toutes les subéraies de l'Ouest, elle s'est vu abondamment autour du chêne vert à Zariéffet ; un autre papillon, *Pyralis farinalis* (la pyrale de la farine) à M'sila (semi-aride littorale) et Nesmoth (semi-aride montagnaise) ; les coléoptères représentés par une seule espèce indéterminée du genre *Balaninus* ; et des Diptères, la famille des *Scianidae* (*Bradisia sp.*) et celle des *Cecidomyiidae* (espèce non déterminée) (Bouhraoua, 2003). Les Diptères sont des mycétophages qui se nourrissent de divers champignons se développant sur les glands (Villement et Fraval, 1991).

Notre première évaluation des résultats, est la présence presque constante des deux carpophages (*Cydia fagiglandana* et *Curculio elephas*) «de la plus grande importance négative sur les fruits du chêne-liège» (Soria et Ocete, 1996 ; Soria et al., 1995 ; 1997 ; Vazquez et al., 1990). Les glands récoltés dans nos placettes d'étude, sont attaqués par trois insectes appartenant à deux ordres, les coléoptères et les lépidoptères. Il s'agit de deux espèces à grand intérêt économique, très remarquables par leur taux et leur biologie et qui ont fait l'objet de l'étude de l'infestation : le charançon *Curculio elephas* Gyll. (*Coleoptera* : *Curculionidae*) et le papillon *Cydia fagiglandana* Zel. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*). Nous avons recensé également 0,83 % de larves non déterminées d'un autre *Lepidoptera* (*Tortricidae*) pour tout le massif.

Signalons aussi que les trous étaient à différents niveaux des glands, les insectes parcourent le milieu du gland et rarement la partie supérieure. Les deux ravageurs n'ont pas une préférence absolue pour une partie particulière du gland. Néanmoins, la majorité des glands présentent des trous au niveau de la partie basale (sous la cupule ou en bordure de cette dernière), singulièrement les trous de *Curculio elephas*. Il semble que c'est une sorte de dissimulation.

Bien que les taux d'infestation varient beaucoup d'un individu à l'autre, d'un lot (arbres ou sols) à l'autre et d'un ravageur à l'autre pareillement, les deux insectes sont très présents dans les glands de tous les individus étudiés. Au niveau individu, nous remarquons que l'infestation de *Cydia fagiglandana* est très hétérogène par rapport à celle de *Curculio elephas*. Le premier insecte est présent aussi bien par des taux très faibles (A6 : 10 % et A35 : 8 %) que par des taux très élevés (A31 : 62 et A36 : 75 %). *Curculio elephas* enregistre un seul pic chez A22 (36 %).

En moyenne les glands des arbres de Hafir (HA) sont moins infestés (32 %) que ceux de Zariéffèt (45,24 %) par *Cydia*, alors que *Curculio* dévoile des taux presque similaires, respectivement 21,83 et 21,19 % pour Hafir et Zariéffèt. Pour les lots des sols, ceux de Zariéffèt sont remarquablement infestés par *Curculio elephas* (58 %) et à peine 11 % par *Cydia fagiglandana*. Ceux de Hafir présentent une infestation moyenne aussi bien par *Curculio* (50 %) que par *Cydia* (45 %).

Au niveau forêt (arbres et sols), *Cydia fagiglandana* se manifeste plus à Zariéffèt (41,04 %) qu'à Hafir (33,18 %), alors que *Curculio elephas* affiche des proportions presque identiques pour Hafir (24 %) et Zariéffèt (26 %).

A grande échelle, au niveau massif, les glands des arbres sont plus infestés par *Cydia fagiglandana* (37,45 %) que par *Curculio elephas* (21,57 %) ; ceux des sols sont au contraire plus infestés par *Curculio elephas* (54,17 %) que par *Cydia fagiglandana* (28,33 %). En 2009, dans le même massif, Bouchaour-Djabeur et al. (2011), annonce que les glands (arbres et sols confondus) sont plus attaqués par les coléoptères (71,85 %) que par les lépidoptères (28,14 %), ce qui a été signalé aussi par Stiti (1999) ; Abidi et Abidi, (2009) en Tunisie. Dans la forêt de Tamentou (Ouest algérien), les glands de chêne-liège sont surtout attaqués par *Cydia splendana* (Benmacheri, 1994). Dans le moyen Atlas, dans une parcelle mise en défens, 13 % des glands étaient détruits par *Cydia fagiglandana*, seul lépidoptère clétophage connu dans la

région de Rabat (Maroc) (Villemant, 1991). Ce lépidoptère détruit également entre 9 et 13 % des glands du chêne vert (Arahou, 1990 in Villemant, 1991).

La surface moyenne infestée est presque identique pour les arbres qu'ils soient de Hafir ou de Zariéffèt (respectivement 10,35 % et 12,40 %) et de même pour les glands ramassés des sols des deux forêts (≥ 50 %). Ce sont les valeurs extrêmes qui sont remarquables, la proportion varie de 25 à 84 % pour les glands ramassés et de 3 à 28 % pour les glands récoltés sur arbres. Les deux forêts présentent sensiblement la même intensité d'infestation, environ 32 %. Elle est très élevée par rapport à celle déclarée par Bouchaour-Djabeur et al. (2011) dans le même massif (12,21 %) et Abidi et Abidi (2009) en Tunisie (1,6 %).

Concernant le taux d'infestation des deux insectes ensemble, au niveau forêt, les glands des arbres révèlent une infestation moyenne (26,92 %) pour Hafir (HA) et forte (33,26 %) pour Zariéffèt (ZA). Les glands des sols (HS et ZS) des deux forêts affichent une infestation forte, mais plus importante à Hafir (47,50 %) qu'à Zariéffèt (35 %). Au Nord-Est de l'Algérie, pareillement, ce sont les glands du sol qui sont les plus attaqués comparativement aux glands des arbres (Adjami, 2008).

Pour l'ensemble des individus étudiés de tout le massif, le taux d'infestation moyen (*Cydia* et *Curculio*) par arbre est de 29,51 %. Il est supérieur à celui obtenu par Leiva et Fernandez-Ales (2005) en Espagne (Sierra Morena) dans un peuplement de chêne vert (16,6 %).

Enfin, la distribution de l'infestation du massif Hafir-Zariéffèt (HZ) par groupes d'arbres, donne :

- 11,76 % de chênes-liège à faible infestation (≤ 15 %),
- 41,18 % de chênes-liège à infestation moyenne ($16 \leq TI \leq 30$ %)
- et 47,06 % de chênes-liège à forte infestation (≥ 31 %).

Pour l'ensemble des glands étudiés du massif Hafir-Zariéffèt, la dispersion moyenne de la déprédation des glands par arbre est de 29,51 %. Son incidence sur le recrutement des semis est sérieuse, elle est de 60 % de réduction pour les fortement endommagés. Les deux proportions sont très élevées à celles obtenues en Espagne (Sierra Morena) par Leiva et Fernandez-Ales (2005) dans un peuplement de chêne vert, soient 16,6 % et 15 %.

Le type de colonisation des deux phytophages pourrait nous orienter à connaître l'incidence de l'un sur l'autre. Il est répartis en 2 classes : 99,21 % des glands à un seul trou d'émergence (attaque simple) ; 0,79 % des glands à deux trous d'émergence de la même espèce (attaque double). La proportion des glands colonisés par deux foreurs est très insignifiante par rapport à celle des glands colonisés par chaque espèce séparément. Ce qui pourrait être expliqué par les différents schémas de comportement à coloniser le fruit du chêne-liège : la femelle de *Curculio elephas* fore le fruit pour y déposer 1 œuf ou très rarement 2 ou plus, tandis que la femelle de *Cydia fagiglandana* dépose généralement les œufs sur la face supérieure ou inférieure des feuilles, plus rarement à la base de la cupule, les jeunes larves recherchent donc une cupule et pénètrent au niveau de sa base. Il pourrait également résulter de relations et la compétition interspécifique comme spécifié dans le travail de Soria et al. (1997).

Les différences d'infestation, entre arbres et sols, indiquent à première vue, qu'il est plus facile d'obtenir un fruit infesté au sol que de le recueillir sur arbre. On a tendance à voir que le taux d'infestation est plus important sur sol que sur arbre. Le fait que les glands du sol de Zariéffet (ZS) sont infestés à 11 % seulement par *Cydia*, serait peut-être lié à la période d'émergence des larves qui s'étale généralement d'octobre à décembre pour *Curculio* et s'attarde à décembre-janvier pour *Cydia*. Selon Villemant (1991), certains individus de *Cydia fagiglandana* ont une période de quiescence pré nymphale plus longue ; et Rungs (1979) cité par le même auteur, signale que des adultes de cette espèce ont été récoltés en octobre dans la région de Zahers (Maroc).

Aussi, ayant les mêmes conditions stationnelles et écologiques, les facteurs responsables des différences significatives de l'infestation entre les individus ou entre les placettes des deux forêts, pourraient être liés à des différences locales dans l'abondance d'arbres très sensibles aux attaques d'insectes (Crawley et Long, 1995). En effet, Conedera et al. (2004), affirment que la proportion des dégâts de chaque espèce varie considérablement selon la période et le lieu. Yu et al. (2003), ajoutent qu'elles sont liées à des différences locales dans le sens de la pente et des caractéristiques topographiques.

Basé sur les schémas de comportement, des périodes de mise en attaque et les résultats obtenus, nous pouvons dire que les deux herbivores ont tendance à être très sélectifs pour le choix des fruits où ils vont se développer. Ceci expliquerait éventuellement la faible

proportion des glands colonisés par deux larves. Les deux phytophages semblent préférer achever leur développement larvaire dans un seul fruit.

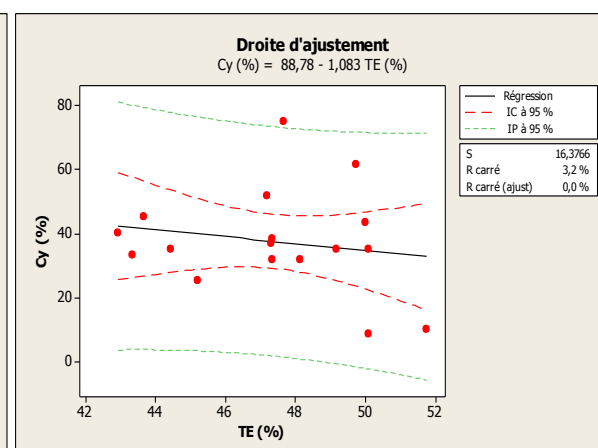
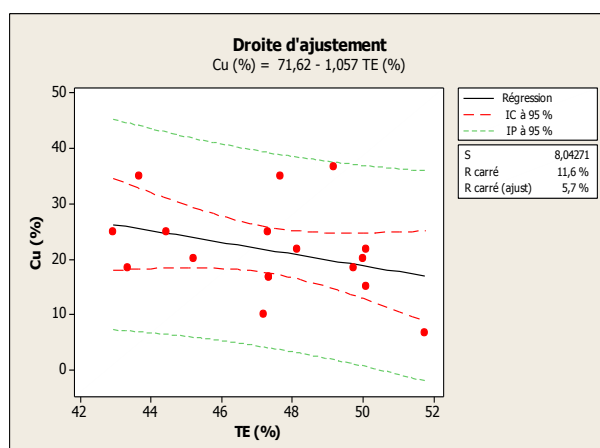
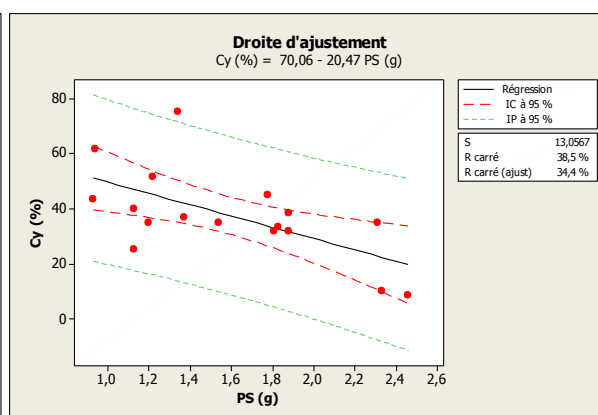
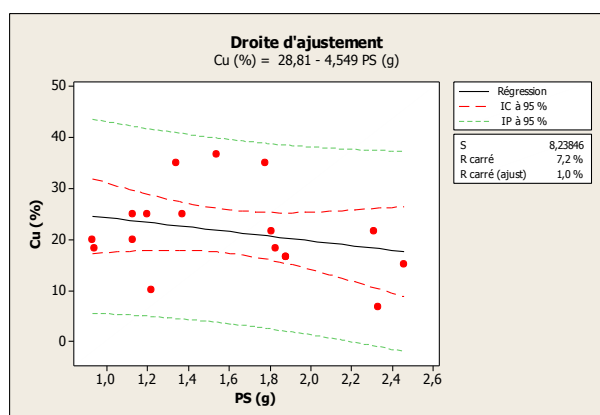
Pour ce qui est du degré de sélectivité, *Cydia fagiglandana* semble être plus exigeante quant à la distribution de ses larves, elle n'a pas tendance à coloniser un fruit déjà occupé, on n'a jamais trouvé plus d'une larve par gland. La proportion des glands à deux trous d'émergence, concernait *Curculio elephas*. Selon Balachowsky (1963), le trou de ponte de *Balaninus elephas* est assez large pour que l'ovipositeur puisse s'y engager convenablement, deux œufs peuvent être pondus en même temps, dans ce cas la pression exercée par la poussée du second favorise l'enfoncement du premier. Il ajoute que le nombre élevé des larves, se trouvant dans le même fruit, explique les cas de nanisme fréquents observés chez les adultes, consécutifs à une carence alimentaire.

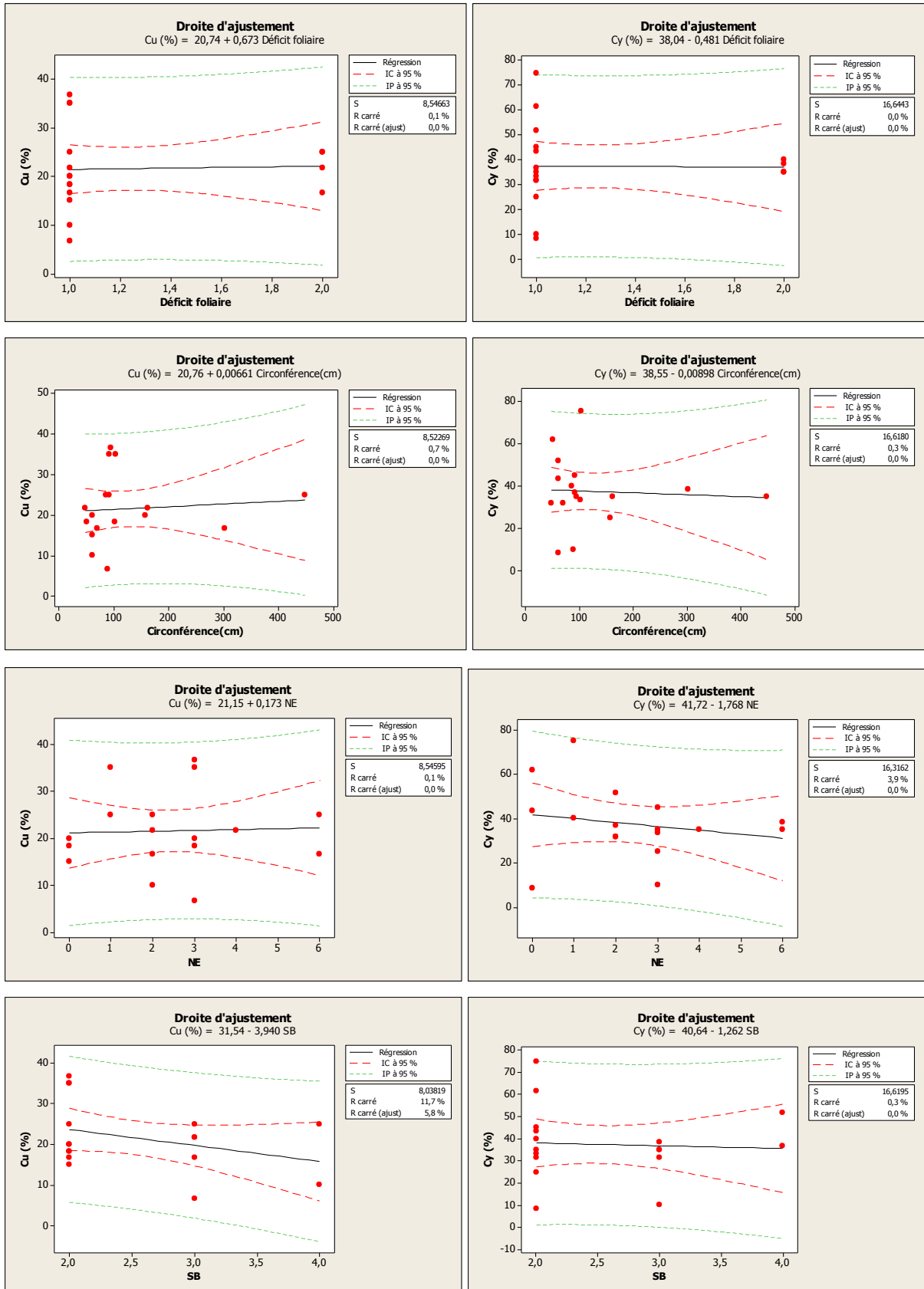
Sur cette base, bien qu'à grande échelle, le taux d'infestation ne montre pas une différence entre les deux forêts, sa variabilité entre individus producteurs nous a poussé à mesurer l'association linéaire (corrélation de Pearson) entre cette variable et d'autres paramètres. D'après le tableau 9.4, et à travers plusieurs corrélations établies, nous remarquons que la relation entre le taux d'infestation et le poids sec des glands, est négative pour les deux insectes, elle est faible pour *Curculio* (-0,268) et forte (-0,620) pour *Cydia* ; elle est également très forte (-0,98) avec l'âge des arbres pour *Cydia*. Ceci pourrait être expliqué par le fait que le lépidoptère préfère particulièrement les glands plus ou moins moyens, autant les jeunes arbres. Effectivement, l'infestation par *Cydia* est plus importante à Zariéffet (41 %) en peuplement plus ou moins jeune, qu'à Hafir (33 %). La corrélation remarquable entre le taux d'infestation de *Curculio* et l'exposition ($r = 0,582$), indiquerait que l'adulte de cet insecte préfère les expositions nord.

Mais, il est important de noter que la corrélation n'implique aucune causalité. Lorsqu'il s'agit d'une très mauvaise glandée, l'insecte n'épargne aucun gland qu'il soit petit, moyen ou grand. En outre, une petite valeur de corrélation ne signifie pas l'absence de relation, mais simplement l'absence de relation linéaire (Fig. 9.5). De même, le fait que beaucoup d'arbres âgés (exemple placette H1) n'ont pas fructifié, ou même s'ils l'ont fait, c'est avec un indice d'abondance individuelle très faible (0,33), l'insecte, n'a que s'attaquer aux jeunes arbres pour se perpétuer.

Tableau 9.4 : Coefficients de corrélation (r) entre le taux d'infestation et quelques paramètres écologiques, forestiers et individuels

Paramètres/Insectes	Curculio (%)	Cydia (%)
Poids secs des glands (PS g)	-0,268	-0,620
Teneur en eau des glands (TE %)	-0,340	-0,179
Vigueur du peuplement (Déficit foliaire)	0,036	-0,013
Age des arbres (circonférence)	0,083	-0,98
Nombre d'écorçage (NE)	0,038	-0,198
Abondance du sous-bois (SB)	-0,341	-0,056
Exposition (Exp)	0,582	0,102
Nature du peuplement (Nat. Peup.)	-0,160	0,304
Epaisseur de la litière (EL)	-0,314	0,119
Densité de la glandée (G 2010)	0,463	0,275





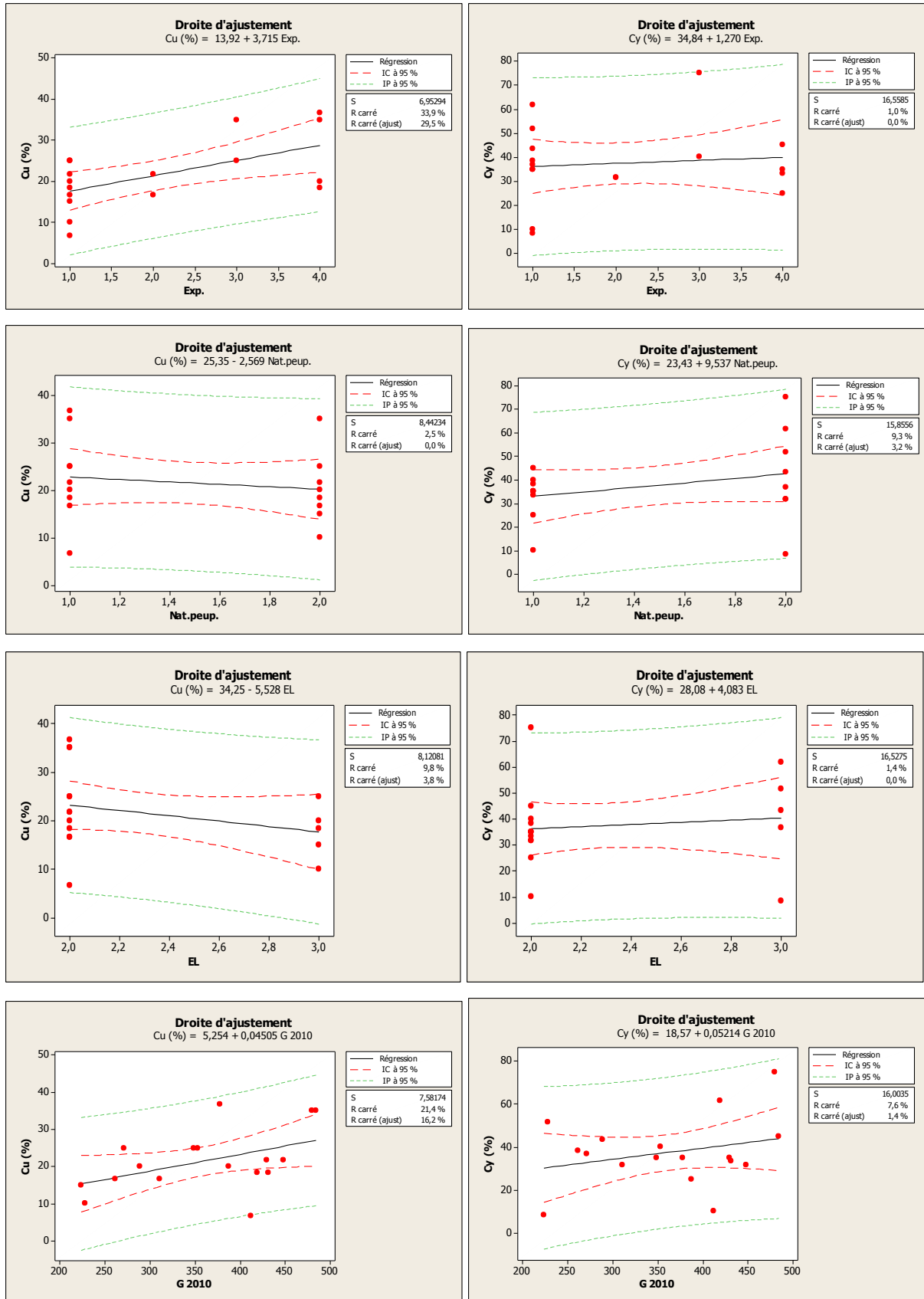


Figure 9.5 : Corrélations entre le taux d'infestation des glands par les insectes et quelques paramètres

9.4. Infestation et régénération

9.4.1. Germination

Certains auteurs pensent que les glands ne tombant pas spontanément sur le sol, ne sont peut-être pas mûrs, ils prétendent que les embryons ne sont pas mûrs, car ils n'ont probablement pas terminé leur développement et par conséquent les systèmes physiologiques embryonnaires ne sont peut-être pas au point (Preney et al., 1997).

Des glands cueillis juste avant d'avoir commencé à brunir et immédiatement semés, germent bien, quoique avec un léger retard, ce qui pourrait avoir un intérêt en vue des semis immédiats (Stiti, 1999). Merouani (1996), affirme quant à lui, que les glands sont physiologiquement mûrs avant de l'être morphologiquement.

Les résultats obtenus, montrent que les glands germent aussi bien pour les glands ramassés du sol que ceux récoltés sur arbres. En se basant sur le fait que la teneur en eau diminue progressivement jusqu'à la maturité, il faut rappeler ici que les teneurs en eau des glands issus des deux récoltes n'étaient pas très différentes, ce qui nous mène à conclure que les glands sur arbres étaient capables de germer et donc mûrs et de bonne qualité.

Le processus de la germination des glands de chêne-liège est un phénomène physiologique complexe faisant intervenir l'intégrité physiologique mais surtout morphologique des glands ; l'attaque d'insectes intervient pour perturber cette intégrité en modifiant la morphologie des glands (consommation de l'endosperme), mais aussi en exerçant un stress permanent sur les glands ; les capacités physiologiques s'en trouvent diminuées et se traduisent par un effet négatif sur le pouvoir germinatif (Merouani et al., 2005).

Les résultats montrent que les glands sains (S) et faiblement endommagés (F) arrivent à 100 % de germination, qu'ils soient récoltés sur arbres ou ramassés du sol sans grande dispersion autour de la moyenne qui s'évalue respectivement à 69 % et 62 %. L'émergence moyenne des glands sains des arbres atteint 81 % à Hafir. Cependant, les glands fortement endommagés (Ft) affichent généralement les taux les plus faibles avec de grandes divergences entre les individus producteurs, le maximum enregistré est 67 % chez A35, la moyenne est de 8 %. Plus de 90 % des glands (Ft) de 64 % des arbres restent métaboliquement inactifs. Le

taux de survie des plants, varie de la même manière que le taux d'émergence, il atteint 100 % chez les sains et 93,33 % chez les faiblement endommagés. Les Ft enregistrent également un taux faible de plants morts (TPM).

Exceptionnellement, les glands (Ft) de A35 marquent un taux de survie de 57 %. La présence de la larve dans l'importante galerie qu'elle fore dans les cotylédons, leur stress et leur détérioration, n'ont pas eu de conséquences sur l'embryon qui est resté intact avec toutes ses capacités physiologiques. Ces glands ont pu germer et établir des semis avec un taux dominant les sains et les faiblement endommagés.

Nous remarquons également, que dans les mêmes conditions, issu du même individu, et du même état sanitaire apparent, les glands peuvent être dans un état physiologique différent. Ils ne germent pas tous avec le même taux et la même vitesse. Ceux apparemment sains donnent en général un taux d'émergence satisfaisant dans les 20 jours qui suivent l'apparition de la première plantule. Dans le cas contraire, ils mettent plus de temps pour émerger. Ce qui a été observé par Come (1975) en milieu naturel.

Le taux de réduction de la germination des glands de chêne-liège due à l'infestation : 7 % pour les faiblement endommagés et 60 % pour les fortement endommagés, est différent de celui obtenue par Saadi (2013) au Nord-Est d'Algérie pour les faiblement endommagés (30 %) et similaire (60 %) pour les fortement endommagés. Leiva et Fernandes Ales (2005), annoncent une réduction de 15 % de germination des glands de chêne vert due aux attaques de *Cydia fagiglandana* et *Curculio elephas* en Espagne (Sierra Morena). La déprédation des glands par les insectes était relativement élevée (environ 30-90 %) chez d'autres chênes à travers le monde (Oliver et Chapin , 1984 ; Steele et al , 1993 ; Crawley et long, 1995 ; Fukumoto et Kajimura , 2001; Yu et al , 2001, 2003 ; Branco et al, 2002 ; Maeto et Ozaki, 2003 ; Leiva et Fernandez Ales, 2005 ; Xiao et al. , 2001, 2004b, 2007).

Dans le même massif, Bouchaour-Djabeur et al., (2011), révèlent que 80 % des glands fortement endommagés non stratifiés n'ont pas germé ou bien n'ont pas donné de plantules. L'embryon consommé et les réserves cotylédonaires détruites, le gland n'est pas apte à commencer une nouvelle vie.

Ceci pourrait s'expliquer par les changements dans leur état physiologique traduits par une diminution du poids frais, accompagné d'une augmentation du taux d'humidité (Branco et al., 2002). La consommation de l'endosperme par les larves exerce probablement une

diminution de la pression physique sur le germe qui se traduit par un ralentissement de la vitesse de germination exprimée par le temps moyen de germination (T.M.G.) (Montaya et Iranzo, 1997 ; Soria et al., 1997 ; Branco et al., 2002).

Toutefois, l'importante réduction du taux de germination (60 %) pour les fortement endommagés est peut-être liée à la petite taille (poids sec) des glands de l'Ouest algérien qui font environ la moitié de ceux de l'Est algérien. Siscart et al. (1999), ont dévoilé que des glands de chênes de 1,5 g de poids frais, infestés par le charançon, sont généralement exempts de dommages (embryon) et sont capables de germer ; et tout glands moins de 0,5 g de poids frais, montre une destruction complète de l'endosperme et ne germe pas. Comme 47 % seulement des glands produits de Hafir-Zarieffet avaient un poids sec supérieur à 1,5 g (environ 2 à 3 g de poids frais), ils entrent dans la classe des glands ayant une forte vulnérabilité aux insectes selon Siscart et al. (1999).

L'interaction des mécanismes de défense et de résistance semble être importante, du fait qu'ils peuvent dans une certaine mesure, survivre aux dommages causés par les insectes prédateurs. Premièrement, c'est une sorte de « fuite » parce que, les glands, mûrs avant la maturité des larves, peuvent germer et commencer à transférer les réserves stockées dans les racines des plantules rapidement avant que les insectes ou autres parasites ne consomment entièrement l'amande. En milieu naturel, ceci a déjà été observé chez d'autres chênes (*Q. variabilis*, *Q. serrata* et *Q. liaotungensis*), qui fouissent pour se reproduire, parce que la germination automnale résulte de la maturité du gland avant celle des insectes prédateurs (Yu et al., 2003 ; Fox, 1982). Deuxièmement, une grande masse cotylédonaire permettrait la tolérance d'infestation d'insectes par la mobilisation rapide des réserves stockées. Elle permet de réduire le taux de perte par rapport aux petites graines avec la même intensité d'infestation. Alors, les mécanismes de défense et de résistance demeurent étroitement liés au comportement du gland, au taux de l'infestation, ainsi qu'à la masse cotylédonaire.

Steele et al. (1993), ont montré aussi que la concentration de tannin des glands de chênes était beaucoup plus élevée pour la moitié apicale (y compris les embryons) que la moitié basale (contenant les cotylédons). Ainsi, les tanins comme un caractère de résistance générale, peuvent être aussi responsables de la protection de l'embryon.

Donc, vu l'intégrité physiologique, la quantité et la qualité des réserves cotylédonaires (si l'alimentation des carpophages ne blesse pas l'embryon en développement), ces glands

faiblement endommagés réussissent à germer comme il a été également noté par d'autres auteurs (Oliver et Chapin, 1984; Kaushal et Kalia, 1989 ; Weckerly et al., 1989 ; Andersson, 1992 ; Steele et al., 1993 ; Leiva et Fernandes Ales, 2005 ; Bouchaour-Djabeur et al., 2011). Ils établissent par la suite des semis viables (jusqu'à 65 % du taux de survie des (F)) comparables à ceux issus des glands sains. Ces résultats sont semblables aussi à ceux de Fukumoto et Kajimura (2000) ; Branco et al. (2002) ; Leiva et Fernandez Ales (2005) ; Xiao et al. (2007) ; Bouchaour-Djabeur et al. (2011).

9.4.2. Croissance

La qualité d'un plant est la résultante de nombreuses caractéristiques morphologiques et physiologiques qui contrôlent leurs possibilités de développement et de croissance (Aussenac et al., 1988).

La croissance en hauteur de tige, diamètre au collet et nombre de feuilles sont également tributaires de l'intégrité physiologique de l'amande, de la masse et la qualité cotylédonaire et de l'intensité d'infestation. La croissance des semis fortement endommagés est ralentie les premières semaines après la germination seulement. Respectivement pour les sains, faiblement et fortement endommagés : la croissance en hauteur varie entre 250 - >300 mm ; 180 - 300 mm ; 70 - 270 mm ; le diamètre oscille entre 5 - 6,6 mm ; 5 - 6 ; 2 - 4. Le nombre de feuilles est de 23 - >25 ; 15 - 23 ; 5 - 9. Du point de vue morphologique, la croissance en hauteur de tige et diamètre au collet restent dans les normes citées par Lamhamdi (1997) qui affirme qu'un bon plant forestier devrait atteindre un objectif de 20 à 25 cm de haut et 3 à 4 cm de diamètre.

Concernant la surface foliaire, l'état de santé faiblement endommagé a légèrement réduit cette dernière pour les deux vagues V1 et V2 avec des taux respectif de 18 % et 21 %. Pour les fortement endommagé, le taux de réduction augmente vigoureusement, soit 86 et 89 % respectivement. La déprédation semble contribuer à la diminution de l'activité photosynthétique.

Nos résultats ont donc mis en évidence que la déprédation des glands par les insectes, a considérablement réduit la vitesse de croissance des semis en fonction de l'intensité de l'infestation. La réduction de la croissance en hauteur des tiges est de 77 % ; du diamètre : 78 % ; du nombre de feuilles : 62 à 65 % ; de la surface foliaire : 86 % pour les feuilles de la

vague 1 et 89 % pour les feuilles de la vague 2. Ces résultats sont parfaitement comparables avec d'autres études sur les chênes (Oliver et Chapin, 1984 ; Fukumoto et Kajimura, 2000 ; Branco et al, 2002). Selon Bouchaour-Djabeur et al., (2011), les dégâts cotylédonaire affectent la sensibilité des glands et des semis de chêne-liège résultants et peuvent très bien être le facteur principal d'une mortalité ultérieure.

9.4.3. Allongement caulinaire, repos apparent, croissance foliaire et hétéroblastie

La diversité des rythmes biologiques est grande (Millet, 1987). Selon les espèces et le climat, la succession d'étages de ramifications nettement distinctes souligne l'existence d'une activité rythmique de la croissance (Crabbé, 1993).

Les semis de chêne-liège issus de glands à différents état de santé et à partir de divers producteurs, cultivés en condition semi-contrôlées, ont subi des changements au niveau des composantes spatio-temporelles. Ils présentent une croissance rythmique, caractérisée par une « succession ininterrompue d'unités structurales correspondant aux vagues de croissance » (Alatou, 1990).

Pour un semis issu d'un gland sain, ces unités structurales couvrent une phase d'allongement caulinaire de 3 à 4 semaines et une phase de repos apparent du bourgeon apical de 2 à 3 semaines. Le repos n'est qu'apparent, car des promordia foliaires sont formés sans arrêt (Alatou, 1990). La durée d'allongement caulinaire diminue peu pour les trois dernières vagues, alors que les périodes de repos restent identiques à celle de la première vague.

Concernant les composantes spatiales, le nombre d'ensembles foliaires à limbe assimilateur diminue progressivement d'une vague de croissance à la suivante et l'hétéroblastie reste faible et marquée par un nombre réduit d'écailles et de limbes avortés (0 à 3). Ces limbes assimilateurs sont en général de taille normale (40 à 50 mm), séparés par des entre-nœuds nombreux et modérément longs.

Pour le morphologiste, c'est souvent grâce à la présence sur un axe d'entre-nœuds longs et courts qu'est attribuée au végétal la faculté de croître de façon rythmique (Alatou, 1990). Nous constatons que la croissance rythmique du témoin est bien marquée et approximativement identique à celle décrite par Alatou (1990) à 12°C J.L. (16 h / 24 H) au moins durant les deux premières vagues :

- Les durées d'allongement sont approximativement comparables à celles du repos apparent.
- Les entre-nœuds sont assez longs, associés à des feuilles de taille moyenne également.
- La réduction de la longueur de la feuille va de pair avec la réduction de la longueur des entre-nœuds.
- Le plastochrone apparent est irrégulier.
- Les vitesses d'allongement de la tige ne sont pas forcément en opposition de phase avec celles d'extension des feuilles, l'une ne se fait pas au dépend de l'autre, l'arrêt caulinaire précède toujours l'arrêt de croissance des feuilles. Toutefois, ce n'est pas aussi marqué que pour le chêne pédonculé et le chêne zeen (Alatou, 1990).

Le chêne liège montre donc une capacité faible mais régulière d'allongement des entre-nœuds, associée à une organogenèse pareillement régulière qui permet d'orienter le développement vers une croissance prolongée. A quelques exceptions faites, l'allongement de la tige est en relation avec l'émission des feuilles, qui est plus active quand l'allongement de la tige est plus intense et qui diminue lorsque la croissance caulinaire ralentit (Maillard et al., 1987).

Le passage d'un étage à l'autre reste marqué par une ou deux feuilles de petite dimension associées à des entre-nœuds plus courts, et par un nombre d'écaillés réduit (0 à 3). Sur le plan morphologique, nous constatons qu'il y a un lien entre la longueur de la feuille et celle de l'entre-nœud observé pour les semis sains et faiblement endommagés. Selon Maillard et al. (1987), cette relation entre la longueur de la feuille et l'entre-nœud dans le cas de *Terminalia superba* n'est pas générale, chez le Mandarinier commun, la longueur des feuilles varie d'une façon aléatoire. Selon les mêmes auteurs Les feuilles exercent une influence stimulatrice sur la croissance des entre-nœuds ; ainsi, elles exercent très tôt un rôle régulateur sur les divisions cellulaires et donc sur la croissance à venir des entre-nœuds.

L'infestation faible du gland n'a presque pas d'effet sur la morphogénèse du jeune plant. Cependant, pour les semis issus de glands fortement endommagés, nous observons des changements. Concernant les composantes temporelles, les durées des phases d'allongement

caulinaire sont hétérogènes, beaucoup plus d'une vague de croissance à l'autre que d'un état de santé à l'autre. Si ces dernières sont relativement identiques, les repos apparents par contre enregistrent un accroissement pour les (Ft), singulièrement du simple au double durant V2 et V3.

Concernant les composantes spatiales, la taille des feuilles ne dépasse pas 30 mm de longueur en V2 et demeure strictement inférieure à 30 mm de long en V3 et V4. L'hétéroblastie est aussi faible. L'allongement moyen journalier de l'axe caulinaire diminue considérablement de celui des sains. Le plastochrone apparent est de plus en plus réduit de celui des sains enregistrant les taux de réduction suivants :

- V1 : 23 % pour (F) et 76 % pour (Ft)
- V2 : 33 % pour (F) et 66 % pour (Ft)
- V3 : 42 % pour (F) et 71 % pour (Ft)
- V4 : 50 % pour (F) et 58 % pour (Ft)

Nous remarquons que l'infestation importante du gland agit négativement sur la croissance rythmique des semis. Un certain désordre s'avère, particulièrement pour le lien entre la longueur de la feuille et celle de l'entre-nœud, mais aussi pour l'émission des feuilles qui diminue fortement en V3. Cette émission des feuilles en V3 diminue autant pour les sains ou les faiblement endommagés. Les semis ayant édifié une à quatre vagues de croissance varient beaucoup d'un arbre à un autre (ou de ceux récolté du sol), selon l'état sanitaire du gland et au sein du même état de santé.

La base fondamentale du rythme semble être la composante la plus stable du rythme. Les très jeunes feuilles en croissance ont vraisemblablement un rôle majeur dans le déterminisme de la croissance rythmique, il nous semble que les besoins en protéines nécessaire à leur édification et à leur constitution pourraient se faire aux dépens de la croissance de l'entre-nœud associé, favorisant de ce fait leur accumulation près du méristème (Alatou, 1990).

9.4.4. Caractères biochimiques

De nombreux changements se produisent au niveau du métabolisme des tissus des plantes face à un stress, de nature biotique qu'il soit ou abiotique. Nos résultats sur les glands et semis (feuilles, tiges et racines) de chêne-liège, montrent que l'incidence du stress biotique

se traduit par des variations dans les teneurs en proline et sucres solubles. De plus, ces variations pour les semis divergent amplement selon l'intensité de l'infestation et de l'organe considéré, reflétant probablement des mécanismes de tolérance différents.

En effet, pour les glands, les teneurs en proline et en sucres solubles sont plus importantes au niveau de ceux infestés. Pour les organes des semis également, avec des différences extrêmement significatives, intra et inter-organes comme intra et inter-états de santé. Cette accumulation pourrait s'expliquer par une réponse du gland ou du semi au stress, en utilisant une stratégie de défense inductive, c'est donc une adaptation au stress.

Les semis issus des glands fortement endommagés accumulent les plus fortes teneurs en proline au niveau des tiges, suivies par des teneurs moindres au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance. Le processus d'accumulation de la proline dans les tissus foliaires est considéré comme un critère d'adaptation aux stress (Nana et al., 2009). Pour une réponse au stress biotique, ces résultats sont relativement comparables avec ceux de Mekaoussi (2015), montrant que les plantes de certaines variétés de blé dur infestées par *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera : Aphididae) dans la région de Batna (Algérie), accumulent plus de proline que les plantes saines. Au contraire, l'accumulation faible au niveau des racines ne semble pas corroborer les résultats de Vezina et Paquin (1982) ; Rached-Kanouni (2013), montrant que l'effet des basses températures induit une accumulation préférentielle de la proline dans le système racinaire résultant probablement du transfert à longue distance de la proline des parties aériennes vers les racines.

Pour les sucres solubles, les teneurs les plus élevées s'accumulent cette fois au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance, alors que les teneurs les plus faibles sont observées au niveau des tiges et des racines. Ces résultats semblent être en accord avec ceux de Ferhati (2007) qui dévoile l'effet des températures extrêmes sur la forte accumulation des sucres solubles au niveau des feuilles de la vague 2, alors que la valeur minimale est observée chez les tiges. L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par la majorité des plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu.

Par ailleurs, en considérant un stress du même type (biotique), ces résultats sur les sucres solubles, semblent être en contradiction avec ceux de Mekaoussi (2015) pour le blé, il montre que les valeurs faibles des sucres chez les plantes infestées seraient dues à la prise de nourriture par les pucerons. Jean-Luc et al., (2005), ont également étudié l'effet de

l'infestation sur le profil métabolique d'apex de variétés de pêcher sensibles et résistantes au puceron vert, ils ont observé notamment une baisse de la teneur de la plupart des sucres et acides organiques, de certains acides aminés (glutamine, thréonine).

La proline, autant les sucres solubles, sont des métabolites qui s'accumulent dès que la plante subit un stress perturbant le fonctionnement de son cycle. En effet, ces deux composés ont toujours montré des accumulations importantes des semis de chêne-liège ou autre végétal face à différents stress abiotiques (Damesin et al., 1996 ; Flexas et Medrano, 2002 ; Aranda et al., 2007 ; Puértolas et al., 2008 ; Rached-Kanouni et al., 2012), seulement pour le stress biotique, rappelons-le qu'en notre connaissance, nous n'avons pas trouvé des travaux comparables, raison pour laquelle nous ne pouvons s'étaler davantage.

Néanmoins, le travail de Saouli (2009) sur le dosage des protéines, glucides et lipides des glands de chêne-liège en fonction de l'infestation, révèle que ces derniers sont riches en métabolites surtout quand ils ne sont pas attaqués. Les contenus en lipides et en glucides sont très important au niveau de l'amande, ils diminuent de huit fois lorsque les glands sont fortement attaqués pour les lipides, alors que le métabolisme glucidique ne semble pas être perturbé par l'infestation. De très petites quantités de protéines ont été trouvées, mais qui diminuent aussi nettement en fonction de l'attaque des insectes. Concernant les polyphénols, le pourcentage et la concentration de chacun des composés sont variables en fonction de la partie du gland extraite et du type du solvant utilisé. Le dosage de la composition phénolique des glands infestés (troués) a permis d'extraire de grandes quantités de polyphénols avec l'éthanol comme solvant. Comme elle a mis en évidence de fortes corrélations entre le contenu en polyphénols et les activités antimicrobienne, anti-oxydante et antimycotique.

Toutefois, le fait que les teneurs les plus élevées sont observées uniquement au niveau des tiges et feuilles de V2 pour la proline et au niveau des feuilles de V2 pour les sucres solubles, nous pouvons déduire que la tolérance des semis de chêne-liège au stress biotique n'est pas liée uniquement à la présence de proline et sucres, mais aussi que d'autres molécules participeraient à cette réponse adaptative.

Des centaines de gènes ont leur expression régulée par les sucres chez la plante ; le comportement de l'insecte lui permet de sélectionner sa plante hôte en évitant les plantes défavorables (Derridj et al. (2011). Les insectes lépidoptères comme la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* et le carpocapse des pommes et des poires *Cydia pomonella*, perçoivent par

contact les sucres solubles à la surface des plantes comme des signaux influençant la reconnaissance de la plante et le dépôt de leurs œufs (Lombarkia et Derridj, 2002). Les organismes moins mobiles (nématodes, micro-organismes phytopathogènes) ont aussi, malgré leur faible autonomie, des moyens de reconnaître la plante (Derridj et al. (2011).

L'action de sucres solubles pulvérisés en infra doses à la surface des plantes cultivées a été testée sur divers bio-agresseurs (insectes, nématodes, champignons pathogènes), en perturbant leur reconnaissance de la plante comme « bonne à envahir ». En France, Derridj et al. (2011), montrent que pulvérisés en infra-doses à la surface des plantes, ils constituent des signaux systémiques qui induisent des réactions en chaîne de la plante aboutissant à une résistance vis-à-vis de l'insecte ; l'augmentation des doses n'augmente pas la résistance. Celle-ci agit sur les signaux biochimiques de surface de feuilles qui influencent la ponte de l'insecte ; l'application de la technologie en conditions agronomiques en verger de pommiers confirme les études poursuivies en conditions semi-artificielles sur maïs et pommier.

Nous pourrions déduire que l'accumulation simultanée ou non de ces deux composés suivant l'état de santé permet aux jeunes semis de supporter l'infestation. Le processus de concentration des sucres solubles et / ou de la proline dans les tissus foliaires des plantes stressées est reconnu comme une caractéristique d'adaptation (Kameli et Losel, 1995), et pourrait constituer une réponse qui influencera les pontes de l'insecte, particulièrement le carpocapse.

Pour les glands, ce stress biotique a engendré des taux d'augmentation de 291 % en proline et de 106 % en sucres solubles par rapport aux sains. Pour les semis, les taux d'augmentation sont de l'ordre de 58 % en proline au niveau des tiges et de 33 % en sucres solubles au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance.

En conséquence, la concentration en tanins (Steele et al., 1993), la masse cotylédonaire, une stratégie d'échappement par la germination précoce avant la maturité larvaire et une stratégie de défense en accumulant la proline et les sucres solubles, pourraient constituer des traits défensifs et agir conjointement pour réduire l'incidence de la déprédation des glands par les insectes sur la régénération naturelle. Tous ces traits varient considérablement, cette variabilité serait lié aux conditions écologiques et stationnelles d'une part, et au génotype de la semence ou de la plante en général d'autre part.

Conclusion Générale

Compte tenu de ses caractéristiques botaniques, physiologiques et écologiques d'une part et de son intérêt socio-économique d'autre part, le chêne-liège a été et reste toujours une des plus importantes espèces de la forêt méditerranéenne dans les zones humides, subhumides et semi-arides. Bien que les plantations forestières sont incriminées de se substituer aux écosystèmes naturels et à leur avantages écologiques, notamment la biodiversité, elles contribuent énormément à soulager la pression exercée sur les forêts naturelles.

Nous ne saurions achever cette étude sans souligner la situation actuelle des subéraies algériennes. Elle est loin d'être satisfaisante, leur régression graduelle devient de plus en plus préoccupante, et les causes sont bien connues, notamment le problème épineux de la régénération. La régénération naturelle étant très aléatoire et hétérogène, celle artificielle à base de glands pourrait être une alternative pour pallier au déficit en peuplement de relève. Seulement, les facteurs influençant la régénération du chêne-liège sont nombreux et complexes et l'intensité relative de chacun de ces derniers est variable d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre au sein du même pays

A travers notre recherche au niveau du massif forestier Hafir-Zarieffet, nous avons tenté d'étudier la variabilité de la glandée de chêne-liège et la déprédation des glands par les insectes, l'évaluer et en dégager le comportement morpho-physiologique des semis issus des glands à différents états sanitaires (sains, faiblement et fortement endommagés). Elle nous a permis de tirer de nombreuses conclusions qui restent cependant relativement partielles à cause des difficultés rencontrées pour analyser toutes les subéraies de l'Ouest algérien à conditions géographiques, écologiques et climatiques différentes.

Les pluies proportionnellement suffisantes au développement normal du chêne-liège, constituent un facteur écologique déterminant pour retarder le dépérissement rapide du massif. Par ailleurs, l'absence de sylviculture et la forte compétition biotique prédisposent le stress généralisé du chêne-liège. Il a été noté l'absence des opérations sylvicoles (éclaircies, débroussaillage, assainissement, etc.) ou encore des interventions inappropriées à Zarieffet particulièrement (hauteur, nombre, coefficient et qualité du démasclage). En dehors des exploitations de liège, le peuplement est abandonné à son destin. L'affaiblissement dévoilé dans quelques placettes évolue graduellement dans le temps.

D'une manière générale, les deux subéraies présentent des structures irrégulières et très déséquilibrées. A Hafir, toutes les classes d'âge sont présentes avec une prédominance de vieux sujets. Le peuplement de Zarieffet se montre par contre plus ou moins jeune. La formation basse du matorral, offre une grande richesse en biodiversité végétale. L'aptitude d'autres espèces à se régénérer facilement comme le chêne vert et le chêne zeen, et donc à se réinstaller, constitue le risque le plus menaçant de disparition du chêne-liège.

La régénération naturelle est nulle dans la quasi-totalité des placettes, faible à moyenne dans certaines. Elle pourrait dépendre tout d'abord des conditions écologiques de chaque placette ; de la structure du peuplement ; de l'état de santé de l'individu ; des incendies répétés, de l'action pressante et permanente de l'homme et son troupeau, mais aussi de la forte irrégularité de la glandée ; le calibre des glands (de petite taille) et l'action des ravageurs dont les carpophages. Le ramassage systématique des glands et les charges pastorales démesurées et incontrôlées, exercent un effet néfaste sur les sols, qui deviennent compacts, mal aérés, avec un déficit hydrique marqué, contraignant ainsi toute régénération qu'elle soit naturelle ou artificielle.

Par ailleurs, nous assistons par endroit à une recrudescence de la régénération du chêne-liège principalement lorsqu'il est en mélange avec du chêne zeen, comme nous assistons à une régénération par rejet de souches modérée, suite aux mutilations diverses des arbres et des feux répétés, mais qui reste toujours faible par rapport aux autres subéraies de l'Afrique du Nord. Malheureusement, le rejet de souches ne peut se pratiquer indéfiniment et classiquement, il doit s'appliquer au contraire avec prudence, parce que la prédisposition du chêne-liège à rejeter diminue avec l'âge.

Nos résultats dévoilent aussi que l'indice d'abondance de la glandée est fonction de l'état sanitaire de l'individu, de l'âge, du nombre et du coefficient d'écorçage, mais aussi des conditions stationnelles et écologiques, pour les deux forêts :

- 50 % des chênes-liège alternent les glandées abondantes (classe 4) avec les glandées moyennes (classe 3) ;
- 35 % alternent les glandées nulles (classe 0) avec les glandées faibles (classe 2)
- 30 % alternent les glandées nulles (classe 0) avec les glandées très faibles (classe 1).

L'irrégularité des glandées pourrait résulter aussi de l'irrégularité de la floraison, elle-même dépendante des attaques des insectes défoliateurs, du gaulage, des mutilations des arbres et des conditions édapho-climatiques parfois sévères (gelée, sécheresse).

A Hafir-Zarieffet, il ne s'agit pas toujours de l'absence de floraison, parce que chaque année, beaucoup d'arbres fleurissent mais ne fructifient pas. Il s'agit éventuellement de l'infécondité observée chez la plupart des arbres adultes (chute précoce des fleurs, absence de pollinisation, absence de fécondation, non maturation des fruits, etc.) ; autant de l'effet de la sécheresse sur la floraison.

Concernant l'étude des glands, l'analyse statistique met en évidence l'effet prépondérant de l'arbre producteur sur la teneur en eau. Cependant, au moment de la dispersion, tous les glands des arbres sont fortement hydratés ($43 \% \leq TE \leq 52\%$), avec une disparité plus ou faible de cette variable au sein de la même placette. Ceux du sol (HSOL et ZSOL), avoisinent 40 %, avec au contraire des valeurs très dispersées.

Les glands ont des tailles et des formes distinctes allant de la forme arrondie sphérique à la forme sub-cylindrique, donnant ainsi des glands de grand calibre, moyen et petit calibre. De même, l'appartenance des glands infestés au grand calibre comme au moyen et petit calibre, dévoile qu'il n'y a pas de préférence dimensionnelle pour l'infestation des insectes, elle est donc aléatoire et les insectes attaquent aussi bien les grands glands que les petits sans distinction.

Vu la période de récolte (précoce), nos glands présentent la propriété d'être moins infestés par les agents pathogènes, principalement le champignon *Ciboria batschiana* qui risque de causer des dégâts importants en inhibant leur germination et en hypothéquant leur viabilité.

L'étude sanitaire des glands, révèle également que la distribution en catégories distinctes suivant les diverses provenances (arbres et sols), est très variable (entre 8 et 60 % de glands sains). L'examen qualitatif des glands non sains, dévoile des glands vides (1 à 13 %) ; des glands nains (2 à 23 %) et des glands pourris (34,72 % à Hafir et 15,38 % à Zarieffet). Certains glands apparemment sains, restent sphériques et de petites dimensions, leur développement pourrait être compromis par des colonies de pucerons (*Thelaxes dryophila Schranck*), qui se rassemblent au cours de l'hiver entre les écailles de la cupule.

Conclusion générale

Les résultats sur la déprédation des glands montrent que ces derniers sont attaqués par trois insectes appartenant à deux ordres, les coléoptères et les lépidoptères. Il s'agit de deux espèces à grand intérêt économique, très remarquables par leur taux et leur biologie : le charançon *Curculio elephas* Gyll. (Coleoptera : Curculionidae) et le papillon *Cydia fagiglandana* Zel. (Lepidoptera : Tortricidae). Nous avons recensé également 0,83 % de larves non déterminées d'un autre *Lepidoptera* (Tortricidae) pour tout le massif.

Les trous étaient à différents niveaux des glands, les insectes parcourent le milieu du gland et rarement la partie supérieure. Les deux ravageurs n'ont pas une préférence absolue pour une partie particulière du gland. Néanmoins, la majorité des glands présentent des trous au niveau de la partie basale (sous la cupule ou en bordure de cette dernière), singulièrement les trous de *Curculio elephas*.

Bien que les taux d'infestation varient beaucoup d'un individu à l'autre, d'un lot (arbres ou sols) à l'autre et d'un ravageur à l'autre pareillement, les deux insectes sont très présents dans les glands de tous les individus étudiés. Au niveau individu, l'infestation de *Cydia fagiglandana* est très hétérogène par rapport à celle de *Curculio elephas*.

Les arbres de Hafir (HA) sont moins infestés (32 %) que ceux de Zariéffet (45,24 %) par *Cydia fagiglandana*, alors que *Curculio elephas* dévoile des taux presque similaires, respectivement 21,83 et 21,19 % pour Hafir et Zariéffet. Pour les lots des sols, ceux de Zariéffet sont remarquablement infestés par *Curculio elephas* (58 %) et à peine 11 % par *Cydia fagiglandana*. Ceux de Hafir présentent une infestation moyenne aussi bien par *Curculio elephas* (50 %) que par *Cydia fagiglandana* (45 %).

Au niveau forêt (arbres et sols), *Cydia fagiglandana* se manifeste plus à Zariéffet (41,04 %) qu'à Hafir (33,18 %), alors que *Curculio elephas* affiche des proportions presque identiques pour Hafir (24 %) et Zariéffet (26 %).

A grande échelle, au niveau massif (arbres et sols des deux forêts), les glands des arbres sont plus infestés par *Cydia fagiglandana* (37,45 %) que par *Curculio elephas* (21,57 %); ceux des sols sont au contraire plus infestés par *Curculio elephas* (54,17 %) que par *Cydia fagiglandana* (28,33 %).

En moyenne, au niveau forêt, les glands des arbres (HA et ZA) révèlent une infestation moyenne (26,92 %) pour Hafir et forte (33,26 %) pour Zariéffet. Les glands des sols (HS et

ZS) des deux forêts affichent une infestation forte, mais plus grave à Hafir (47,50 %) qu'à Zarieffet (35 %).

La distribution de l'infestation du massif Hafir-Zarieffet (HZ) par groupes d'arbres, nous donne :

- 11,76 % de chênes-liège à faible infestation (≤ 15 %),
- 41,18 % de chênes-liège à infestation moyenne ($16 \leq TI \leq 30$ %)
- 47,06 % de chênes-liège à forte infestation (≥ 31 %).

Pour l'ensemble des glands étudiés du massif Hafir-Zarieffet, la dispersion moyenne de la déprédation (*Cydia* et *Curculio*) des glands par arbre est de 29,51 %. Son incidence sur le recrutement des semis est sérieuse (60 % de réduction) pour les fortement endommagés et faible (7 %) pour les faiblement endommagés.

La surface moyenne infestée est presque identique pour les arbres qu'ils soient de Hafir ou de Zarieffet (respectivement 10,35 % et 12,40 %) et de même pour les glands ramassés des sols des deux forêts (≥ 50 %). Les deux forêts présentent sensiblement la même intensité d'infestation, environ 32 %.

Le type de colonisation des deux phytophages pourrait nous orienter à connaître l'incidence de l'un sur l'autre. La proportion des glands colonisés par deux foreurs (0,79 %) est très insignifiante par rapport à celle des glands colonisés par chaque espèce séparément (99,21 %). Ceci serait lié soit aux relations et la compétition interspécifique, soit aux différents schémas de comportement à coloniser le fruit du chêne-liège.

Les différences d'infestation, entre arbres et sols, indiquent à première vue, qu'il est plus facile d'obtenir un fruit infesté au sol que de le recueillir sur arbre. On a tendance à voir que le taux d'infestation est plus important sur sol que sur arbre. Le fait que les glands du sol de Zarieffet (ZS) sont infestés à 11 % seulement par *Cydia*, pourrait être expliqué par la période d'émergence des larves qui s'étale généralement d'octobre à décembre pour *Curculio* et s'attarde à décembre-janvier pour *Cydia*.

Basé sur les schémas de comportement, des périodes de mise en attaque et les résultats obtenus, nous pouvons dire que les deux herbivores ont tendance à être très sélectifs pour le choix des fruits où ils vont se développer. Les deux phytophages semblent préférer achever leur développement larvaire dans un seul fruit. Les larves de *Cydia fagiglandana* semblent

être plus exigeantes concernant leur distribution. La proportion des glands à deux trous d'émergence, concernait *Curculio elephas*.

A grande échelle, le taux d'infestation ne montre pas une grande différence entre les deux forêts, mais entre les individus ou entre les placettes des deux forêts, les différences seraient liées à des spécificités locales dans l'abondance d'arbres très sensibles aux attaques d'insectes. Aussi, l'estimation de la variabilité par le biais de corrélations dégage que le lépidoptère semble préférer particulièrement les glands plus ou moins moyens, autant les jeunes arbres et que l'adulte de *Curculio elephas* préfère les expositions Nord.

Mais, il est important de noter que lorsqu'il s'agit d'une très mauvaise glandée, l'insecte n'épargne aucun gland qu'il soit petit, moyen ou grand. De même, le fait que beaucoup d'arbres âgés n'ont pas fructifié, ou même s'ils l'ont fait, c'est avec un indice d'abondance individuelle très faible (0,33), l'insecte, n'a que s'attaquer aux jeunes arbres pour se perpétuer.

Concernant l'incidence de la prédation des glands sur la germination et l'établissement des semis, rappelons que la germination en milieu naturel est liée au maintien de la teneur en eau minimale dont dépend le pouvoir germinatif et lorsque celle-ci diminue très vite, la germination s'affaiblit rapidement.

Les résultats de l'étude montrent que, quoique les glands sains donnent les meilleurs résultats, les glands endommagés par les insectes peuvent germer et donner de jeunes semis viables. Les glands sains (S) et faiblement endommagés (F) arrivent à 100 % de germination, qu'ils soient récoltés sur arbres ou ramassés du sol sans grande dispersion autour de la moyenne qui s'évalue respectivement à 69 % et 62 %.

L'émergence moyenne des glands sains des arbres atteint 81 % à Hafir. Cependant, les glands fortement endommagés (Ft) affichent généralement les taux les plus faibles (8 %) avec de grandes divergences entre les individus producteurs (un maximum de 67 %). Plus de 90 % des glands (Ft) de 64 % des arbres restent métaboliquement inactifs. Le taux de survie des plants, varie de la même manière que le taux d'émergence, il atteint 100 % chez les sains et 93,33 % chez les faiblement endommagés. Les fortement endommagés marquent aussi 57 % de survie. Ces glands restent viables et capables de donner des jeunes plantules tant que l'embryon n'est pas à 100% détruit.

Conclusion générale

La germination n'a aucune relation avec les caractéristiques biométriques et pondérales des glands. Le taux de germination augmente avec le temps. Les glands apparemment sains donnent en général un taux d'émergence satisfaisant dans les 20 jours qui suivent l'apparition de la première plantule. Dans le cas contraire, ils mettent plus de temps pour émerger.

La réduction du taux de germination (60 %) pour les fortement endommagés (Ft), semble être lié à la petite taille des glands de l'Ouest algérien qui font environ la moitié de ceux de l'Est algérien. 47 % seulement des glands produits avaient un poids sec supérieur à 1,5 g (environ 2 à 3 g de poids frais).

L'interaction des mécanismes de défense et de résistance semble être importante, du fait qu'ils peuvent dans une certaine mesure, survivre aux dommages causés par les insectes prédateurs, mais que ceci demeure étroitement lié au comportement du gland (stratégie d'échappement), au taux de l'infestation, ainsi qu'à la masse cotylédonaire.

La déprédation des glands par les insectes a peu d'effet sur la croissance des jeunes semis durant les premiers jours de leur développement, mais que cela se manifeste considérablement après, selon l'intégrité physiologique de l'amande, la masse et qualité cotylédonaire et l'intensité de l'infestation.

Pour les fortement endommagés, la réduction de la croissance en hauteur des tiges est de 77 % ; du diamètre : 78 % ; du nombre de feuilles : 62 à 65 % ; de la surface foliaire : 86 % pour les feuilles de la vague 1 et 89 % pour les feuilles de la vague 2. En règle générale, les dégâts cotylédonaires affectent la sensibilité des glands et des semis de chêne-liège résultants et peuvent très bien être le facteur principal d'une mortalité ultérieure (Bouchaour-Djabeur et al., 2011).

Les semis de chêne-liège issus de glands à différents état de santé et à partir de divers producteurs, cultivés en condition semi-contrôlées, ont subi des changements au niveau des composantes spatio-temporelles. Ils présentent une croissance rythmique endogène caractérisée par une succession d'unités structurales identiques. Chaque vague de croissance est sensiblement identique à la précédente et à celle qui la suit.

L'infestation faible du gland n'a presque pas d'effet sur la morphogénèse du jeune plant, alors que l'infestation forte l'affecte négativement. Les repos apparents augmentent

considérablement, notamment du simple au double durant V2 et V3. Concernant les composantes spatiales, l'intensité de l'infestation affecte l'allongement moyen journalier de l'axe caulinaire (croissance en hauteur) et le plastochrone apparent (diminution en nombre et taille des feuilles).

L'effet de l'infestation est significatif pour les paramètres biochimiques. Nos résultats montrent que les glands et les organes des semis de chêne-liège sont capables d'accumuler les différents osmolytes comme la proline et les sucres solubles en réponse au stress biotique. Les variations pour les semis divergent amplement selon l'intensité de l'infestation et l'organe considéré. L'accumulation de la proline est bien marquée au niveau des tiges, suivie par des teneurs moindres au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance. Pour les sucres solubles, les teneurs les plus élevées s'accumulent au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance. Nous pourrions déduire que l'accumulation simultanée ou non de ces deux composés suivant l'état de santé permet aux jeunes semis de supporter l'infestation.

En conséquence, la concentration en tanins (Steele et al., 1993), la masse cotylédonaire, une stratégie d'échappement par la germination précoce avant la maturité larvaire et une stratégie de défense en accumulant la proline et les sucres solubles, pourraient constituer des traits défensifs et agir conjointement pour réduire l'incidence de la déprédation des glands par les insectes sur la régénération naturelle.

Malgré leur rôle fondamental dans les écosystèmes, les insectes, sont encore mal connus. Leur rapport avec le règne végétal comme bio-agresseur ou comme auxiliaires, revêt une importance capitale pour mieux comprendre leurs fonctionnements individuel et populationnel, et leurs interactions avec les composantes de l'écosystème.

Une relation complexe semble exister entre les glands et les insectes. Mis à part les insecticides, d'autres études de traitements des glands ou des arbres producteurs mériteraient un intérêt particulier, notamment le développement des stratégies d'optimisation des défenses naturelles.

Aussi, comme mesures à prendre pour faire face à ce phénomène, la sylviculture spécifique se place en première position. Et pour promouvoir l'adaptation et la diversité de l'espèce, il est essentiel que la reforestation par régénération naturelle soit favorisée ; et / ou par l'usage des provenances locales ou éventuellement par des graines aptes à s'adapter à la station.

Conclusion générale

Il est important de rappeler que la régénération devra être contrôlée par l'étude des facteurs physiques et biotiques responsables, parce que le recrutement d'une espèce dans une communauté végétale est souvent limité par les événements qui se produisent lors des premiers stades de sa vie. La production des graines, la germination et la première phase de survie et de croissance sont sous le contrôle de nombreux facteurs abiotiques. Toutefois, ces facteurs ne sont pas les seuls qui agissent sur la régénération d'une espèce donnée, les interactions biotiques regroupant les interactions plante-plante ainsi que les interactions plantes-organismes (prédation) sont toutes aussi importantes.

Références bibliographiques

1. **A.E.F.C.O., 1868.** *Fascicule de propriété de la forêt domaniale de Zerdeb.* Sénatus Consulte, Non paginé.
2. **A.E.F.C.O., 1912.** *Description des peuplements de la forêt domaniale de Zariéffet.* Cantonnement de Tlemcen, Non paginé.
3. **A.E.F.C.O., 1914.** *Fascicule de gestion de la forêt domaniale de M'Sila de 1861 à 1950.* Cantonnement d'Oran. Non paginé.
4. **A.E.F.C.O., 1914a.** *Fascicule de gestion de la forêt de Djebel Khaar.* Non paginé.
5. **A.E.F.C.O., 1954.** *Relevés des travaux effectués dans la Forêt domaniale du Djebel Khaar entre 1867 et 1954, Inspection d'Oran.* Non paginé.
6. **A.E.F.C.T., 1976.** *Relevés des produits constatés de la forêt domaniale des Beni Bou Saïd entre 1901 et 1976.* Non paginé.
7. **A.E.F.C.T., 1978.** *Relevés des travaux effectués de la forêt domaniale des Beni Bou Saïd de 1901 à 1978.* Non paginé.
8. **A.E.F.C.T., 1995a.** *Relevés des produits constatés da la forêt domaniale d'Yfri entre 1949 et 1995. Inspection de Tlemcen.* Non paginé.
9. **A.E.F.C.T., 1995b.** *Relevés des travaux effectués de la forêt domaniale d'Yfri entre 1940 et 1995, Inspection de Tlemcen.* Non paginé.
10. **A.P.C.O.R., 2006.** *Rapport sur les subéraies méditerranéennes.* Association portugaise de liège, Guide, Non paginé.
11. **A.P.C.O.R., 2009.** *APCOR year book.* Guide, 83p.
12. **Aafi A., 2006.** *Etude de la diversité floristique de l'écosystème de chêne-liège de la forêt de la Mamora.* Thèse IAV Hassan-II, Rabat, 190 p.
13. **Abdenbi Z.E.A, 2003.** *Le dépérissement des forêts au Maroc : Analyse des causes et stratégie de lutte.* Science et Changements Planétaires/Sécheresse, Vol.14, n°4, 209-218.
14. **Abidi A. et Abid W., 2009.** *Evaluation de la qualité des glands de chêne-liège (Quercus suber L.) dans une séquence de la subéraie Tunisienne.* Projet de Fin d'étude. Diplôme de Licence appliquée en Biotechnologie, Inst., Supér. de Biotechnologie Béja, Tunisie, 40p.
15. **Achhal A., Akabli O., Barbéro., Benabid A., M'hirt O. Peyre C., Quezel P. et Rivas-Martinez S., 1980.** A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières du Maroc. *Rev. Ecologia mediterranea.* 5, 249p.
16. **Adjami Y., 2006.** *Etudes des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-Est Algérien): cas de la subéraie d'El- Mellah.* Mémoire d'ingénieur, Univ. Annaba (Algérie), 50p.

17. **Adjami Y., 2008.** *Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Etudes des facteurs de dépérissements du chêne-liège (Quercus suber L.). Essais insecticides contre les insectes du gland.* Mémoire de magistère Univ. Annaba(Algérie), 120p.
18. **Aime S., 1976.** *Contribution à l'étude écologique du chêne liège, étude de quelques limites.* Thèse Doctorat spécialisée : Université de Nice, 182 p.
19. **Aïnad-Tabet M., 1996.** *Analyses éco-floristiques des grandes structures de végétation dans les monts de Tlemcen (Approche phytoécologique).* Thèse Magister., Inst. Bio., Univ. Tlemcen, 110 p.
20. **Alaoui-Sossé B., Parmentier C., Dizengremel P. et Barnola P., 1994.** *Rhythmic growth and carbon allocation in Quercus robur. Starch and sucrose.* Plant Physiology and Biochemistry, 32, 331-339.
21. **Alatou D., 1984.** *Facteurs physiologiques de croissance interspécifique du chêne liège et du chêne zeen.* Univ. de Constantine, 123p.
22. **Alatou D., 1990.** *Recherche sur le déterminisme de la Croissance rythmique du chêne : Quercus pedunculata Ehrh - Quercus mirbeckii Durieu - Quercus suber L. - Etude morphologique, biochimique et écophysiological.* Thèse Doct. d'Etat en Sci. Nat. Univ. Blaise Pascal, Clermont II, France et Univ. Constantine, Inst. des Sci. de la nature, Algérie, 109p+Annexes.
23. **Alatou D., Aissani R. et Bousba D., 1995.** *Les composantes de la croissance de deux chênes méditerranéens.* Sciences et technologie, 6, 7-22.
24. **Alatou D., Barnola P., Lavaranne S. et Gendraud M., 1989.** *Caractérisation de la croissance rythmique du chêne pédonculé.* Plant Physiol. Bioch., 27(2), 275-280.
25. **Alcaraz C., 1982.** *La végétation de l'ouest Algérien.* Thèse Etat, Univ. Perpignan, 415 p.
26. **Alcaraz C., 1989.** *Contribution à l'étude des groupements à Quercus ilex et Quercus faginea subsp. tlemcenensis des Monts de Tlemcen (Algérie).* Ecologia .mediterranée, 1 (3-4), 15-32.
27. **Aldrich J., 2013.** *Karl Pearson's Biometrika: 1901–36.* Economics Division, School of Social Sciences, Univ. of Southampton, Southampton, SO17 1BJ, U.K., Biometrika (2013), 100, 1, 3–15.
28. **Alonso C., Garcia I.M., Zapata N., Perez R., 2009.** *Variability in the behavioural responses of three generalist herbivores to the most abundant coumarin in Daphne laureola leaves.* Entomologia Experimentalis et Applicata, 132, 76-83.
29. **Amandier L., 2002.** *La subéraie : biodiversité et paysage.* Vivexpo, biennale du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, 21 mai 2002, Vivès, Perpignan, 5p.
30. **Amandier L., 2006.** *Les causes de dépérissement des chênes-liège et chênes verts.* Séminaire Vitalité des peuplements des chênes lièges et des chênes vert : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre. Evora, Portugal, 3p.

31. **Amandier L., 2014.** *Régénérer la subéraie des Maures ?* « Journées techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 123-136.
32. **Americo M.S., Carvalho M. et Graça J.A.R., 2009.** *Cork bottle stoppers and other products.* In: J. Aronson, J.S. Pereira et J.G. Pausas (Ed.), *Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration.* Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK. 59-69.
33. **Anatole-Monnier L., 2014.** *Effets de la contamination cuprique des sols viticoles sur la sensibilité de la vigne à un cortège de bio-agresseurs.* Thèse de Doc. De l'université de bordeaux, Ecole doctorale de Sci. et Environnement, 40-57.
34. **Andersson C., 1992.** *The effect of weevil and fungal attacks on the germination of Quercus robur acorns.* Forest Ecol. Manage. 50, 247-251.
35. **Anonyme, 1914a.** *L'œuvre du reboisement en Algérie (1851-1910).* Bull. Stat. Rech. Forest. N. Afr., 1(2), 30 déc. 1914, 35-70.
36. **Anonyme, 1963.** *Les Comités de gestion agricole en Algérie.* Revue de l'Action Populaire, Avril 1963, Mainie, 485-486.
37. **Anonyme, 1988.** *Espace montagne / forêt.* INESG, 35p.
38. **Aranda I., Pardos M., Puertolas J., Jimenez M.D. et Pardos J.A., 2007.** *Water use efficiency in cork oak (Quercus suber) is modified by interaction of water and light availabilities.* Tree physiology, 27, 671-677.
39. **Argillier C., Flaconnet, G., Moussain, D. et Guehl, J.M., 1993.** *Techniques de production hors sol du cèdre de l'Atlas.* Coll.For. Maroc.
40. **Aronson J., Pereira J.S., et Pausas J.G., 2009.** *Cork Oak Woodland on the edge.* Islandpress. Washington. Covelo. London, 350p.
41. **Artigues S. et Lepoutre B., 1967.** *Influence du sol et de la densité du peuplement sur la faculté de rejeter du chêne-liège en forêt de la Mamora.* Ann. Rech. Forest. Maroc, 10, 23-113.
42. **Aubert G., 1995.** *Les peuplements de chêne liège dans le département du var : aspects écologiques.* ONF, Toulon, 50p.
43. **Aubert G., 1995.** *Les peuplements de chêne-liège dans le département du Var : aspects écologiques.* ONF, Toulon, 50p.
44. **Auclair A.N.D., Worrest R.G., Lachance D. et Martin H.C.1992.** *Climatic perturbation as a general mechanism of forest dieback.* In : *Forest decline concepts* / P. D. Manion, D. Lachance Eds. Saint-Paul (Minn.), American Phytopathological Society., 38-58.
45. **Ausenac G. et El Nour M., 1986.** *Reprise des plants et stress hydriques.* Rev. For. Fr., XXXVIII, 3, 264-270.
46. **Aussenac G., Guehl J.M., Kaushal P., Granier A. et Grieu P., 1988.** *Critères physiologiques pour l'évaluation de la qualité des plants forestiers avant plantation.* Rev. For. Fr. n° spécial, 131-149.

47. **Avila L. et Bernal C., 1998.** *Manual didáctico del taponero. Mérida, Junta de Extremadura.* IPROCOR, FUNDECYT, 199p.
48. **Azema J.P.H., 2004.** *Moulins du cuir et de la peau: moulins à tan et à chamoiser en France, XIIe .Edi.* Métiers techniques et artisans, France, 216p.
49. **B.N.E.D.E.R., 1979b.** *Etude d'inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord : Wilaya de Tlemcen.* Min. Agri. Rev. Agr., Alger, 156 p.
50. **B.N.E.D.E.R., 1984.** *Etat actuel de la subéraie et ses perspectives de valorisation.* Rapport, 28p.
51. **Bagnouls F. et Gausсен H., 1953.** *Saison sèche et indice xérothermique.* Bull. Hist. Nat., Toulouse, 88 (3-4), 193-239.
52. **Bagnouls F. et Gausсен H., 1953.** *Saison sèche et indice xérothermique.* Bull. Hist. Nat., Toulouse, 88(3-4), 193-239.
53. **Bakry M. et Abourouh M., 1996.** *Nouvelles données sur le dépérissement du chêne-liège (Quercus suber L.) au Maroc.* Ann. Rech. For. Maroc, 29, 24-39.
54. **Bakry M. et Abourouh M., 1996.** *Nouvelles données sur le dépérissement du chêne-liège (Quercus suber L.) au Maroc.* Ann. Rech. For. Maroc, 29, 24-39.
55. **Balachowsky A.S., 1963.** *Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptères, 1(2).* Masson et Cie, Paris, 1391p.
56. **Barbero M., Quezel P. et Rivas-Martinez S., 1981.** *Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré forestiers du Maroc.* Phytocoenologia. 9 (3), 311-412.
57. **Barnola P., Alatou D., Parmentier C. et Vallon C., 1993.** *Approche du déterminisme du rythme de croissance endogène des jeunes Chênes pédonculés par modulation de l'intensité lumineuse.* Annales des Sciences forestières, 67-76.
58. **Bary-Lenger A., Evard R. et Gathy P., 1979.** *La forêt.* Vaillant-carmane S. A. imprimeur liège, 611p.
59. **Batistini E., 1938.** *Les forêts de chêne-liège de l'Algérie.* Imp. Victor Heintz, Alger, 197p.
60. **Becker M. et Lévy G., 1983.** *Le Dépérissement Du Chêne, Les Causes Ecologiques : Exemple De La Forêt Du Tronçais Et Premières Conclusions.* Rev. For. Fr., 35(5), 341-356.
61. **Becker M., 1987.** *Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (Abies alba Mill.) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique.* Ann. Sci. For., 44, 379-402.
62. **Begon M., Harper J. L., Townsend C. R., 1990.** *Ecology: Individuals, Populations and Communities Blackwell.* Scientific Publications, 945p.
63. **Bekdouche F, 2010.** *Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérien).* Thèse. Doct. Fac.Sci. Agro. Et Sci. Biol. Univ. Tizi-Ouzou, 138p.
64. **Belabbes D., 1996.** *Le chêne-liège.* La forêt Algérienne n°1, février, mars, 26-30.

- 65. Belahbib N., Ouassou O., Dahmani J. et Douira A., 2005.** *Contribution à l'étude de l'introggression génétique entre Quercus suber et Q. rotundifolia (Lamk.) Trabut au Maroc par l'utilisation des marqueurs microsatellites.* Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n°26, 27, 31-34.
- 66. Belghazi B., Ezzahiri M., Amhajar M. et Benziani M., 2001.** *Régénération artificielle du chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc).* For. médit. 22(3), nov. 2001, 253-261.
- 67. Belhoucine L., 2008.** *Etude bioécologique du Platypus cylindrus (Col, Platipodidae) dans la suberaie de M'Sila(Oran). Etude particulière des champignons qui lui associés.* Thèse. Mag. Dept.Forest. Fac.Sci., Univ. Tlemcen, 80p.
- 68. Bellal W., 2008.** *Inventaire de l'entomophone du chêne-liège dans la subéraies du Nord-est Algérien.* Mémoire de magistère. Université d'Annaba.
- 69. Beltran R.S. 2002.** *Subéraies, biodiversité et production de liège.* IPROCOR. (En ligne). Vivexpo biennale du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, 21 Mai 2002, Vivès (Perpignon), (<http://www.vivexpo.org>, 2010).
- 70. Benabadji N. et Bouazza M., 2000.** *Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à Artemesia herba-alba.Aso. dans l'Oranie (Algérie occidentale).* Rev. Sécheresse 11 (2), 117-123.
- 71. Benabdeli K., 1996.** *Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale.* Doct. Es-sci. Univ. Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés . 356p + annexes.
- 72. Benabdeli K., 2009.** *Quelle stratégie pour la préservation des subéraies de l'Oranie ?* 1ème Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaire-Industriels. La Gestion des Subéraies et la Qualité du Liège : 19-20 octobre 2009, Dep. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, com. orale.
- 73. Benabid A., 1985.** *Les écosystèmes forestiers, pré forestiers et pré steppiques du Maroc : Diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement.* For. médit., 7(1), 53-64.
- 74. Benabid A., 1989.** *Ecologie, conservation et restauration des subéraies.* Cours, session de formation continue sur le liège, juin 1989 à l'E.N.F.I., Salé, 1-16.
- 75. Benabid A., 2000.** *Flore et écosystème du Maroc: évaluation et préservation de la biodiversité.* Ibis Press, Paris, 357p.
- 76. Benchetrit M., 1966.** *Les modalités de la dégradation des forêts dans le Tell oranais.* Revue de géographie de Lyon, Vol. 41, n°4, 303-338.
- 77. Bendaanoun M., 1998.** *Contribution à l'étude des facteurs écologiques, de l'impact de la dégradation et des aménagements sur la régénération des subéraies du Rif, du Moyen-Atlas oriental et de la Mamora (Maroc septentrional).* Annales de l'INRGREF, Tunis, Numéro spécial, 176-197.

- 78. Benest M. et Bensalah, 1995.** *L'éocène continental dans l'avant-pays alpin d'Algérie : Environnement et importance de la tectogénèse atlasique polyphasée.* Bull. Serv. Géol. Algérie, 6(1), 41-59.
- 79. Benest M., 1985.** *Evolution de la plateforme de l'ouest algérien et du nord-est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire.* Thèse Doc. Es Sci., fasc. 1 et 2, Univ. Lyon, 585p.
- 80. Benmacheri S., 1994.** *Etude bioécologique des insectes phyllophages et des mangeurs des glands de trois chênaies : subéraie, afareçaie et zeenaie de la forêt de Tamentout.* Thèse Magister, Univ. Annaba, 95 p.
- 81. Bensaid S., Gasmi A. et Benhafied, I., 2006.** *Les forêts d'Algérie de Césarée la romaine à ce jour.* Forêt Méditerranéenne, tome XXVII, n°3, septembre, 267-274.
- 82. Benseghir L.A., 1996.** *Amélioration des techniques de production hors sol du chêne-liège : conteneurs – substrat – nutrition minérale.* Mastère sci. for. E.N.G.R.E.F., Nancy. 28p.
- 83. Benseghir L.A., 1996.** *Amélioration des techniques de production hors sol du chêne liège : conteneurs - substrats - nutrition minérale.* Master Sci. For., ENGREF, Nancy, CEMAGREF, Aix En Provence et IML, Vives, 26p.
- 84. Bensid T., 1986.** *Etude d'une caténa dans la forêt de Zariffet.* Mémoire DES : Université de Tlemcen. 65p.
- 85. Bernays E.A. et Chapman R.F., 1994.** *Host-Plant Selection by Phytophagous Insects.* Chapman and Hall, New York, NY, USA, 312p.
- 86. Berriah A., 2014.** *Les reboisements de chêne-liège dans l'Ouest Algérien : bilan et perspectives d'amélioration.* Mémoire de Magister, Dep. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 127p.
- 87. Bertness M. D. et Callaway R., 1994.** *Positive interactions in communities.* Trends in Ecology and Evolution 5: 191-193.
- 88. Bewley J.D. et Black M., 1994.** *Seeds: Physiology of development and germination.* New York 2 nd Plenum Press.
- 89. Blottière J., 1930).** *Les Productions Algériennes.* Cahiers du Centenaire de l'Algérie n°IX, Comité national métropolitain du centenaire de l'Algérie, 95p.
- 90. Bonneau M. et Landmann G., 1988.** *Le dépérissement des forêts en Europe.* La Recherche, 205 (19), décembre 1988, 1542-1556.
- 91. Bonneau M. et Landmann G., 1988.** *Le dépérissement des forêts en Europe.* La Recherche, 205 (19), décembre 1988,
- 92. Bonnet-Massimberg M. et Muller C., 1977.** *De nouveaux espoirs pour la conservation des glands.* O. N. F., Tech. n°9, 47-45.

93. **Bouchachia S., 2010.** *Aperçu historique, état actuel et possibilité d'extension du chêne-liège dans la région de Tlemcen.* Mémoire de Magister, Dep. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 130p.
94. **Bouchafra A. et FravalA., 1991.** *Présentation du chêne-liège et de la subéraie.* In Villemant C. et Fraval A. : La faune du chêne-liège. Actes Editions, Rabat, 1-26.
95. **Bouchaour-Djabeur S. 2001.** *Diagnostic sanitaire de quelques subéraies de l'ouest algérien. Etude particulière des principaux insectes ravageurs.* Mémoire de Magister, Dep. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 158p.
96. **Bouchaour-Djabeur S. et Merabet E., 2015.** *Effet du substrat sur la croissance et le comportement des jeunes plants de chêne-liège (Quercus suber) élevés en pépinière (Région de Tlemcen).* Les actes du Med Suber 1 : 1. Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaires-Industriels sur la Gestion des Subéraies et la Qualité du liège. Les 19 et 20 octobre, Univ. Tlemcen, 124-131.
97. **Bouchaour-Djabeur S., 2013.** *Les insectes ravageurs du Chêne-liège au nord-ouest algérien.* Geo-Eco-Trop., 2013, 36, 175-184.
98. **Bouchaour-Djabeur S., Benabdeli K., Bejamaa M.L. et Stiti B., 2011.** *Déprédation des glands de chêne-liège par les insectes et possibilités de germination et de croissance des semis.* Geo-Eco-Trop, 2011, 35, 69 – 80.
99. **Boudy P., 1947.** *Considération sur l'évolution du climat en Afrique du Nord et en particulier au Maroc depuis la période préhistorique.* Soc. Sci. Nat. du Maroc. Compte rend. des séances mensuelles, 8, 1-7.
100. **Boudy P., 1948.** *Economie forestière nord-africaine.* Tome 1 : Milieu physique et milieu humain. Larose, Paris, 686p.
101. **Boudy P., 1950.** *Economie forestière nord-africaine.* Tome 2(1) : Monographie et traitements des essences forestières. Larose, Paris, 525p.
102. **Boudy P., 1951.** *Caractéristiques forestières et régénération du chêne-liège.* 1416, 13-17.
103. **Boudy P., 1952.** *Guide du forestier en Afrique du Nord.* La maison Rustique. Librairie Agricole, Horticole, Forestière et Ménagère. 26, Rue Jacob- Paris 6è., 505p.
104. **Boudy P., 1955.** *Economie forestière nord-africaine.* Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483p.
105. **Bouhraoua R.T., Piazzetta R. et Berriah A., 2014.** *Les reboisements en chêne-liège en Algérie, entre contraintes écologiques et exigences techniques.* « Journées techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 171-176.
106. **Bouhraoua, R.T, 2003.** *Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes.* Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ.Tlemcen, 267p.

- 107. Bouhraoua, R.T., Villemant, C., Khelil, M.A. et Bouchaour-Djabeur S. 2002.** *Situation sanitaire de quelques subéraies de l'ouest algérien : impact des xylophages.* Integrated Protection in Oak Forests, IOBC/wprs Bull. 25, 85- 92.
- 108. Bourlier, M., 1893.** *L'exploitation des forêts de chêne-liège.* Revue des Eaux et Forêts, juillet 1893, 309-310.
- 109. Bovey P., Linder A. et Müller O., 1975.** *Recherches sur les insectes des châtaignes au Tessin (Suisse).* Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen 126, 781-820.
- 110. Branco M., Branco C., Merouani H. et Almeida M.H., 2002.** *Germination success, survival and seedling vigour of Quercus suber acorns in relation to insect damage.* Forest Ecol. Manage. 166, 159-164.
- 111. Brand J.M., Bracke J.W., Wood D.L. et Browne L.E., 1975.** *Production of verbenol pheromone by a bacterium isolated from bark beetles.* Nature, 254, 136-137.
- 112. Brasier C. M., Ferraz J.E.P., Moreira A.C. et Kirk S., 1992.** *High mortality of cork oak in Portugal associated with Phytophthora cinnamomi.* Proceedings of an international congress "Recent advances in studies on oak decline". Selva di Fasano (Brindisi), Italy, 461-462.
- 113. Braun-Blanquet J., 1953.** *La végétation de l'étage alpin des Pyrénées orientales comparée à celle des Alpes.* Actas del Primer Congreso Internacional de Pireneistas, San Sebastian, 5-16.
- 114. Bricheteau J., 1954.** *Esquisse pédologique de la région de Tlemcen-Terni.* Ann. Inst. Agri., Serv. Rech. Exp. Agri., Algérie, 8(3), mai 1954, 28p.
- 115. Brun J., 2014.** *La régénération des subéraies varoises.* Master profes. Inst. De management public et gouvernance territoriale, Univ. Aix-marseille, 21-23.
- 116. Bullok J.M., 2000.** *Gaps and seedling colonization.* In Fenner, M. (Ed.) Seeds: The ecology of seeds regeneration in plant communities. Trowbridge, CAB International, 375-395.
- 117. Burt-Smith J. P. et Tilman D., 2003.** *Seedling resistance to herbivory as a predictor of relative abundance in a synthesised prairie community.* Oikos 101, 345-353.
- 118. C.E.F.M., 1863.** *Circonscription des eaux et des forêts de Maghnia.* Rapport sur les opérations effectuées en vertu du sénatus-consulte du 22 avril 1863 sur le territoire de la tribu de Béni Bousaid, commune mixte de Maghnia, département d'Oran. Non paginé.
- 119. C.F.W.M., 1989.** *Prévision d'exploitation du liège : Campagne 1989.* Circonscription de Tighenif, Mascara, 1p.
- 120. C.F.W.M., 1990.** *Procès-Verbal de reconnaissance et de limitation : Fiche descriptive d'affectation de parcelle domaniale.* Circonscription de Tighenif, Mascara, 4p.
- 121. C.F.W.M., 1992a.** *Représentation du district d'El Bordj.* Circonscription de Tighenif, 2p.

122. C.F.W.M., 1997. *Fiche descriptive de la forêt de Nador*. Circonscription des forêts de Tighenif, 2p.
123. C.F.W.O., 1996. *Forêts de la wilaya d'Oran : Présentation générale*. Dir. Gén. For., Min. Agri., juin 1996, 24p.
124. C.F.W.O., 2007. *Bilan des inventaires des incendies et d'exploitations du liège de la forêt de M'Sila*. Conservation d'Oran. 2p.
125. C.F.W.T., 1988. *Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Béni Bou-Saïd*. Circonscription de Maghnia, 6p.
126. C.F.W.T., 1992. *Fiche technique de mise en valeur du chêne-liège dans le canton El M'nara*. Circonscription de Ghazaouet, 2p.
127. C.F.W.T., 1995a. *Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Hafir, Canton Oued Fernane*. 4p.
128. C.F.W.T., 1995b. *Bilan des incendies des forêts domaniales Hafir et Zarieffet*. Non paginé
129. C.F.W.T., 1996. *Bilan d'exploitation de liège des forêts domaniales Hafir et Zarieffet*. Non paginé.
130. C.F.W.T., 1996a. *Répartition des forêts domaniales de la circonscription par district et par commune*. Circonscription de Tlemcen, 4p.
131. C.F.W.T., 1996b. *Bilan des inventaires de l'exploitation de liège de la forêt de Zerdeb*. Circonscription de Tlemcen, District d'Ouled Mimoun, 2p.
132. C.F.W.T., 2012a. *Bilan d'exploitation de liège des forêts domaniales Hafir et Zarieffet*. Non paginé.
133. C.F.W.T., 2012b. *Bilan des incendies des forêts domaniales Hafir et Zarieffet*. Non paginé
134. C.I.P.S., 2005. *Code international des Pratiques Subéricoles. Fonds Européen de Développement Régional Initiative Communautaire*. Interreg III .12p.
135. C.O.I.T., 1883. *Fascicule de propriété de la forêt domaniale de Zarieffet*. Cantonnement de Tlemcen est. 3 octobre 1883, Non paginé.
136. C.O.I.T., 1900. *Fascicule de propriété de la forêt domaniale d'Hafir*. Cantonnement de Tlemcen est, Non paginé.
137. C.O.I.T., 1933. *Fascicule de propriété de la forêt domaniale de Béni BouSaïd*. Cantonnement de Tlemcen, Février 1933, Non paginé.
138. C.O.I.T., 1964. *Fascicule de gestion de la forêt domaniale d'Yfri*. Circonscription de Tlemcen, Non paginé.
139. C.O.I.T., 1969a. *Fascicule de gestion de la forêt domaniale d'Aïn Essouk*. Cantonnement de Tlemcen-est, de 1914 à 1969, Non paginé.

140. **C.O.I.T., 1969b.** *Fascicule de gestion de la forêt domaniale d'Aïn Essouk.* Circonscription de Tlemcen, de 1962 à 1969, Non paginé.
141. **C.O.I.T., 1969c.** *Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Hafir : 15 cantons.* Circonscription de Tlemcen de 1979-1986. Non paginé.
142. **C.O.I.T., 1969d.** *Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Sidi Hamza.* Circonscription de Tlemcen, Wilaya de Tlemcen. Non paginé.
143. **C.O.I.T., 1977.** *Etat de recensement des forêts domaniales.* Administration des Eaux et Forêts de la wilaya de Tlemcen, Circonscription de Tlemcen. 20 Mars 1977, 7p.
144. **C.O.I.T., 1979a.** *Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Zerdeb.* Cantonnement de Tlemcen, 4p.
145. **C.O.I.T., 1979b.** *Fiches descriptives des forêts domaniales de Zerdeb et d'Aïn Essouk.* Circonscription de Tlemcen, District d'Ouled Mimoun, 4p.
146. **Calu G., 2006.** *Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles : Arabidopsis thaliana et Thellungiella halophila.* Trends in Plant Science, 1-8.
147. **Camus A., 1938.** *Les chênes- Encyclopédie économique de sylviculture.* Ed. Le chevalier, Tome 4, Paris, 459-663.
148. **Caritat A., Molinas M. et Gutierrez E., 1996.** *Annual cork-ring width variability of Quercus suber L. in relation to temperature and precipitation (Extremadura, southwestern Spain).* For. Ecol. Manage 86, 113-120.
149. **Carrion J.S., Parra I., Navarro C. et Munuera M., 2000.** *The past distribution and ecology of the cork oak (Quercus suber) in the Iberian Peninsula. A pollen-analytical approach.* Diversity and distribution 6, 29-44.
150. **Carvalho J.B. et Morais C.J.E., 1996.** *Análise da florestaço em Portugal 1966-1995, Reunião de Especialistas em Reabilitação de Ecossistemas Florestais Degradados.* Instituto Florestal. Lisboa, Portugal. Non paginé.
151. **Casevitz-Weulersse, 1981.** *Aspects de la faune du chêne-liège (Quercus suber L.) lors d'une pullulation de Lymantria dispar L. (Lep., Lymantridae) et de Malacosoma neustria L. (Lep., Lasiocampidae) en Sardaigne.* Bull. Ecol., 1(4), 355-364.
152. **Caspary H.J., 1991.** *Forest decline and soil acidification as biospheric aspects of the hydrological cycle.* IAHS Publ., 204, 485-494.
153. **Chaabna Bouzitoune S., 2012.** *Etude des facteurs de dépérissement du chêne-liège (Quercus suber L.). Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien.* Mémoire de Magister, Dép. Biologie, Fac. Sci., Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 67-88.
154. **Chadigan M., Fraval A., Ramzi H. et villemant C., 1991.** *Insectes xylophages. In: La faune du chêne-liège. Documents scientifiques et Techniques.* Actes Editions, Rabat, 129-156.
155. **Chakali G., Attal-Bedreddine A. et Ouzani, H. 2002.** *Les insectes ravageurs des chênes, Quercus suber et Q. ilex, en Algérie.* Integrated Protection in Oak Forests, IOBC/wprs Bull. 25, 93-100.

- 156. Champagnat P., Barnola P. et Lavarenne S., 1986a.** *Quelques modalités de la croissance rythmique endogène.* Naturalia monspeliensia n° hors-série, 279-302.
- 157. Champagnat P., Payan E., Champagnat M., Barnola P., Lavarenne S. and Bertholon C., 1986b.** *La croissance rythmique de jeunes chênes pédonculés cultivés en conditions contrôlées et uniformes.* Naturalia monspeliensia, n° hors-série, 303-337.
- 158. Champreux P., 2001.** *Installation de chêne pubescent par semis in situ en conditions forestières méditerranéennes.* La feuille et l'aiguille, n° 422001.
- 159. Charlemagne A., 1894.** *Chêne-liège.* Notice sur les forêts domaniales de l'Algérie. Edit. Giralt, 39p.
- 160. Chaussat R. et Le Deunff Y., 1975.** *La germination des semences.* Gauthier-Villars, Paris, Non paginé.
- 161. Chollet, F. 1997.** *La régénération naturelle du Hêtre.* ONF. Bulletin technique n° 32, Non paginé.
- 162. Chouial A., Djellabi A. et Kahia F., 2004.** *La culture du chêne-liège en pépinière hors sol.* Bull. Rech. For. Jijel, 7p.
- 163. Clark J.S., Beckage B., Camill P., Cleveland B., HilleRisLambers J., Lichter J., Mclachlan J., Mohan J. et Wyckoff P., 1999.** *Interpreting recruitment limitation in forests.* American Journal of Botany 86, 1-16.
- 164. Clauzade G., 1971.** *Les forêts climatiques non riveraines et les groupements végétaux résultants de leur destruction.* Bull. de l'union des Naturalistes, Ecole Nor. d'Avignon, Fas. 200, 298-313.
- 165. Côme D., 1992.** *Les végétaux et le froid.* Edit. Hermann, éditeurs des sciences et des arts Paris, 599p.
- 166. Come P., 1975.** *Acquisition de l'aptitude à germer « la germination des semences ».* INRA, Ganthier-Villars, Paris, 70-75.
- 167. Conedera M., Jermini J., Sassella A. et Sieber T.N., 2004.** *Récolte, traitement et conservation des châtaignes.* Notice pour le praticien, Institut fédéral de recherches WSL CH-8903 Birmensdorf, 12p.
- 168.** *conteneurs. Principe agronomique et application.* Ed. Louis Jean, Non paginé.
- 169. Coomes D.A. et Grubb P.J., 2003.** *Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups.* Trends in Ecology and Evolution 18, 283-291.
- 170. Coutin R., 1960.** *Estimation de l'importance des populations d'imagos de *Balanus elephas* Gyll. dans une châtaigneraie cévenole.* Revue de Zoologie Agricole et Appliquée 59, 1-5.
- 171. Crabbé J., 1993.** *La croissance rythmique des arbres, base de leur organisation temporelle.* In : Groupe d'Etude de l'Arbre, « Le rythme de croissance, base de l'organisation temporelle de l'arbre », Angers, 1-11.

172. **Crabbé J., 1996.** *A new conceptual approach to bud dormancy in woody plants.* In Plant Dormancy: Physiology, biochemistry and molecular biology, Ed. G.A. Lang. CAB international, Corvallis, Oregon, USA, 83-113.
173. **Crawley M.J. et Long C.R., 1995.** *Alternate bearing, predator satiation and seedling recruitment in Quercus robur L.* J. Ecol. 83, 683-696.
174. **Crawley M.J., 2000.** *Seed predators and plant population dynamics.* In: Fenner, M. (Ed.), Seeds, the ecology of Regeneration in Plant Communities. CABI Publishing, Oxon, UK, 167-182.
175. **D.G.D., 2008.** *Liège et ouvrage liège.* Direction générale des Douanes, Exportations chapitre pays, 3p.
176. **D.G.F., 2009.** *Statistiques des produits forestiers.* Min. Agri. , Alger, 1p.
177. **D.G.F., 2003.** *Statistiques des produits forestiers.* Min. Agri., Alger, 1p.
178. **D.G.F., 2013.** *Analyse de la politique du secteur forestier et des secteurs connexes en Algérie.* 81p.
179. **D'Hubert E., 1902.** *Le bois. Le liège.* Ed. Librairie J.-B. Baillière et fils, 88-91.
180. **Daget Ph., 1977.** *Le bioclimat méditerranéen, caractère généraux, méthodes de classification.* Vegetatio, 34, 1, 1-20.
181. **Daget Ph., 1980.** *Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen : le climat.* Nat. Monsp. , H.S. 101, 1-126.
182. **Dagnelie P., 1973.** *L'analyse de la variance et les plans d'expérience: principes généraux et exemples.* Ind. Chim. Belge 38 (11), 1132-1138.
183. **Dahmani M., 1984.** *Contribution à l'étude des groupements à chêne vert des monts de Tlemcen (Ouest algérien). Approche phytosociologique et phyto-écologique.* Thèse Doc. 3^o Cycle, Univ. H.Boumedienne, Alger, 238p+ annexes.
184. **Damesin C., Galera C., Rambal S. et Joffre R. (1996).** *Effects of elevated carbon dioxide on leaf gas exchange and growth of cork oak (Quercus suber L.) seedlings.* Ann. Sci. For., 53: 461-467.
185. **De Beaucorps et al., 1956.** *Le sol. Ses caractères intrinsèques.* Ann. Rech. For. Maroc. Tome 4, Fascicule 2, 29-46.
186. **De Chantal M., 2003.** *The effects of site and soil properties on the establishment and early development of Pinus sylvestris and Picea abies regenerated from seeds.* Helsinki University, Department of Forest Ecology, Dissertation. ISBN 952-10-0992-6.
187. **De Martonne E., 1926.** *Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité.* La Meteorologie, 449-458. Grumeza N. and Kleps Cr., 2005. Irrigation Designs i
188. **Debrach J., 1953.** *Notes sur les climats du Maroc occidental.* Maroc médical. 32(342), 1122-1134.

- 189. Dehane B., 2006.** *Incidences des facteurs écologiques sur les accroissements annuels et la qualité du liège de quelques subéraies du nord-ouest algérien.* Mémoire de Magister Dept. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 129p.
- 190. Dehane B., 2012.** *Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne-liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux subéraies oranaises : M'sila (W.Oran) et Zarieffet (W. Tlemcen).* Thèse Doct. Dept. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 293p.
- 191. Dehlin H., Nilsson M.C., Wardle D.A., et Shevtsova, A., 2004.** *Effects of shading and humus fertility on growth, competition, and ectomycorrhizal colonization of boreal forest tree seedlings.* Canadian Journal of Forest Research 34, 2573-2586.
- 192. Delatour C. et Morelet M., 1979.** *La pourriture noire des glands.* Rech. Forest. Française, 31(2), 101-104.
- 193. Delatour C., 1983.** *Les dépérissements de chênes en Europe.* Revue forestière française, Vo. XXXV, n°4, 265-282.
- 194. Delauney A.J. et Verma D.P.S., 1993.** *Proline biosynthesis and osmoregulation in plants.* The Plant Journal, 4, 215-223.
- 195. Derbal R., 2000.** *Contribution à l'étude des insectes des glands des yeuseraies de la région de Ras-El-Oued (Bordj Bou Aréridj).* Mémoire Ing. Inst. Nat. Agro., El Harrach, 64p.
- 196. Derridj S., Arnault I., Nicholas A. E. Birch, Elad Y., Lombarkia N., Couzi P., Pierre P. et Auger J., 2011.** *Les sucres solubles, une opportunité pour l'agriculture durable ? Des expérimentations menées sur maïs, tomate, pomme de terre et pommier.* Phytoma-La Défense des Végétaux, n° 640 janvier 2011, 10-14.
- 197. Dessain G., 1992.** *Histoire de l'utilisation du liège.* In actes du colloque : Les subéraies méditerranéennes. Direction départementale de l'agriculture et de la forêt des Pyrénées orientales et l'association Vivexpo (France), 11-21.
- 198. Dethier V.G., 1982.** *Mechanism of host-plant recognition.* Entomologia Experimentalis et Applicata, 31, 49-56.
- 199. Diaz-Fernandez P.M. et Gil-Sanchez, 1998.** *La régénération naturelle dans les peuplements marginaux de chêne-liège.* In Actes du séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne-liège, Tabarka 22-24 Octobre 1996. Ann. INRGRF, n° Spécial, 22-34.
- 200. Dickson R.E., 1986.** *Carbon and distribution in young populus trees.* In: crown and canopy in relation to productivity. Ed. Fujimori and D. Whitehead, Ibaraki, Japan, 409-426.
- 201. Djebaili S., 1984.** *La steppe algérienne, phytosociologie et écologie.* O.P.U, Alger, 127p.
- 202. Djinnit S., 1977.** *Etude des facteurs limitants la régénération naturelle par semis de Quercus suber L dans la forêt domaniale de Guerouch.* Mém. Ing. INA Alger, 80p.

- 203. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. et Smith F., 1956.** *Colorimetric method for determination of sugars and related substances.* Analytical chemistry, 38, 350-356.
- 204. Durand C., Bellanger M. et Decoust M. 2004.** *Etat sanitaire de la subéraie Varoise; Impact du démasclage et de la présence de l'insecte *Platypus cylindrus*.* Travail d'étude et de recherche. Maîtrise de Biologie et des écosystèmes. Univ. Aix- Marseille.
- 205. Ehrlen J., Munzbergova Z., Diekmann M. et Eriksson O., 2006.** *Long-term assessment of seed limitation.* In plants: results from an 11-year experiment. Journal of Ecology 94, 1224-1232.
- 206. El Antry S. et Piazzetta R., 2014.** **Les techniques de régénération du chêne-liège au Maroc.** « Journées techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 161-170.
- 207. EL Hassani A., Graf P., Hamdaoui M., Harrachi K., Messaoudi J., Mzibri M et Stiki A., 1994.** *Ravageurs et maladies des forêts.* Royaume du Maroc-Ministère de l'agriculture et de la mise en valeur agricole- Direction de la protection des végétaux des contrôles Techniques et de la répression des Fraudes, Non paginé.
- 208. El Hassani M. et Dahmani D., 1996.** *Effet de certaines contraintes edaaphiques sur la régénération artificielle du chêne liège (*Quercus suber L.*).* Ann. Rech. For. Maroc, 151-159.
- 209. El Kairaouani, 1681.** *Histoire de l'Afrique.* Imprimerie royale, Paris. 518p.
- 210. El Tobi M., Ezzahiri M. et Belghazi B., 1998.** *Apport des techniques d'analyse multivariées à l'évolution de l'état de végétation des peuplements forestiers : Cas du chêne-liège en Mâamora (Maroc Atlantique).* Sécheresse, 3(9), septembre 1998, 219- 226.
- 211. El Yousfi M. 1991.** *La forêt de Bab-Azhar.* In Villemant C. et Fraval A. : la faune du chêne-liège. Actes éditions, Rabat, 11-12.
- 212. El-Hassani M. et Dahmani D., 1996.** *Effet de certaines contraintes édaphiques sur la régénération artificielle du chêne-liège (*Quercus suber L.*).* Ann. Rech. For. Maroc, 151-159.
- 213. Elie De la Primaudaie F., 1860.** *Le commerce et la navigation de l'Algérie.* Revue Algérienne et Coloniale, 387p.
- 214. Elmi S., 1970.** *Rôles des accidents décrochant de direction SSW-NNE dans la structure des monts de Tlemcen (ouest Algérie).* Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Univ. Alger. 61, 3-8.
- 215. Emberger , L., 1971 :** *Travaux de botanique et d'écologie.* Publié avec le concours du C.N.R.S. Ed. Masson et Cie, 520 p.
- 216. Emberger L., 1930.** *La végétation forestière et pré forestière de la Tunisie. Typologie et éléments pour la végétation.* Thèse Doct. Es Sciences. Univ. Aix Marseille III. 120p.

217. **Emberger L., 1939.** *Aperçu général sur la végétation du Maroc.* Veroff. Géobot. Inst. Rubel, 14, 40-157.
218. **Emberger L., 1942.** *Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique.* Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 77, 97-124.
219. **Emberger L., 1955.** *Une classification biogéographique des climats.* Natur. Monspl., Série Bot., 7, 3-42.
220. **Eriksson G., 1995.** *Some conditions of significance for forest tree gene conservation.* Report of the first two meeting 1-3 December 1994 and 26-27 February 1995, EUFORGEN *Quercus suber* Network, Rome, Italy, 23-26.
221. **Eskelinen A., Virtanen R., 2005.** *Local and regional processes in low-productive mountain plant communities: the roles of seed and microsite limitation in relation to grazing.* Oikos 110, 360-368.
222. **Fenner M., Kitajima K., 1999.** *Seed and seedling ecology.* In: Pugnaire, F.I., Valladares, F., Ed. Handbook of Functional Plant Ecology, Marcel Dekker, New York, 589-622.
223. **Féraud L.CH., 1868.** *Exploitation des forêts de la Karasta dans la Kabylie orientale sous la domination turque.* Revue africaine, 378-390.
224. **Féraud L.CH., 1869.** *Exploitation des forets de la Karasta dans la Kabylie orientale sous la domination turque.* Revue africaine, 151-160.
225. **Ferhati M., 2007.** *Comportement du chêne-liège (Quercus suber L.) aux températures extrêmes.* Mémoire Magister, Fac. Sci. Nat. et de la vie, Univ. Mentouri Constantine 64p.
226. **Feron M., Audemard H. et Balachowsky A.S., 1966.** *Super famille des cossidae.* In A.S. Balachowsky / Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome 2, Lépidoptères, Vol. 1, Paris, Masson, 39-59.
227. **Ferreira R. B., Monteiro S., Freitas R., Santos C. N., Chen Z., Batista L. M., Duarte J., Borges A. et Teixeira A. R., 2007.** *The role of plant defence proteins in fungal pathogenesis.* Molecular Plant Pathology 8, 677-700.
228. **Fischesser et Depuis-Tate, 1996.** *Le guide illustré de l'écologie.* Ed. de la Martinières, 319p.
229. **Flexas J. et Medrano H. (2002).** *Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non stomatal limitations revisited.* Annals of Botany, 89, 183-189.
230. **Foste, B. L., Tilman D., 2003.** *Seed limitation and the regulation of community structure in oak savanna grassland.* Journal of Ecology 91, 999-1007.
231. **Fourgues C., 2007.** *Bilan Carbone de différentes solutions de bouchage.* Synthèse.7p.
232. **Fox J.F., 1982.** *Adaptation of gray squirrel behavior to autumn germination by white oak acorns.* Evolution 36, 800-809.
233. **Fraval A. et Villement C., 1997.** *La Mamora et ses ennemis.* Le courrier de l'environnement de l'INRA, n°31.

234. **Fraval A., 1991.** *Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne-liège en forêt de Mamora.* Ann. Rech. For. Maroc, 25, 102-118.
235. **Frochot H. et Levy G., 1986.** *Facteurs du milieu et optimisation de la croissance initiale en plantation de feuillus.* Rev.For.Fr. XXXVIII-3, 301-306.
236. **Fukumoto H. et Kajimura H., 2000.** *Effects of insect predation on hypocotyl survival and germination success of mature Quercus variabilis acorns.* J. Forest Res. 5, 31-34.
237. **Fukumoto H. et Kajimura H., 2001.** *Guild structures of seed insects in relation to acorn development in two oak species.* Ecol. Res. 16, 145-155.
238. **G.G.A., 1927.** *Instruction sur les travaux d'exploitations dans les forêts de chêne-liège.* 96p.
239. **G.G.A., 1931.** *Carte des essences forestières. Direction de l'Agriculture et de la colonisation, Service cartographique.* Imp. J. Carbonel, Alger, Non paginé.
240. **Galiba G., 1994.** *In vitro adaptation for drought and cold hardiness in wheat.* Plant Breeding Reviews, 12, 115-162.
241. **Gaouar A., 1980.** *Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie).* For. médit. 2(2), 131-145.
242. **Garolera E., 1988.** *Problèmes et perspectives de la production du liège en Catalogne espagnole.* Non paginé.
243. **Garolera E., 1988.** *Problèmes et perspectives de la production du liège en Catalogne espagnole.* For. Médit. 10(1), juillet 1988, 160-161.
244. **Garrec J.P., Kerfourn C. et Laita E., 1989.** *Étude des surfaces foliaires des arbres dépérissants.* Ann. Sci. For., 46, 547-552.
245. **Garrigue J., Magdalou J. A. et Hurson C., 2008.** *Les effets de la canicule et de la sécheresse sur la forêt de la Massane (Pyrénées Orientales).* Forêt Méditerranéenne, Tome XXIX, (2), 183-188.
246. **Gautier M.E.F., 1930.** *L'évolution de L'Algérie de 1830 À 1930.* Cahiers du Centenaire de L'Algérie-III, 42p.
247. **Gettas A., 2013.** *Croissance et structure d'un taillis de chêne-liège (Quercus suber L.) dans la forêt domaniale des Béni Ghobri, Yakouren.* I.N.R.F Station régionale de Tizi-Ouzou (Algérie), 8p.
248. **Ghanem R., 2014.** *Facteurs biotiques impliqués dans l'état sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Effet des insectes ravageurs sur les feuilles et les glands.* Thèse. Doct. 3ème cycle Dép. Biol. Fac. Sci., Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 104-015.
249. **Ghouil H., Montpied P., Epron D., Ksontini M., Hanchi B. et Dreyer E., 2003.** *Thermal optima of photosynthetic functions and thermostability of photochemistry in cork oak seedlings.* Tree Physiol. 23, 1031-1039.

250. Gil L. et Varela M.C., 2008. *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for cork oak (Quercus suber)*. Bioversity International, Rome, Italy. 6p.
251. Girard S., Clement C., Boulet-Gercourt B. et Guehl J.M., 1997. *Effects of exposure to air on planting stress in red oak seedlings*. Ann. Sci. For. 54, 395-401.
252. Gleeson D., Lelu-Walter M.A. et and Parkinson M., 2005. *Overproduction of proline in transgenic hybrid larch (Larix x leptoeuropaea (Dengler)) cultures renders them tolerant to cold, salt and frost*. Molecular Breeding, 15, 21-29.
253. Gols R., Bukovinszky T., Van Dam N.M., Bullock J.M., Harvey J.A., 2008. *Performance of generalist and specialist herbivores and their endoparasitoids differs on cultivated and wild Brassica populations*. J. Chem. Ecol., 34, 132-143.
254. Gorai M., Tlig T. et Neffati M., 2009. *Influence of water stress on seed germination characteristics in invasive Diplotaxis harra (Forssk.) boiss (Brassicaceae) in arid zone of Tunisia*. Journal of Phytology 14, 249-254.
255. Goumand B. et Rouse A., 1988. *Transformation et consommation de liège en France*. For. médit. 10(1), juillet 1988, 172-176.
256. Gourinard Y., 1958. *Recherches sur la géologie du littoral Oranais*. Pub. Service de la carte géologique de l'Algérie. Bull.n°6, 200p.
257. Goussanem M., 2000. *L'étude prospective du secteur forestier en Afrique (F.O.S.A.). Algérie [en ligne]*, Rome, FAO, 60 p. (<https://ftp.fao.org/docrep/fao/003/X6771F/X6771F00.pdf>, 2010).
258. Gravot A., 2009. *La réponse de stress chez les végétaux*. Université de Rennes 1, 34p.
259. Greco J., 1966. *L'Erosion. La défense et la restauration des sols. Le reboisement en Algérie*. Bull. du Ministère et de la réforme agraire, 19-34.
260. Gross K.L., Mittelbach G.G. et Reynolds H.L., 2005. *Grassland invisibility and diversity: Responses to nutrients, seed input, and disturbance*. Ecology 86, 476-486.
261. Guaouar A., 1980. *Hypothèse et réflexion sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen*. Revue Forêt méditerranéenne, Tome 2, 131-146.
262. Guaouar A., 1998. *Esquisse pédagogique : les types de sols rencontrés dans le territoire du parc national de Tlemcen*. Document interne département de forêt, Université
263. Hachechena S., 1995. *Contribution à l'étude des techniques de renouvellement de Quercus suber dans la forêt domaniale de Bainem*. Th. Ing. INA. El-Harrach. Alger, 70p.
264. Haldimann P. et Feller U. (2004). *Inhibition of photosynthesis by high temperature in oak (Quercus suber L.) leaves grown under naturel condition correlates with a reversible heat dependent reduction of the activation state of ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase*. Plant, cell and environment, 27, 1169-1183.
265. Halle F. et Martin R., 1968. *Etude de la croissance rythmique de l'Hévée (Heveabrsiliensis Müll. arg. Euphorbiacées Crotonoïdées)*. Adansonia Sér, 28, 475-503.

- 266. Hamdaoui M., 1994.** *Les défoliateurs. Le Bombyx disparate.* In : Ravageurs et maladies des forêts au Maroc, eds. El Hassani, Graf, Hamdaoui, Harrachi, Messaoudi, Mzibri and Stiki, D.P.V.C.T.R.F, 91-96.
- 267. Hamrouni A., 1994.** *Végétation forestière et pré forestière de la Tunisie : Typologie et éléments pour la gestion.* *Revue Des régions arides*, 6/94, Inst. Reg. Arides, Medenine, 42p.
- 268. Hanson P. J., Dickson R.F., Isebrands J.G., Grow T.R. et Dixon R.K., 1986.** *A morphological index of Quercus seedlings ontogeny for use in studies of physiological and growth.* *Tree Physiol.* 2, 273-281.
- 269. Hanson P.J., Isebrands J.G., Dickson R.F. et Dixon R.K., 1988.** *Ontogeny patterns of CO₂ exchange of Quercus rubra L. Leaves during three flushes of shoot growth. Insertion gradients of leaf photosynthesis.* *For. Sci.*, 34(1), 69-76.
- 270. Hardegree S.P. et Emmerich W.E., 1990.** *Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution saturated filter paper.* *Plant Physiology* 92: 462-466.
- 271. Hardin M.R., Benrey B., Coll M., Lamp O., Roderick G.K., Barbosa P., 1995.** *Arthropod pest resurgence : an overview of potential mechanisms.* *Crop Protection*, 14, 1, 3-18.
- 272. Hare P.D. et Cress W.A., 1997.** *Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants.* *Plant Growth Regul.*, 21, 79-102.
- 273. Harfouche, A., 2003.** *Guide pratique pour la reconnaissance des arbres et peuplements porte-graines, la récolte, le traitement, la conservation. Et le semis en pépinière des glands de chêne-liège.* I.N.R.F., 31p.
- 274. Harper J.L., 1977.** *Population biology of plants.* London, Academic Press, Non paginé.
- 275. Hasnaoui B., 1992.** *Chênaies du Nord de la Tunisie, Ecologie et génération.* Thèse Doc. d'état en sciences naturelles, Univ. de Provence Aix Marseille I, 202p + annexes.
- 276. Hasnaoui B., 1998.** *Régénération naturelle chêne-liège : difficultés et proposition de solutions.* In Actes du séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne-liège, Tabrka, 22-24 Octobre 1996, Ann. INRGREF, n° Spécial, 126-147.
- 277. Hasnaoui, B. 1995.** *Déséquilibre de l'écosystème forestier et ses conséquences sur la faune sauvage en Tunisie : cas du sanglier et du Cerf de Béerberie.* *Forêt Méditerranéenne*, tome XVI, n° 3, 361-368.
- 278. Houard C., 1912.** *Les Zoocécidies du Nord de l'Afrique.* *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 81, 255p.
- 279. Houston D.R., 1967.** *Dieback and decline of northeastern hardwoods.* *Trees*, Vol. 28, 12-14.
- 280. Hulme P.E. et Benkman C.W., 2002.** *Granivory.* In: *Herrera, C.M., Pellmyr, O. (Eds.), Plan-Animal Interactions-An Evolutionary Approach.* Blackwell Science, Oxford,

132-154.

- 281. I.P.R.O.C.O.R., 2000.** *Manuel didactique du leveur et de l'ouvrier spécialisé dans les travaux d'exploitation du liège.* Projet LEOSUBER, version française, 231p.
- 282. I.S.T.A., 1985.** *Association internationale d'essais de semences : Contrôle et certification des semences et plants.* Non paginé.
- 283. Jacamon M., 1987.** *Guide de dendrologie.* Tome 2, Feuillus, E.N.G.R.E.F., Nancy, 256p.
- 284. Jean-Luc P., Jean Philippe L., Annick M., Marie-Helene S., Noëlle C. M., Catherine D., Claire D., Christel R., Monique G., Mickael M., Michele L., 2005.** *Effets de l'infestation sur le profil métabolique d'apex de variétés de pêcher sensibles et résistantes au puceron vert.* Réseau français de métabolomique et fluxomique, Toulouse, 1p.
- 285. Kadik B., 1987.** *Contribution à l'étude du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill. L.) en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie.* O.P.U., Alger, 314p.
- 286. Kaïd-Slimane L., 2000.** *Etude de la relation sol-végétation dans la région nord des monts de Tlemcen (Algérie).* Thèse Mag., Départ. Bio., Fac. Sc., Univ. Tlemcen, 129p + Annexes.
- 287. Kameli, A. et Lösel, D.M., 1995.** *Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress.* Journal of Plant Physiology, 145, 363-366.
- 288. Kaushal B.R. et Kalia S., 1989.** *The effects of Dicranoganathus nebulosus (Coleoptera: Attelabidae) on acorns of Quercus leucotrochophora.* Ecol. Entom. 14, 239-241.
- 289. Kazi-Tani L.M., 1996.** *Esquisse pédologique des zones à vocation forestières (monts des Traras et monts de Tlemcen).* Thèse Ing. , Inst. For., Univ. Tlemcen, 69p.
- 290. Kelly C.K. et Hanley M.E., 2005.** *Juvenile growth and palatability in co-occurring, congeneric British herbs.* Am. J. Bot., 92, 1586-1589.
- 291. Kennedy G.G. et Storer N.P., 2000.** *Life systems of polyphagous arthropod pests in temporally unstable cropping systems.* Annual Review of Entomology, 45, 467-493.
- 292. Khaldi A. Benjamâa M.L. et Stiti B., 1999.** *Les glands des chênes lièges et agents pathogènes : essais de conservation et de lutte.* Integrated Protection in Oak Forests, IOBC/wprs Bull. 22 (3), com. affichée.
- 293. Ksontini M., 1996.** *Etude écophysiological des réponses à la contrainte hydrique du chêne-liège (Quercus suber) dans le Nord -Tunisie : comparaison avec le chêne kermes (Quercus coccifera) et le chêne zeen (Quercus faginea).* Thèse Doc.de l'univ. Sci. et techniques de l'environnement, Univ. Paris XII-Val De Marne, 157p.
- 294. Ksontini M., Louguet Ph., Laffray D. et Rejeb M.N., 1998.** *Comparaison des effets de la contrainte hydrique sur la croissance, la conductance stomatique et la photosynthèse de jeunes plants de chênes méditerranéens (Quercus suber, Q. coccifera, Q. faginea) en Tunisie.* Ann. For. Sci. 55, 477-495.

295. **Kursar T.A., Coley P.D., 2003.** *Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests.* Biochem. Syst. Ecol., 21, 929-949.
296. **Lamey A., 1893.** *Le chêne-liège : sa culture et son exploitation.* Ed. Berger-Levrault, Paris, 289p.
297. **Lamhamdi M.S., 1997.** *Evaluation des composts de substrats et de la qualité des plantes : Pinus pinea, Pinus halepensis, Cupressus sempervirens et Quercus suber, élevés en conteneurs.* Projet Bird n°3601, DGF, Non paginé.
298. **Lamhamdi M.S., 2007.** *Technique, technologie et performance.* Coll. Transfert des connaissances des plants aux plantations, Centre des congrès du Québec, 28p.
299. **Landmann G., 1988.** *Le dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique à longue distance : Les réseaux d'observation et le programme interministériel DEFORPA.* La Santé des Forêts, France, Min. Agri. For. (DERF), Paris, 13-51.
300. **Landmann G., 1994.** *Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers.* Rev. For. Fr. XLVI-5, 405-413.
301. **Landmann G., 1996.** *La santé des forêts françaises : Synopsis.* Rev. La santé des forêts, France, Minist. Agric. et de la pêche, Paris, 6-10.
302. **Lanier L., Joly P., Bondoux P. et Bellmere A., 1976.** *Micologie et pathologie forestière.* Vol. 2, Pathologie forestière. Ed. Masson Paris, 560p.
303. **Lapie G. 1928.** *La Sylviculture Française dans la Région Méditerranéenne .* ENEF, Ecole nationale des eaux et forêts, Nancy (FRA), 20p.
304. **Lavarenne S., Champagnat P. et Barnola P., 1971.** *Croissance rythmiques de quelques végétaux ligneux de régions tempérées cultivés en chambres climatisées à température élevée et constante et sous diverses photopériodes.* Bull. Soc. Bot. Fr, 118, 131-162.
305. **Lavarenne S., Champagnat P. et Barnola P., 1975.** *Influence d'une même gamme de températures sur l'entrée et la sortie de dormance des bourgeons de frêne (Fraxinus excelsior L.).* Physiologie Végétale, 13, 215-224.
306. **Le Houerou H.N. 1980.** *L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne (1 ère partie).* Rev. For. médit., II, 31-44.
307. **Le Houerou H.N., Claudin J. et Pouget M., 1977.** *Etude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1000.000.* Bull. Soc. Hist. Nat. Afri. Nord, 1977, 36-40.
308. **Leadem C. L., Gillies S. L., Yearsley H. K., Sit V., Spittlehouse D. L. et Burton P. J., 1997.** *Field studies in seed biology.* British Columbia Ministry of Forests, Victoria, BC.
309. **Leborgne N., Teulières C., Travert S., Rols M.P., Teissie J. et Boudet A.M., 1995b.** *Introduction of specific carbohydrates into Eucalyptus gunnii cells increases their freezing tolerance.* Europ J Biochem, 229 710-717.

- 310. Lechanie K., 2006.** *La gestion durable de la subéraie Algérienne.* Séminaire du 30-31 octobre 2006, D.J.F., El Taref (Algérie), com. orale.
- 311. Lefebvre H., 1900.** *Les forêts de l'Algérie et de la Tunisie.* Ed. Giralt. 230 p.
- 312. Leiva M.J. et Fernandez-Alès R., 2005.** *Holm-oak (Quercus ilex subsp.ballota) acorns infestation by insects in mediterranean dehesas and shrublands : its effects on acorn germination and seedling emergence.* Forest Ecol. Managmt. 212, 221-229.
- 313. Lemaire F, Martigus A, Riviere L.M., et Charpentier S., 1989.** *Culture en pots et en conteneurs. Principes agronomiques et applications.* INRA, Parie, 184p.
- 314. Leonardi S., Rapp M., Failla M. et Komaromy E., 1992.** *Biomasse, minéralomasse, productivité et gestion de certains éléments biogènes dans une forêt de Quercus suber L. en Sicile (Italie).* Ecol. Médit., 18, 89-98.
- 315. Lepoutre B., 1965.** *Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Mamora.* Ann. Rech. Forest. Rabat, 9, 1-86.
- 316. Leprince O., Hendry G.A.F. et McKersie B.D., 1993.** *The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds.* Seed Sci Res., 3, 231-246.
- 317. Lequy R., 1970.** *L'Agriculture algérienne de 1954 à 1962.* Revue de l'Occident Musulman et de la Méditerranée, N°8, 1970, 41-99.
- 318. Lesica P. et Allendorf F.W., 1995.** *When are peripheral populations valuable for conservation ?* Conservation Biology. 9 (4), 753-760.
- 319. Letourneau D.K., jedlicka J.A., Boyhowell S.G., Moreno C.R., 2009.** *Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems.* Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 40, 573-592.
- 320. Letreuch-Belarouci A., 2010.** *Caractérisation structurale des suberaies du Parc National de Tlemcen, régénération naturelle et gestion durable.* Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ. Tlemcen, 211p.
- 321. Letreuch-Belarouci N., 1991.** *Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir.* Vols. 1-2. OPU, Alger, 294p.
- 322. Lombarkia N. et Derridj S., 2002.** *Incidence of apple fruit and leaf surface metabolites on Cydia pomonella oviposition.* Entomologia Experimentalis et Applicata, 104, 79-87.
- 323. Louro G., 1999.** *Avaliação da aplicação de programas de apoio à floresta na região do Algarve.* Direcção Geral das Florestas (DGF- Lisboa), Portugal, Non paginé.
- 324. Lumaret R., Tryphon-Dionnet M., Michaud H., Sanuy A., Ipotesi I., Born C. et Mir C. 2005.** *Phylogeographical variation of chloroplast DNA in Cork oak (Quercus suber).* Annals of Botany 96, 853-861.
- 325. M'hirit O., 1993.** *Biodiversité et conservation in situ au Maroc. Réseau des ressources phytogénétiques pour la zone de l'Asie et de l'Ouest et de l'Afrique du Nord.* 4-8.

- 326. Mabsoute L., 1981.** *Influence de l'état de l'arbre de chêne-liège sur les performance et de reproduction de Lymantria dispar.* Rabat, De. Zol. Inst. Agron. Vét. Hassane II, Mémoire Ingénieur phytiatre, 34p.
- 327. Mac Arthur R., 1994.** *Cork oaks and cork : A new Zeland perspective. The grove Picton. New Zeland.* Blenheim Print, Non paginé.
- 328. Madoui A., 2002.** *Les incendies de forêt en Algérie. Historique, bilan et analyse.* Forêt méditerranéenne, Tome 23, n° 1, 23 p.
- 329. Madsen P. et Larsen J.B., 1997.** *Natural regeneration of beech. Fagus sylvatica L. with respect to canopy density, soil moisture and soil carbon content.* Forest Ecology and Management 97, 95-105.
- 330. Maeto K. et Ozaki K., 2003.** *Prolonged diapause of specialist seed-feeders makes predator satiation unstable in masting of Quercus crispula.* Oecologia 137, 392-398.
- 331. Maher N., 2002.** *Sélection du site de ponte chez Lobesia botrana (Lepidoptera, Tortricidae) : Influence de l'information chimique non-volatile présente sur les fruits des plantes hôtes.* Université Bordeaux 2, 204 p.
- 332. Maillard P., Jacques M., Miginiac E. et Jacques R., 1987.** *Croissance de jeunes Terminalia superba en conditions contrôlées.* Ann. Sci. For., 44(1), 67-84.
- 333. Maire R., 1926.** *Note phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie avec une carte/ Alger.*
- 334. Maire R., 1961.** *Flore de l'Afrique du nord.* Vol. 7. Paul Lechevalier, Paris, 329p.
- 335. Malencon G., 1937.** *L'hypoxylon sertatum, parasite des chênes-liège marocains.* Bull. Soc. Sci. Nat. (Maroc), 17, 127-131.
- 336. Malherbe A., 1839 :** *Notice sur quelques espèces de chênes, et spécialement sur le chêne liège.* Ed. Verronnais, 36p.
- 337. Mangenot G., 1942.** *La race en botanique.* Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris, IX° Série, Tome 7, fascicules 1-3, 3-11.
- 338. Manjauze A., 1958.** *Les aspects agronomiques du reboisement en Algérie.* Cahier des Ingénieurs Agronomes. Extr. Paris, 6p.
- 339. Manos P.S. et Stanford M.A., 2001.** *The historical biogeography of Fagaceae: tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere.* Int. J. Plant Sci. 162(6 Suppl.): S77-S93. 2001. The University of Chicago. 1058-5893.
- 340. Manos P.S., Zhou Z.K. et Cannon C.H., 2001.** *Systematics of Fagaceae : phylogenetic tests of reproductive trait evolution.* International Journal of Plant Sciences 162, 1361-1379.
- 341. Mantovani A. et Iglesias R.R., 2010.** *The effect of water stress on seed germination of three terrestrial bromeliads from restinga.* Revista Brasileira de Botânica 33, 201-205.

- 342. Marc, H., 1916.** Notes sur les forêts de l'Algérie. Typographie, Adolphe Jourdan, 331p.
- 343. Marc, H., 1930.** Notes sur les forêts de l'Algérie. Collection du Centenaire de l'Algérie. Larose, Paris, 702p.
- 344. Marion J., 1955.** *La régénération naturelle du chêne-liège en Mamora.* Ann. Rech. For. Maroc. Rapport annuel, 25-57.
- 345. Marion J., 1956.** *Contribution à la régénération du chêne-liège par rejets de souches.* Ann. Rech. for. Maroc, 4(1), 27-61.
- 346. Marion, J. 1951.** *La régénération naturelle du chêne-liège en Mamora.* Ann. Rech. For. Maroc. Rapport annuel, 25-57.
- 347. Marras F., Franceschini A. et Maddau L., 1995.** *Les principales maladies du chêne-liège (Quercus suber L.) en Sardaigne (Italie).* OILB/Srop Bull., 18(6), 8-13.
- 348. Matney D.T. et Hodges D.J., 1991.** *Evaluating regeneration success.* In: Duryea, M.L., Dougherty, P.M. Ed. Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic, Dordrecht.
- 349. Mattson W.J. et Haak R.A., 1987.** *The role of drought in Outbreaks of plant-eating insects. Drought's physiological effects on plants can predict its influence on insect populations.* BioScience., 37 (2), 110-118.
- 350. Maugard F., 1992.** *L'action des pathogènes d'équilibre sur les jeunes peuplements en état de faiblesse.* La santé des forêts (France), Min. Agri. Pêche (D.E.R.F.), Paris, 43-44.
- 351. Mauguet J.C., 1978.** *Influence d'une ablation totale du feuillage sur l'entrée en dormance de Noyer (Juglans regia L.).* C.R. Acad. Sci., 286, 745-748.
- 352. Mazher A.M. Azza, El Quesni F.E.M. et Farahat M.M., 2007.** *Responses of ornamental plants and woody trees to salinity.* Wood J. Agri. Sci, 3(3), 386-395.
- 353. Maziliak P., 1982.** *Physiologie végétale croissance et développement.* Vol 2, Ed. Herman, 461p.
- 354. Medail F. et Quézel P. 1997.** *Hot-Spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin.* Ann. Missouri Bot. Gard. 84, 112-127.
- 355. Meddour-Sahar S., Meddour R. et Derridj A., 2008.** *Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007).* Les notes d'analyse du CIHEAM, n ° 39, 11p.
- 356. Mekaoussi R., 2015.** *Etude de comportement variétal du blé dur (Triticum durum Desf.) vis-à-vis de Rhopalosiphum maidis (Homoptera : Aphididae) dans la région de Batna en vue de l'amélioration de la plante.* Mémoire de Magister, Univ. El-Hadj Lakhdar Batna (Algérie), Inst. Sci. Veterinaires et Sci. Agro., 127p.
- 357. Meloni DA., Gulotta MR., Martinez CA. et Oliva MA., 2004.** *Effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in Prosopis alba.* Braz. J. Plant. Physiol., Vol. 16, n°1, 8p.

- 358. Merouani H., 1996.** *Contribution à l'étude de la régénération naturelle du chêne liège (Quercus suber L.) Maturité et germination des glands.* Thèse Magi. Ecophysiol. Univ. Tizi-ouzou (Algérie), 122p.
- 359. Merouani H., Branco C., Almeida M.H. et Pereira J.S., 2001.** *Comportement physiologique des glands de chêne-liège (Quercus suber L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs.* Ann. For. Sci. 58 (2001), 143-153.
- 360. Merouani H., Trubat R., Lourenço M.J., Sampaio T., Santos M.L., Cortina J., Perira J.S. et Almeida M.H., 2005.** *Le développement de champignons, un facteur limitant la conservation à long terme des glands de chêne-liège (Quercus suber L.).* Integrated Protection in Oak Forests, IOBC/wprs Bull. 28(8), 129-136.
- 361. Messaoudène M. et Metna B., 2010.** *Etude de la qualité du liège des subéraies orientales de Tizi-Ouzou.* Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/WPRS Bull. Vol.57, 29-36.
- 362. Messaoudene M., 1984.** *Résultats des essais de semis directs du chêne-liège à Melata.* Rapport Interne, Inst. Nation. Rech. For. INRF, Algérie, 10p.
- 363. Messaoudene M., 2000.** *Réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège (Quercus suber L.) en Algérie.* La forêt algérienne, 5-9.
- 364. Messaoudene M., 2008.** *Reboisements de chêne-liège.* Unité de Recherche en Foresterie, Station Régionale de Tizi-Ouzou, Rapport 19 p.
- 365. Messaoudene M., 2009.** *Les reboisements en chêne-liège à Bejaia et Tizi-Ouzou.* Journées d'étude sur la réhabilitation des subéraies incendiées et Reboisement. Univ. de Tlemcen, Octobre 2009, 17p.
- 366. Messaoudene M., Menta B. et Djouher N., 1998.** *La régénération naturelle de des peuplements de Quercus suber L. dans la forêt domaniale des Beni-Ghorbi (Algérie).* Actes du séminaire Méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne-liège. Tabarka, Tunisie, 73-86.
- 367. Messaoudene M., Ourdani K., Rouha Z., Saadi N., Dergaoui M. et Rabahi M., 2011.** *Bilan physique des reboisements en chêne-liège dans la wilaya de Bejaia.* 2ème Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaire-Industriels. Univ. de Jijel : 18-19 octobre 2011, 25p.
- 368. Metro A., 1958.** *Forêts. Atlas du Maroc.* Institut Scientifique Chérifien, Rabat, 157p.
- 369. Mexal J.G. et Landis T.D., 1990.** *Target seedling concepts ; height and diameter.* Combined Meeting Western Forest Nursery Associations. Rose R., Ed., 13-17.
- 370. Meynier G., 1981.** *L'Algérie révélée.* Laib. Drose.Geneve, Paris, 315-316.
- 371. Mezali M., 2003.** *Forum des Nations Unies sur les forêts (3ème session, Genève).* Alger : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et Direction Générale des Forêts, 9p.

- 372. Miller J.R. et Strickler K.S., 1984.** *Finding and accepting host plants.* Chemical Ecology of Insects, Bell W.J., Cardé R.T., Chapman et Hall, London.
- 373. Millet B., 1987.** *Les rythmes dans le monde végétal. In le développement des végétaux, aspects théoriques et synthétiques.* Collectioo Biologie théorique 2 par G. Chauvet et H. Le Guyader, Ed. Masson (2), 231-243.
- 374. Montaya J.A.M. et Iranzo F.T., 1997.** *Effecto del ataque de Balaninus elephas Gyll. (Coleoptera : Curculionidae) Sobre la germinacion y peso de la bellota de Quercus ilex L.* 6ª Jornadas Cientificas. Socedad Española de Entomología Aplicada Lleila, 148-164.
- 375. Montero G., Torres E., Cannellas I. et Ortega C. 1994.** *Aspectos silvicolos economicos et socials del corcho.* Agricultura y sociedad, n° 73, 137-193.
- 376. Moreau J et ThiéryD., 2013.** *Qualité de la plante hôte et succès reproducteur.* Interactions insectes-plantes, partie 4. Eds. Sauvion N., Calatayud P.A., Thiéry D., Marion-Poll F., IRD/Quae/ publ., 369-382.
- 377. Moreira F., Duarte I., Catry F. et Acácio V. 2007.** *Cork extraction as a key factor determining post-fire cork oak survival in a mountain region of southern Portugal.* For. Ecol. Manag 253, 30–37.
- 378. Mueller-Dombois D. et Ellenberg H., 1974.** *Aims and Methods of Vegetation Ecology. Vegetation Analysis in the Field.* John Wiley et Sons, New York, Non paginé.
- 379. Mugnossa G., Scarascia Oswald H., Piussi P. et Radaglou K. 2000.** *Forests of the Mediterranean region: Gaps in knowledge and research needs.* For.Ecol. Manag.132, 97-109.
- 380. Musset R., 1935.** *Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest .Vo XLIV,* 311-31.
- 381. N’sibi R., 2005.** *Sénescence et rajeunissement des subéraies de Tabarka-Ain Draham avec approches écologiques et biotechnologiques.* Thèse Doc. En Sci. Biol., Fac. Sci. Tunis, Univ. Tunis II, 156p.
- 382. N’sibi R., Souayah N., Khouja L.M., Khaldi A. Et Bouzid S., 2006.** *Impacts Des Facteurs Biotiques Et Abiotiques Sur La Dégradation Des Subéraies Tunisiennes.* Revue Geo-Eco-Trop, 30.1, 25-34.
- 383. Nageleisen L.M. et Hett P., 1989.** *Les problèmes entomologiques, pathologiques et physiologiques: Les feuillus.* La Santé des Forêts, France, Min. Agri. Pêche (DERF), Paris, 14-16.
- 384. Nageleisen L.M., 1996.** *Suivi des écosystèmes forestiers et évaluation des contraintes environnementales : Les résultats 1996 du réseau européen de suivi des dommages forestiers.* Les cahiers de DSF, 1-1997, La Santé des Forêts, France en 1996, Min. Agri. Pêche (DREF), Paris, 49-56.
- 385. Nana R., Tamini Z., Sawadogo M., 2009.** *Effets d’un stress hydrique intervenu pendant le stade végétatif et la phase de floraison chez le gombo.* Biol. Chem. Sci. 3(5), 1161-1170.

- 386. Nanjo T., Fujita M., Seki M., Kato T., Tabata S. et Shinozaki K., 2003.** *Toxicity of free proline revealed in an Arabidopsis T-DNA tagged mutant deficient in proline dehydrogenase.* Plant Cell Physiol, 44, 541-548.
- 387. Natividade J.V., 1934.** *Cortiças. Contribuição para o estudo do melhoramento da qualidade.* Pubi. Dir. G. Serv. Fior, e Aquícolas, 1934, 1(1), 1-43.
- 388. Natividade, J.V. 1956.** *Subériculture.* Ed. Française de l'ouvrage portugais subericultura, Ecol. Nat. des eaux et forêt, Nancy, 303p.
- 389. Nibouche F., 1998.** *Stress lumineux et rythme de croissance chez le chêne-liège (Quercus suber. L).* Mémoire d'ingénieur d'état, Univ. Constantine, 49p.
- 390. Nixon K.C., 1993.** *Infrageneric classification of Quercus (Fagaceae) and typification of sectional names.* Annals of Forest Sciences 50, 25-34
- 391. Noual M.S., 1996.** *Diagnostic et plan d'action pour une contribution de la forêt au développement intégré : étude du cas de la forêt de Mizrana (Algérie).* Mastère spécialisé en sciences forestières, option forêts des régions chaudes, France, 97p.
- 392. Nouschi A., 1959.** *Notes sur la vie traditionnelle des populations forestières algériennes.* Annales de Géographie, t. 68, n°370, 525-535.
- 393. O.N.T.F., 1981.** *Procès-verbal d'aménagement de la forêt de Guétarnia.* Office National des travaux forestiers, D.E.R., Oran, 63p.
- 394. O.D.A.R.C., 2002.** *Office du Développement Agricole et Rurale de Corse. Guide pratique pour l'exploitation des forêts de chêne vert en Corse.* Bastia, 40p.
- 395. Olf H., Pegte, D.M., Van Groenendael J. M. et Bakker J. P., 1994.** *Germination strategies during grassland succession.* Journal of Ecology 82, 69-77.
- 396. Oliver A.D. et Chapin J.B., 1984.** *Curculio fluvus (Coleoptera: Curculionidae) and its effects on acorns of live oaks, Quercus virginiana Miller.* Environ. Entom. 13, 1507-1510.
- 397. O'reilly C., Mccarthy N., Keane M., Harpe R.C.P. et Gardiner J.J., 1999.** *The physiological status of Douglas fir seedlings and the field performance of freshly lifted and cold stored stock.* Ann. For. Sci. 56, 391-402.
- 398. Oshawa T., Tsuda Y., Saito Y., Sawada H. et Ide Y., 2007.** *Steep slopes promote downhill dispersal of Quercus crispula seeds and weaken the fine-scale genetic structure of seedlings populations.* Annals of Forest Science 64, 405-412.
- 399. Owens J.N. et Molder M., 1984.** *The reproductive cycle of lodgepole pine.* Province of British Columbia, Ministry of Forests, Inf. Serv. Br., Victoria, 29p.
- 400. Paluch J., 2005.** *The influence of the spatial pattern on forest floor vegetation and silver fir (Abies alba Mill.) regeneration in uneven-aged forest.* Forest Ecology and Management 205, 283-98.
- 401. Pardos M., Montes F., Aranda I. et Canellas I., 2007.** *Influence of environmental conditions on germinant survival and diversity of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in central Spain.* European Journal of Forest Research 126, 37-47.

- 402. Pardos M., Del Castillo J.R., Canellas I. et Montero G., 2005.** *Eco physiology of natural regeneration of forest stands in Spain.* Investigacion Agraria: Recursos y Sistemas Forestales 14, 434-445.
- 403. Parisot E., 1985.** *Etude de la croissance rythmique chez de jeunes manguiers (Mangifera indica L.).* Thèse Doc. Univ. Clermont II, 156p.
- 404. Pärtel M., Zobel M., Liira J. et Zobel K., 2000.** *Species richness limitations in productive and oligotrophic plant communities.* Oikos 90, 191-193.
- 405. Pausas J.G. et Verdú M., 2005.** *Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of the Mediterranean Basin: A phylogenetic approach.* Oikos 109, 196-202.
- 406. Pausas J.G., 1997.** *Resprouting of Quercus suber in NE Spain after fire.* J. Veg. Sci. 8, 703-706.
- 407. Pausas J.G., Bradstock R.A., Keith, D.A., Keeley J.E. et GCTE Fire Network, 2004.** *Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems.* Ecology 85, 1085-1100.
- 408. Pausas J.G., Pereira J.S. et Aronson J., 2009.** *The tree.* In: J. Aronson J.S. Pereira et J.G. Pausas (eds). Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration. Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK., 11- 21.
- 409. Payan E., 1982.** *Contribution à l'étude de la croissance rythmique chez de jeunes Chênes pédonculés (Quercus pedunculata Ehrh.).* Thèse de Doc. Univ. Blaise Pascal, 102p.
- 410. Peeters P.J., 2002.** *Correlations between leaf structural traits and the densities of herbivorous insect guilds.* Biological Journal of the Linnean Society, 77, 43-65.
- 411. Pellissier E., 1836.** *Annales Algériennes.* Tome 2, Anselin et Gaultier-Laguionie, Paris, 472p.
- 412. Pereira H., 2007.** *Cork : Biology, Production and Uses.* Elsevier. Ed. Oxford, UK., 329p.
- 413. Pereira H., 2008.** *Le liège : biologie, production et utilisation.* Conclusion sélectionnée. Académie Amorim, 10p.
- 414. Pervillé G., 2003.** *Atlas de la guerre d'Algérie de la conquête à l'indépendance.* Atlas Mémoires, Librairie Ravy, 63p.
- 415. Pervillé G., 2003.** *Atlas de la guerre d'Algérie de la conquête à l'indépendance.* Atlas Mémoires, Librairie Ravy, 63p.
- 416. Petrov M. et Genov K., 2004.** *50 years of cork oak (Quercus suber L.) in Bulgaria.* Naukaza Gorata (forest Science), 3, 93-101.
- 417. Peyerimhoff DE P., 1941.** *Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie.* Imp. Bacconier Frères, Alger, 70p + Pls.
- 418. Piazzetta R., 2014.** *Planter du chêne-liège en Roussillon : synthèse des résultats de sept placettes expérimentales de chêne-liège dans les Pyrénées-Orientales.* « Journées

techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 137-150.

419. Preneys S, Bonvicini M.P. et Conche J., 1997. *Office National des forêts (ONF), Service graines et plants.* Bulletin technique, n°33.

420. Puebla Ovando G. et Piazzetta R., 2014. *Reboisements en chêne-liège en Estrémadure (Espagne).* « Journées techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 117-122.

421. Puértolas J., Marta Pardos M., Jiménez M.D., Aranda I. et Pardos J.A., 2008. *Interactive responses of Quercus suber L. seedlings to light and mild water stress: effects on morphology and gas exchange traits.* Ann. For. Sci., 65, 611-620.

422. Puyo J.Y., 2006. *Les premiers temps de la mise en valeur coloniale des subéraies algériennes : le triste épisode des concessions privées.* L'Homme et le liège, Actes du colloque international Vixexpo 2006, Vives, France, 91-102.

423. Quézel P. et Santa S. 1962. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.* CNRS, Paris, Tome 1, 565p.

424. Quézel P. et Santa S., 1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.* CNRS, Paris, Tomes 2, 1170p.

425. Quézel P., 1976. *Les Forêts du Pourtour Méditerranéen. Ecologie, Conservation et Aménagement.* UNESCO Note tech. du M.A.B, 9-33.

426. Quézel P., 1979. *La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circumméditerranéen.* Forêt méditerranéenne 1, 7-18.

427. Quézel P., 1980. *Biogéographie et écologie des Conifères méditerranéens.* In Pesson P. Ed., Documents d'Ecologie Forestière, Paris, 201-255.

428. Quézel P., 2000. *Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen.* Ibis Press, Paris, 117p.

429. Quézel P. et Médail F., 2003. *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen.* Paris, Elsevier SAS, Éd. scientifiques et médicales, 571 p.

430. Rached-Kanouni M., 2013. *Adaptation du chêne-liège (Quercus suber L.) aux conditions extrêmes de température.* Thèse Doc., Fac. Sci. Nature et de La vie, Univ. de Constantine 1, 119p.

431. Rached-Kanouni M., Benmansour F. et Alatou D., 2013. *Effets d'une température fraîche et d'un apport exogène de régulateurs de croissance sur des semis de chêne-liège.* European Scientific Journal, Ed. Vol.9, n°18, 57- 74.

432. Rached-Kanouni M., Sakr S. et Alatou D., 2012. *Morphological and physiological responses of seedlings of cork oak to high temperature.* International journal of advanced scientific and technical research, Issue 2, Volume 4, 742-749.

- 433. Ratnadass A. et Deguine J.P., 2013.** *Plantes cultivées versus plantes sauvages. Interactions insectes-plantes, partie 2.* Eds Sauvion N., Calatayud P.A., Thiéry D., MarionPoll F., IRD/Quae/ publ., 183-196.
- 434. Read J. et Stokes A., 2006.** *Plant biomechanics in an ecological context.* American Journal of Botany. 93, 1546-1565.
- 435. Reille M., 1977.** *Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation des montagnes du Rif (Maroc Septentrional).* Recherches Françaises sur le Quaternaire, INQUA, 53-76.
- 436. Reille M., 2013.** *Leçon de palynologie et analyse pollinique.* Cours Maurice de Botanique Historique et Palynologie, Fac. de Sciences de St Jérôme, Marseille, 161p.
- 437. Remacha Gete A., 2008.** *Tecnología del corcho.* Editorial Visión Libros, 2008, 480p.
- 438. Rémus-Borel W., 2007.** *Étude du rôle de la silice chez le blé dans l'induction des molécules de défense lors d'une infection par le blanc.* Thèse. Doc. Dép. Phytologie., Univ. Laval, Québec, 125p.
- 439. Renwick J.A. et Huang X., 1994.** *Interacting Chemical Stimuli Mediating Oviposition by Lepidoptera.* Functional Dynamics of Phytophagous Insects, T. N. Ananthkrishnan Ed., New Delhi Bombay Calcutta: Oxford et IBH publishing Co. PVT, Ltd.
- 440. Rice R.M. et Lewis J., 1988.** *Potential Streamflow Changes from Forest Decline Due to Air Pollution.* Tagungspublikation, (1), 51-65.
- 441. Richard P., 1987.** *Etudes des facteurs explicatifs de la croissance du chêne-liège dans le Var.* Mémoire ENITEF, CEMAGREF Aix en Provence, Divisions techniques forestières méditerranéennes, 72p.
- 442. Riedacker A., 1986.** *Production et plantation de plants à racines nues ou en conteneurs.* Rev. For. Fr. XXXVIII, 3, 226-236.
- 443. Rivas Martinez S., 1982.** *Définition et localisation des écosystèmes Méditerranéenne.* Coll. De l'OTAN. Ecologia Mediterranea, 7, 275-288.
- 444. Rojo A. et Montero G., 1996.** *El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama.* Centro de publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 293p
- 445. Rontain D., Basset G. et Hanson A.D., 2002.** *Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants.* Metab. Eng., 4, 49-56.
- 446. Ruiu P.A., Pintus A. et Piazzetta R., 2014.** *Méthodes de régénération du chêne-liège en Sardaigne.* « Journées techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 109-116.
- 447. Saadi H., 2013.** *Les facteurs du dépérissement des subéraies de l'Edough (Séraïdi). Etude des ravageurs des feuilles et des glands du chêne-liège (Quercus suber L.).* Mém. de Magister, Ins. Sci., Nat., Vie, Dép., Biol. Univ. Mohamed Cherif Messaadia Souk-Ahras, 64-76.

- 448. Saccardy L., 1937.** *Notes sur le chêne-liège et le chêne en Algérie.* Bulletin de la station de recherches forestières (du nord de l'Afrique), tome II, fascicule n° 3. Ed. Service des forêts, 273-363.
- 449. Sakai A. et Larcher W., 1997.** *Frost survival of plants-Responses and Adaptation to Freezing Stress.* Ecol. Studies 62, Spring-Verlag. (Ed.), 112-133.
- 450. Salazar Sampaio J., 1988.** *Production du liège : Situation, évolution en France et dans le monde.* For. médit. 10, 156-159.
- 451. Salleo S., Nardini A., Pitt F. et Lo Gullo M.A., 2000.** *Xylem cavitation and hydraulic control of stomatal conductance in laurel (Laurus nobilis L.).* Plant, Cell and Environment 23, 71-79.
- 452. Santiago E.A. et Moreno Domínguez M.J., 2005.** *Guía de buenas prácticas medioambientales para las empresas forestales y corcheras.* Universidad-Empresa Medioambiental, 143p.
- 453. Santos Pereira J., Burgalho M.N. et Caldeira M.C., 2008.** *From the cork oak to cork. A sustainable system.* APCOR (Portugal), 44p.
- 454. Saoudi H., 1983.** *Réponses des végétaux aux facteurs de dégradation en Kroumirie (Tunisie).* Thèse de Doct. Ing., Univ. Aix- Marseille, 199p.
- 455. Saouli A., 2009.** *Caractérisation des composés chimiques des glands du chêne-liège. Etude de la germination; Interaction Glands-Insectes.* Mémoire de Magister, Dép. Biol., Fac. Sci., Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 41-54.
- 456. Sari D., 1972.** *La dépossession des fellahs.* Ed. SNED, 138p.
- 457. Sauvage C., 1961.** *Flore des subéraies marocaines (Catalogue des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames).* Trav. Inst. Sci. Chérif. Bot., 22, 252p.
- 458. Sauvage CH., 1960.** *Recherches Géobotaniques sur les Subéraies Marocaines.* Thèse de Doct. Es-Sciences naturelles. Fac des Sciences de Montpellier, 414p.
- 459. Sauvagnac G., 1956.** *Les forêts domaniales d'Hafir et de Zariéffet.* Bull. Amis Soc vieux Tlemcen, Oran, 47-53.
- 460. Schoonhoven L.M., Jermy T., van Loon J.J.A., 1998.** *Insect-Plant Biology.* Chapman et Hall, London, 409p.
- 461. Schroeder J. I., Kwak J. M. et Allen G. J., 2001.** *Guard cell abscisic acid signalling and engineering drought hardiness in plants.* Nature, 410: 327-330.
- 462. Schroeder L.M., 1999.** *Population levels and flight phenology of bark beetle predators in stands with and without previous infestations of the bark beetle Tomicus piniperda.* Forest ecology and management, 123 (1), 31-40.
- 463. Seigue A., 1985.** *La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, Techniques agricoles et productions méditerranéennes.* Ed. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., Paris, 69-82 ; 302-305.

- 464. Seigue A., 1987.** *La forêt méditerranéenne française. Aménagement et protection contre les incendies.* EDISUD, Aix en Provence, 159p.
- 465. Seltzer P., 1946.** *Le climat de l'Algérie.* La Typo-Litho, Alger, 249p.
- 466. Silvertown J. et Charlesworth D., 2001.** *Introduction to plant population biology.* 4th. Ed., Oxford, Blackwell.
- 467. Silvertown J.W. et Lovett-Doust J., 1993.** *Introduction to Plant Population Biology.* Blackwell Science, Oxford.
- 468. Sinclair W.A., 1964.** *Comparisons of recent declines of white ash, oak, and sugar maple in northeastern woodlands.* Cornell Plant, Vol . 20, 62-67.
- 469. Siscart D., Diego, V. et Lloret F., 1999.** *Acorn ecology.* In: Rodá F., Gracia C., Retana, J., Bellot J. (Eds.), *The Ecology of Med-iterranean Evergreen Oak Forests.* Springer-Verlag, Berlin, 89-103.
- 470. Sondergaard P., 1991.** *Essais de semis de chêne-liège (Quercus suber L.) dans la forêt de Bab Azhar, une subéraie de montagne au Maroc.* Ann. Rech. For. Maroc, 25, 16-29.
- 471. Soria F. J., Villagrán M., Tío R. Del et Ocete M. E., 1995.** *Incidencia de Curculio elephas Gyll. (Col. Curculionidae) en alcornoques y encinares del parque natural Sierra Norte de Sevilla.* Bol. Sanidad Vegetal, Plagas, 21(2), 195-201.
- 472. Soria F.J. et Ocete M.E., 1996.** *Principales tortricidos perforadores del fruto del alcornoque en la sierra norte de sevilla.* Bol. Sanidad vegetal. Plagas, 22 (1), 63-69.
- 473. Soria F.J., villagrán M., Martín P. et Ocete M.E., 1997.** *Estudio sobre la distribución de frutos afectados por curculio elephas (Gyll.) (Col.: Curculionidae) en alcornoque (Quercus suber l.).* Bol. Sanidad Vegetal, Plagas, 23 (2), 289-294.
- 474. Sork V.L. et Bramble J.E., 1993.** *Prediction of acorn crops in three species of North American oaks: Quercus alba, Q.rubra and Q.velutina.* Ann. For. Sci. 50 (suppl. 1):128- 136, Virginia, 223-231.
- 475. Sousa E.M.R., Debouzie D. et Pereira H., 1995.** *Le rôle de l'insecte Platypus cylindrus F. (Coleoptera, Platypodidae) dans le processus de dépérissement des peuplements du chêne-liège au Portugal.* Integrated Protection in Cork-Oak Forests, IOBC wprs Bull. 18(6), 24-37.
- 476. Städler E., 2002.** *Plant chemical cues important for egg deposition by herbivorous insects.* Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition, Ed. M Hilker, T Meiners, Berlin, Blackwell Sci., 171-204.
- 477. Stamp N., 2003.** *Out of the quagmire of plant defense hypotheses.* Quarterly Review of Biology, 78, 23-55.
- 478. Steele M.A., Knowles T., Bridle K. et Simms E.L., 1993.** *Tannins and partial consumption of acorns: implication for dispersal of oaks by seed predators.* Am. Midl. Nat. 130, 229-238.

- 479. Stiti B., 1999.** *Contribution à la maîtrise des méthodes de conservation des glands de chêne-liège.* D.E.A. Master, Univ. El Manar, Fac. Sci., Tunis, 64-70.
- 480. Stiti B., Piazzetta R. et Khaldi A., 2014.** *Régénération de la subéraie tunisienne : état des lieux, contraintes et avancées techniques.* « Journées techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 151-160.
- 481. Stowe K.A., Marquis R.J., Hochwender C.G. et Simms E.L., 2000.** *The evolutionary ecology of tolerance to consumer damage.* Annu. Rev. Ecol. Syst. 31, 565-595.
- 482. Strauss S.Y. et Zangerl A.R., 2002.** *Invertebrate-plant interactions.* In: Herrera, C.M., Pellmyr, O. (Eds.), *Plant-Animal Interactions-An Evolutionary Approach.* Blackwell Science, 77-106.
- 483. Suding K.N. et Goldberg D.E., 1999.** *Variation in the effect of vegetation and litter on recruitment across productivity gradients.* Journal of Ecology 87, 436-449.
- 484. Suszka B., Muller C. et Bonnet-Masimbert M., 1994.** *Graines des feuillus forestiers : de la récolte au semis.* INRA Editions, Paris, 291p.
- 485. Tahri E., Belabed A. et Sadki K., 1998.** *Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (Triticum durum Desf.).* Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat.21, 81-89.
- 486. Tatoni T., Barbero M. et Gachet-Boudemaghe S., 1999.** *Comment quantifier le phénomène du boisement spontané : inventaire des inventaires à l'échelle nationale.* Rev. Ingénieries - E A T, n° spécial Boisements naturels des espaces agricoles en déprise, 11-23.
- 487. Teulière C. et Marque C., 2009.** *Development and functional annotation of an 11,303-EST collection from Eucalyptus for studies of cold tolerance.* Tree Genetics et Genomes, 5, 317-327.
- 488. Teulière C., Bossinger G., Moran G. et Marque C., 2007.** *Stress studies in Eucalyptus.* Plant Stress 1, 197-215.
- 489. Thiéry D., Brevault T., Quilici S., Dormont L., Schatz B., 2013a.** *Recherche de la plante hôte à distance.* Interactions insectes-plantes, partie 4. Eds Sauvion N., Calatayud P.A., Thiéry D., Marion-Poll F., IRD/Quae/ publ., 319-346.
- 490. Thintoin R., 1948.** *Les aspects physiques du Tell oranais.* L. Fouquet, Oran, 639 p.
- 491. Thomas A.L., Gégout J-C., Landmann G., Dambrine E. et King D., 2002.** *Relation between ecological conditions and fir decline in a sandstone region of the Vosges mountains (northeastern France).* Ann. For. Sci. 59, 265-273.
- 492. Thompson K. et Grime J.P., 1983.** *A comparative study of germination responses to diurnally fluctuating temperatures.* Journal of applied Ecology 20, 141-156.
- 493. Tinus R.W., 1996.** *Root growth potential as an indicator of drought stress history.* Tree Physiology, 16, 795-799.

- 494. Tirén L., 1952.** *On experiments in sowing pine and spruce seed in northern Sweden.* In Swedish with English summary, Medd. F. Statens Skogsforskningsinstitut 41, 5-110.
- 495. Todd J.L., Phelan P.L. et Nault L.R., 1990.** *Interaction between visual and olfactory stimuli during host-finding by leafhopper, Dalbulus maidis (Homoptera: Cicadellidae).* Journal of Chemical Ecology, 16, 2121-2133.
- 496. Tomas F., 1977.** *Annaba et sa région: organisation de l'espace dans l'extrême-Est algérien.* 453p.
- 497. Toumi L. et Lumaret R., 1998.** *Allozyme Mediterranean oak (Quercus suber L.): The role of phytogeography and genetic introgression by other Mediterranean oak species and human activities.* Theoretical and Applied Genetics 97, 647-656.
- 498. Trabut L., 1925.** *Flore du nord de l'Afrique. Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées, cultivées et utilisées dans le nord de l'Afrique.* La typo-litho et Jules-Carbonel Réunies, Alger, 355p.
- 499. Travert S., Valerio L., Fouraste I., Boudet A.M. et Teulières C., 1997.** *Enrichment in specific soluble sugars of two Eucalyptus cell-suspension cultures by various treatments enhances their frost tolerance via a noncolligative mechanism.* Plant Physiol, 114, 1433-1442.
- 500. Triat L., 1978.** *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône.* Thèse Doctorat, Univ. d'Aix-Marseille III, 343p.
- 501. Troll W. et Lindsley J., 1955.** *A photometric method for the determination of proline.* J.Biol.Chem., 215, 655-660.
- 502. Turnbull L.A., Crawley M.J. et Rees M., 2000.** *Are plant populations seed-limited? A review of seed sowing experiments.* Oikos 88, 225-238.
- 503. Uemura M. et Steponkus P.L., 1997.** *Effect of cold acclimation on the lipid composition of the inner and outer membrane of the chloroplast envelope from rye leaves.* Plant Physiol 114, 1493-1500.
- 504. Vaartaja O., 1950.** *On factors affecting the initial development of pine.* Oikos 2, 89-108.
- 505. Valette A., 1992.** *La subéraie maghrébine.* Actes du Colloque « Les subéraies méditerranéennes », Vives : 90-97.
- 506. Vallejo R.V., Aronson J., Pausas J.G., Pereira J. et Fontaine C., 2009.** *The way Forward.*, In: J. Aronson, J.S. Pereira et J.G. Pausas (eds). Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration. Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK., 235-246.
- 507. Varela M.C. et Eriksson G., 1995.** *Multipurpose gene conservation in Quercus suber a Portuguese example.* Silvae Genetica. 401p.
- 508. Varela M.C., 2008.** *Dépérissement des peuplements de chêne-liège et changement climatique. Forêt méditerranéenne.* Tome XXIX, n°2, 209-212.

- 509. Varela M.C. et Piazzetta R., 2014.** *Méthodes de régénération du chêne-liège au Portugal.* « Journées techniques du liège » Plan-de-la-Tour (Var), n° Spécial, Rev. For. Médit., Tome XXXV, n° 2, 101-108.
- 510. Vásquez-Yanes C. et Orozco-Segovia A., 1993.** *Pattersrn of seed longevity and germination in the tropical rainforest.* Annual Review of Ecology and Systimatics 24, 69-87.
- 511. Vázquez F. M., Espárrago F., López J.A. et Jara Quemada F., 1990:** *Los ataques de curculio elephas Gyll. (balaninus elephas) y carpocapsa sp. L. Sobre Quercus rotundifolia lam. En extremadura.* Bol. San.Veg. Plagas, 16, 755-759.
- 512. Veillon, S. 1998.** *Guide technique de subéiculture dans les Pyrénées- orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire.* Mém. FIF-ENGREF, France, 73p.
- 513. Vezina L. et Paquin R., 1982.** *Effet des basses températures sur la distribution de la proline libre dans les plantes de luzerne (Medicago media Pers.).* Physiol. Vég., 20(1), 101-109.
- 514. Vilement C. et Fraval A., 1993.** *La faune entomologique du chêne-liège de la Mamora (Maroc).* Ecol. Medit., 19 (3/4), 1993, 89-98.
- 515. Villemant C. et Fraval A., 1991.** *Insectes et acariens phyllophages.* In Villemant C. et Fraval A. : La faune du chêne-liège. Actes Editions, Rabat, 27-68.
- 516. Villemant C., 1991.** *Les ennemis des glands et des jeunes semis.* In Villemant C. et Fraval A., 1991 : La faune du chêne-liège. Actes Editions, Rabat, 21-22.
- 517. Villemant C., 1993.** *Les prédateurs-démanteleurs des pontes de Porthetria dispar dans les subéraies marocaines.* Thèse Doct., Biol. Ani., Univ. Sci. Fond. Appl. , Orléans, 267p et Annexes.
- 518. Walters G. M. et Mc Carthy B.C., 1997.** *Forest Decline and Tree Mortality in a Southeastern Ohio Oak-Hickory Forest.* Ohio J. Sci. 97 (1), 5-9.
- 519. Wangchuk K., 2007.** *Natural Regeneration Ecology of Mixed Conifer Forests in Western Bhutan.* Master, Univ. of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, 69p.
- 520. Weckerly F.W., Sugg D.W. et Semlitsch R.D., 1989.** *Germination success of acorns (Quercus): insect and tannins.* Can. J. Forest Res. 19, 811-815.
- 521. Winsa H., 1995.** *Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of Pinus sylvestris L. after seeding.* Dissertation, Swedish, Univ. of Agricultural Sciences, Department of Silviculture.
- 522. Xiao Z.S., Harris M.K. et Zhang Z., 2007.** *Acorn defenses to herbivory from insects: Implications for the joint evolution of resistance, tolerance and escape.* Forest Ecology and Management 238, 302-308.
- 523. Xiao Z.S., Wang Y.S. et Zhang Z.B., 2001.** *Seed bank and the factors influencing it for three Fagaceae species in Dujiangyan Region, China.* Chin. Biodiv. 9, 373–381.
- 524. Xiao Z.S., Wang Y.S. et Zhang Z.B., 2003.** *The ability to discriminate weevil- infested nuts by rodents: potential effects on regeneration of nut-bearing plants.* Acta Theriol. Sinica,

23, 312-320.

525. Xiao Z.S., Zhang Z.B., Wang Y.S. et Chen J.R., 2004b. *Acorn predation and removal of Quercus serrata in a shrubland in Dujianyan Region, China.* Acta Zool. Sinica 50, 535-540.

526. Yessaad S.D., 2000. *Le chêne-liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentale.* Ed. MRW. Bruxelles, 123p.

527. Yu X.D., Zhou H.Z. et Luo T.H., 2003. *Spatial and temporal variations in insect-infested acorn fall in a Quercus liaotungensis forest in North China.* Ecol. Res. 18, 155-164.

528. Yu X.D., Zhou H.Z., Luo T.H., He J. et Zhang Z.B., 2001. *Insect infestation and acorn fate in Quercus liaotungensis.* Acta Entomol. Sinica 44, 518-524.

529. Zarco V., 1965. *Botanique forestière.* Direction des forêts de la restauration des sols. Alger, 77-115.

530. Zeraïa L., 1981. *Essais d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de provenance cristalline (France méridionale) et Algérie.* Thèse Doctorat : Université Aix-Marseille, 367p+ annexes.

531. Zeraïa L., 1982. *Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie.* Thèse Doc. Es Sci., Aix- Marseille, 367p.

532. Zeraïa L., 1986. *Etude phytosociologique des groupements végétaux forestiers du Parc de Chréa.* Ann. Rech. for., Alger, 1, 23-52.

533. Ziadi S., 2001. *Les gènes PR-10 du pommier (Malus domestica) : identification, caractérisation et analyse de l'expression spatio-temporelle en réponse à une induction n par l'acibenzolar-S-methyl (ASM), un analogue fonctionnel de l'acide salicylique.* Thèse de Doc., de l'Univ. de Rennes 1, 9-19.

534. Zine M., 1992. *Situation et perspectives d'avenir du liège en Algérie.* Actes du Colloque « Les Subéraies méditerranéennes », Vives, 98-107.

Sites consultés :

<https://ftp.fao.org/docrep/fao/003/X6771F/X6771F00.pdf>, 2010.

<http://www.vivexpo.org>, 2010.

<http://www.inra.fr/hyppz/ravageur/>, 2010.

<http://www.inra.fr/hyppz/zgloss/>, 2010.

<http://www.galerie-insecte.org.html>, 2010.

http://www.promhaies.net/wp-content/uploads/2012/07/10_recepage.pdf, 2015.

<http://www.xlstat.com.fr/téléchargement/html>, 2013.

<http://www.R-project.org>, 2014.

Annexes Chapitre 6

Tableau 6.1 : Caractéristiques des arbres-échantillons

Placettes	Arbres	Déficit foliaire (%)	Hauteur (m)	Circonférence (cm)	Nombre d'écorçage	Coefficient d'écorçage	Hauteur d'écorçage (m)	Incendie	Branches mortes et/ou cassées	Gourmands	Écoulements noirâtre	feuillage
H1	A1	2	11	219	4	3,42	7,5	0	1	0	0	2
	A2	1	10	114	3	1,36	1,55	0	0	0	0	2
	A3	1	10	71	2	2,54	1,8	0	0	0	0	2
	A4	1	11,2	130	2	1,31	1,7	0	0	0	0	2
	A5	1	10,5	150	2	1,07	1,6	0	0	0	0	2
H2	A6	1	7,2	88	3	1,82	1,6	0	1	1	0	2
	A7	2	14	448	6	1,00	4,5	0	1	1	1	2
	A8	2	10	161	4	1,24	2	0	1	0	0	2
	A9	2	14	302	6	2,32	7	0	2	1	0	2
	A10	2	13	441	8	1,36	6	0	2	0	1	1
H3	A11	2	9,2	61	1	2,38	1,45	0	0	0	0	2
	A12	2	6	69	1	2,49	1,72	0	0	0	0	2
	A13	2	9	86	2	1,98	1,7	0	0	0	0	2
	A14	1	5,3	50	1	3,44	1,72	0	0	0	0	2
	A15	1	6,3	48	2	3,33	1,6	0	0	0	0	2

Annexes

H4	A16	1	5,8	104	2	1,78	1,85	0	0	0	0	2
	A17	2	9	92	3	1,50	1,38	0	0	0	0	2
	A18	1	11	89	3	2,01	1,79	0	1	0	0	2
	A19	1	4,4	70	2	1,71	1,2	0	1	0	0	2
	A20	1	6	110	2	1,32	1,45	0	0	0	0	2
H5	A41	1	8,5	102	3	1,96	2	0	1	1	0	2
	A42	1	7,6	95	3	1,89	1,8	0	0	0	0	2
	A43	1	11	91	3	2,75	2,5	0	1	0	0	2
	A44	1	12,8	157	3	1,81	2,84	0	0	1	0	2
	A45	1	13	95	3	2,97	2,82	0	0	0	0	2
Z6	A21	2	8	45	1	2,67	1,2	0	0	0	0	3
	A22	1	5	51	1	2,45	1,25	1	0	0	0	2
	A23	1	5,1	51	0	0,00	0	1	0	0	0	2
	A24	1	6,2	63	0	0,00	0	0	0	0	0	2
	A25	1	3	47	0	0,00	0	0	0	1	0	3
Z7	A26	1	4	50	0	0,00	0	0	0	0	0	1
	A27	1	5,1	61	0	0,00	0	0	0	0	0	1
	A28	1	4,9	59	0	0,00	0	0	0	0	0	1
	A29	1	5,3	63	0	0,00	0	0	0	0	0	1

Annexes

	A30	1	4,6	60	0	0,00	0	0	0	0	0	1
Z8	A31	1	8,6	103	1	1,86	1,92	0	0	0	0	2
	A32	1	14	133	2	1,68	2,23	0	1	0	0	2
	A33	2	12,5	145	2	3,45	5	0	0	0	0	2
	A34	2	10	71	2	2,82	2	0	0	0	0	2
	A35	1	7,6	92	2	2,35	2,16	0	0	0	0	2
Z9	A36	1	7,6	72	2	2,04	1,47	1	0	0	0	2
	A37	1	5	69	1	2,23	1,54	0	1	0	0	2
	A38	1	5,5	76	1	2,04	1,55	0	0	0	0	2
	A39	1	5,1	51	1	2,82	1,44	0	0	0	0	2
	A40	2	6	85	1	2,18	1,85	1	1	0	0	2
Z10	A46	1	7,2	92	2	1,85	1,7	0	0	1	0	1
	A47	1	5,6	61	2	2,95	1,8	0	0	0	0	1
	A48	1	6,5	90	2	2,56	2,3	0	0	0	0	1
	A49	1	12,3	140	3	2,00	2,8	0	1	1	0	2
	A50	1	7,8	95	2	2,11	2	0	0	1	0	2

Etat sanitaire: 1 (<25% arbre sain), 2 (25-60% arbre affaibli), 3 (60-95%) arbre dépérissant)
Hauteur totale : 1 (< 6 m), 2 (6-7 m), 3 (7-10 m), 4 (>10m)
Circonférence à 1,30 m: 1(< 70 cm), 2(70 - 109 cm), 3(110 - 149 cm), 4 (150 - 189 cm), 5 (> 189 cm)
Nombre d'écorçage: 1 (aucun), 2 (1 écorçage), 3 (2 écorçages), 4 (3 écorçages), 5 (4 et plus)
Hauteur d'écorçage: 1 (sans), 2(< 1,5 m), 3 (1,5-2,4 m), 4 (2,5-3,4 m), 5(> 3,4 m)
Coefficient d'écorçage: 1 (aucun), 2(< 1, 5), 3 (1,5 - 2, 49), 4 (2,5 - 3, 4), 5(> 3, 4)
Qualité des feuilles: 1 (feuilles malades), 2 (petites feuilles), 3 (feuilles normales)
Branches mortes et/ou cassées: 1 (aucune), 2 (1 - 3), 2 (> 3)
Départ de gourmands: 1 (aucun), 2 (faible : 1 - 15 gourmands), 3 (moyen : 16 - 30), 4 (important : > 30)
Ecoulements noirâtre : 1 (aucun), 2 (faibles), 3 (moyens), 4 (importants)

Annexes Chapitre 7

Tableau 7.1 : Détermination des groupes de provenances (arbres et sols) en fonction de la teneur en eau des glands

Provenances	Nombre	Teneur en eau des glands (%)	Groupements
A6	10	51,75± 1,920	A
A8	10	50,10± 1,252	AB
A35	10	50,08± 2,116	AB
A32	10	49,94± 3,165	AB
A31	10	49,64± 3,645	ABC
A22	10	49,17± 2,509	ABC
A15	10	48,12± 2,321	ABCD
A36	10	47,61± 3,905	ABCD
A9	10	47,32 ± 2,493	ABCD
A19	10	47,32 ± 2,549	ABCD
A46	10	47,17 ± 4,497	ABCD
A47	10	47,11 ± 2,707	ABCD
A24	10	45,16 ± 3,479	BCDE
A7	10	44,42 ± 3,049	CDEF
A23	10	43,67 ± 2,226	DEF
A21	10	43,33 ± 2,452	DEF
A45	10	42,91 ± 3,300	DEF
HS	10	41,76 ± 4,620	EF
ZS	10	39,76 ± 6,278	F

Tableau 7.2 : Détermination des groupes de placettes et sols en fonction de la teneur en eau des glands

Placettes	Nombre	Teneur en eau des glands (%)	Groupements
Z7	30	49,89 ± 2,942	A
H2	40	48,39 ± 3,575	A
H3	10	48,12 ± 2,321	AB
Z8	10	47,62± 3,905	ABC
H4	10	47,32 ± 2,549	ABC
Z10	20	47,14 ± 3,613	ABC
H5	40	45,33 ± 3,506	BCD
Z9	10	42,91 ± 3,300	CDE
HS	10	41,76 ± 4,620	DE
ZS	10	39,76 ± 6,278	E

Tableau 7.3 : Détermination des groupes de provenances (arbres et sols) en fonction du poids sec des glands

Provenances	Nombre	Poids sec des glands (%)	Groupements
A35	10	2,46 ± 0,0897	A
A6	10	2,33 ± 0,0834	B
A8	10	2,31 ± 0,0510	B
A9	10	1,88 ± 0,0757	C
A19	10	1,88 ± 0,0775	C
A21	10	1,83 ± 0,0747	C
A15	10	1,81 ± 0,0732	C
A23	10	1,78 ± 0,0718	C
A22	10	1,54 ± 0,0751	D
A46	10	1,37 ± 0,0741	E
A36	10	1,34 ± 0,0884	E
ZS	10	1,32 ± 0,0945	EF
HS	10	1,29 ± 0,0756	EFG
A47	10	1,22 ± 0,0340	FGH
A7	10	1,20 ± 0,0562	GH
A45	10	1,13 ± 0,0712	H
A24	10	1,13 ± 0,0629	H
A31	10	0,94 ± 0,0488	I
A32	10	0,93 ± 0,0499	I

Tableau 7.4 : Détermination des groupes de placettes et sols en fonction du poids sec des glands

Placettes	Nombre	Teneur en eau des glands (%)	Groupements
H2	40	1,9300 ± 0,4686	A
H4	10	1,8800 ± 0,0775	AB
H3	10	1,8100 ± 0,0732	A B C
H5	40	1,5700 ± 0,2885	BCD
Z7	30	1,4433 ± 0,7339	BCD
Z8	10	1,3400 ± 0,0884	BCD
ZS	10	1,3200 ± 0,0945	BCD
Z10	20	1,2950 ± 0,0952	D
HS	10	1,2900 ± 0,0756	CD
Z9	10	1,1300 ± 0,0712	D

Tableau 7.5 : Détermination des groupes du grand diamètre (L cm) ; du petit diamètre (la cm) et du poids (g) des glands en fonction des provenances

L (cm)			
Provenances	N	Moyenne	Groupement
ZSS	144	3,2729	A
HSS	144	3,0625	B
ZAS	144	3,0354	B
ZSI	144	2,9847	B
HAS	144	2,9042	B C
HAI	144	2,7306	C
HSI	144	2,3508	D
ZAI	144	2,3375	D
La (cm)			
Provenances	N	Moyenne	Groupement
HSS	144	1,3674	A
HAS	144	1,2667	B
ZSS	144	1,2604	B
ZSI	144	1,2313	B C
ZAS	144	1,2250	B C
HAI	144	1,1785	C
HSI	144	1,0701	D
ZAI	144	1,0604	D
P (g)			
Provenances	N	Moyenne	Groupement
HSS	144	6,276	A
ZSS	144	5,695	A B
HAS	144	5,168	B C
ZSI	144	4,941	C
ZAS	144	4,660	C D
HAI	144	4,151	D
ZAI	144	3,121	E
HSI	144	2,995	E

Tableau 7.6 : Statistiques descriptives du taux d'infestation des glands par *Curculio elephas* Gyll. (Coleoptera : Curculionidae) et *Cydia fagiglandana* Zel. (Lepidoptera : Tortricidae)

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
Cu H (%)	24,39	11,93	48,91	6,67	50,00
Cu Z (%)	25,83	15,12	58,52	10,00	58,33
Cy H (%)	33,18	9,62	28,98	10,00	45,00
Cy Z (%)	41,04	22,83	55,64	8,33	75,0

Tableau 7.7 : Statistiques descriptives de la surface infestée (SI) des glands

Variable	N	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SIHA	30	10,353	5,203	50,26	3,250	20,100
SIHS	30	53,18	16,44	30,92	26,47	83,25
SIZA	30	12,40	8,11	65,40	4,91	27,27
SIZS	30	50,94	19,31	37,91	25,43	79,65

Annexes Chapitre 8

Tableau 8.1 : Résultats des analyses de l'eau d'irrigation

Minéraux	Normes	Résultats
Ph	6,5 – 8,5	7,45
T.A. (°F)	0 - 5	0
Cl⁻	0,035 max	0,005
NH3 (mg/l)	50 max	55
T.H. (°F)	2 – 15	18
T.A.C. (° F)	30 max	35

Tableau 8.2 : Statistiques descriptives du taux d'émergence des 17 individus

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SH	81,33	21,50	26,43	33,33	100,00
SZ	66,2	35,6	53,73	0,0	100,0
FH	67,33	19,49	28,94	40,00	93,33
FZ	50,9	29,0	57,00	20,0	90,0
FtH	8,66	14,33	165,39	0,00	46,66
FtZ	9,52	25,20	264,58	0,00	66,66

Tableau 8.3 : Statistiques descriptives du taux d'émergence des 19 lots (17 arbres et 2 lots du sol)

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SH	78,48	22,48	28,64	33,33	100,00
SZ	67,9	33,3	49,01	0,0	100,0
FH	63,94	21,64	33,85	30,00	93,33
FZ	57,1	32,0	56,05	20,0	100,0
FtH	8,48	13,61	160,43	0,00	46,66
FtZ	9,16	23,35	254,75	0,00	66,66

Tableau 8.4 : Statistiques descriptives du taux de survie des 17 individus

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SH	76,66	18,59	24,25	33,33	93,33
SZ	64,6	31,9	49,43	0,0	100,0
FH	65,00	18,61	28,63	40,00	93,33
FZ	53,0	28,6	53,96	20,0	93,3
FtH	6,70	10,56	157,71	0,00	33,33
FtZ	7,91	19,83	250,58	0,00	56,66

Tableau 8.5. : Statistiques descriptives du taux de survie des 19 lots (17 arbres et 2 lots du sol)

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SH	3,33	5,88	176,39	0,00	16,66
SZ	1,427	2,620	183,59	0,000	6,660
FH	2,33	4,98	213,49	0,00	13,33
FZ	3,33	5,09	152,79	0,00	13,33
FtH	2,00	4,22	210,86	0,00	13,33
FtZ	1,43	3,78	264,58	0,00	10,00

Tableau 8.6 : Statistiques descriptives du taux de plants morts des 17 individus

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SH	3,33	5,88	176,39	0,00	16,66
SZ	1,427	2,620	183,59	0,000	6,660
FH	2,33	4,98	213,49	0,00	13,33
FZ	3,33	5,09	152,79	0,00	13,33
FtH	2,00	4,22	210,86	0,00	13,33
FtZ	1,43	3,78	264,58	0,00	10,00

Tableau 8.7 : Statistiques descriptives du taux de plants morts des 19 lots (17 arbres et 2 lots du sol)

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SH	7,57	15,14	199,82	0,00	50,00
SZ	9,17	22,02	240,27	00	63,34
FH	4,54	8,73	191,99	0,	26,66
FZ	14,6	32,2	220,60	0,0	93,3
FtH	2,42	4,24	174,95	0,00	13,33
FtZ	2,08	3,96	190,06	0,00	10,00

Tableau 8.8 : Statistiques descriptives du taux des glands qui n'ont pas donné de plants des 17 individus

Provenance	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation (%)	Minimum	Maximum
SH	18,66	21,50	115,19	0,00	66,66
SZ	19,52	22,06	113,02	0,00	56,66
FH	32,66	19,49	59,66	6,66	60,00
FZ	49,0	29,0	59,21	10,0	80,0
FtH	41,3	44,9	108,74	0,0	93,3
FtZ	5,24	13,86	264,58	0,00	36,66

Tableau 8.9 : Statistiques descriptives du taux des glands qui n'ont pas donné de plants des 19 lots (17 arbres et 2 lots du sol)

Provenance	Moyenne	Ecart	Coefficient de variation (%)	Minimu	Maximum
SH	21,51	22,48	104,49	0,00	66,66
SZ	19,58	20,43	104,32	0,00	56,66
FH	36,06	21,64	60,03	6,66	70,00
FZ	42,9	32,0	74,55	0,0	80,0
FtH	46,1	45,5	98,65	0,0	93,7
FtZ	16,2	33,7	207,30	0,0	93,3

Tableau 8.10: Test t pour deux échantillons (2 forêts) du taux de germination des 17 individus (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	17	15	2,131	1,098	0,289
F	17	15	2,131	1,398	0,182
Ft	17	15	2,131	-0,090	0,930

Tableau 8.11 : Test t pour deux échantillons 2 (forêts) du taux de germination des 19 lots (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	19	17	2,1098	0,829	0,419
F	19	17	2,1098	0,559	0,584
Ft	19	17	2,1098	-0,080	0,937

Tableau 8.12 : Test t pour deux échantillons (2 forêts) du taux de survie des 17 individus (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	17	15	2,131	0,99	0,339
F	17	15	2,131	1,05	0,309
Ft	17	15	2,131	-0,16	0,872

Tableau 13: Test t pour deux échantillons (2 forêts) du taux de survie des 19 lots (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	19	17	2,1098	0,821	0,423
F	19	17	2,1098	0,753	0,462
Ft	19	17	2,1098	-0,177	0,862

Tableau 14 : Test t pour deux échantillons (2 forêts) du taux de plants morts des 17 individus (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	17	15	2,131	0,80	0,438
F	17	15	2,131	-0,40	0,692
Ft	17	15	2,131	0,29	0,779

Tableau 15 : Test t pour deux échantillons (2 forêts) du taux de plants morts des 19 lots (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	19	17	2,1098	-0,19	0,853
F	19	17	2,1098	-1,00	0,333
Ft	19	17	2,1098	0,18	0,861

Tableau 16 : Test t pour deux échantillons (2 forêts) du taux de glands qui n'ont pas donné de plants des 17 individus (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	17	15	2,131	-0,080	0,937
F	17	15	2,131	-1,398	0,182
Ft	17	15	2,131	2,040	0,059

Tableau 17 : Test t pour deux échantillons (2 forêts) du taux de glands qui n'ont pas donné de plants des 19 lots (chaque état de santé des glands)

Etats de santé des glands	N	DL	T _{Table}	T _{Calculé}	p-value
S	19	17	2,1098	0,19	0,850
F	19	17	2,1098	-0,56	0,584
Ft	19	17	2,1098	1,57	0,135

Tableau 8.18 : Analyse de la variance du taux de plants morts des 17 arbres en fonction de l'état de santé du gland et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	9,140	4,570	0,220	0,803
Erreur	48	996,787	20,766		
Total corrigé	50	1005,927			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
2	2,744	A			
1	2,548	A			
3	1,764	A			

Tableau 8.19 : Analyse de la variance du taux de plants morts des 19 lots en fonction de l'état de santé du gland et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	28,423	14,212	0,631	0,536
Erreur	54	1215,577	22,511		
Total corrigé	56	1244,000			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	3,156	A			
2	2,981	A			
3	1,578	A			

Tableau 8.20 : Analyse de la variance du taux de glands qui n'ont pas donné de plants des 17 arbres en fonction de l'état de santé du gland et moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	p-value
Modèle	2	3620,404	1810,202	2,101	0,133
Erreur	48	41363,301	861,735		
Total corrigé	50	44983,705			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
2	39,409	A			
3	26,469	A			
1	19,016	A			

Tableau 8.21 : Analyse de la variance du taux de glands qui n'ont pas donné de plants des 19 lots en fonction de l'état de santé du gland et moyennes estimées par le test de à Tukey 95 % de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Modèle	2	3336,677	1668,338	1,706	0,191
Erreur	54	52794,429	977,675		
Total corrigé	56	56131,106			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
2	38,945	A			
3	33,525	A			
1	20,698	A			

Tableau 8.22 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance de la hauteur totale des semis (HT mm) en fonction de l'état de santé

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
1	187,9	A
2	149,1	B
3	12,1	C

Tableau 8.23 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance de la hauteur totale des semis issus des glands sains (HTS mm) en fonction des provenances (19 lots)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A9	286,000	A
A24	280,567	AB
A8	242,333	ABC
A47	233,200	ABC
A23	223,933	ABC
A7	223,167	ABC
A45	218,333	ABC
A36	217,533	ABC
A19	216,033	ABC
A6	211,067	ABC
A21	205,400	ABC
A32	202,633	ABC
ZSOL	187,700	BCD
HSOL	159,767	CDE
A15	148,833	CDEF
A31	124,100	DEF
A22	109,267	EF
A35	80,067	F
A46	0,000	G

Tableau 8.24 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance de la hauteur totale des semis issus des glands faiblement endommagés (HTF mm) en fonction des provenances (19 lots)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A24	293,467	A
ZSOL	286,500	A
A47	228,200	AB
A21	220,167	AB
A23	180,967	BC
A7	178,833	BC
A8	175,200	BCD
A19	166,233	BCDE
A6	140,367	BCDEF
A9	137,067	BCDEF
A45	134,667	BCDEF
A15	130,833	BCDEF
A36	130,600	BCDEF
A22	112,100	CDEF
A32	80,233	DEF
HSOL	72,133	EF
A31	58,933	F
A35	57,733	F
A46	49,400	F

Tableau 8.25 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance de la hauteur totale des semis issus des glands fortement endommagés (HTFt mm) en fonction des provenances (19 lots)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A35	50,033	B
A21	28,033	B C
ZSOL	16,100	C
A24	14,967	C
HSOL	14,733	C
A6	14,533	C
A23	2,267	C
A7	0,000	C
A9	0,000	C
A15	0,000	C
A8	0,000	C
A31	0,000	C
A19	0,000	C
A32	0,000	C
A36	0,000	C
A45	0,000	C
A46	0,000	C
A47	0,000	C

Tableau 8.26 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance du diamètre au collet des semis (D mm) en fonction de l'état de santé

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
1	5,435	A
2	4,847	A
3	1,171	B

Tableau 8.27: Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance du diamètre au collet des semis issus des glands fortement endommagés (DFt mm) en fonction des provenances (19 lots)

Modalité	N	Moyenne estimée	Groupes
A22S	4	1,0000	A
A24S	4	0,9250	A
A21S	4	0,9000	A
A23S	4	0,8750	A B
ZSOLS	4	0,7250	A B
A35S	4	0,6750	A B
A6S	4	0,6000	A B
HSOLS	4	0,4750	A B
A9S	4	0,0000	B
A8S	4	0,0000	B
A7S	4	0,0000	B
A47S	4	0,0000	B
A46S	4	0,0000	B
A45S	4	0,0000	B
A36S	4	0,0000	B
A32S	4	0,0000	B
A31S	4	0,0000	B
A19S	4	0,0000	B
A15S	4	0,0000	B

Tableau 8.28 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance du nombre moyen des feuilles (NMF) en fonction de l'état de santé

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
1	20,642	A
2	18,011	A
3	2,584	B

Tableau 8.29 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance de la surface foliaire (V1 mm²) en fonction de l'état de santé

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
1	1180,3	A
2	979,4	A
3	174,0	B

Tableau 8.30 : Moyennes estimées par le test de Tukey à 95 % de confiance de la surface foliaire (V2 mm²) en fonction de l'état de santé

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
1	917,1	A
2	718,6	A
3	98,3	B

Tableau 8.31 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur (HS mm) en fonction des Vagues des plants issus des glands sains et moyennes estimées par le test de Tukey

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Vagues S	3	31084,000	10361,000	20,900	0,000 ***
Erreur	72	35690,000	496,000		
Total corrigé	75	66773,000			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	90,960	A			
2	70,420	B			
3	52,390	BC			
4	36,780	C			

Tableau 8.32 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur (HF mm) en fonction des Vagues des plants issus des glands faiblement endommagés et moyennes estimées par le test de Tukey

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Vagues F	3	32628,000	10876,000	37,380	0,000 ***
Erreur	72	20949,000	291,000		
Total corrigé	75	53577,000			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	94,180	A			
2	68,410	B			
3	55,430	B			
4	37,290	C			

Tableau 8.33 : ANOVA à un facteur contrôlé de la hauteur (HFt mm) en fonction des Vagues des plants issus des glands fortement endommagés et moyennes estimées par le test de Tukey

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Vagues Ft	3	10729,000	3576,000	3,480	0,020
Erreur	72	74065,000	1029,000		
Total corrigé	75	84794,000			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
1	34,340	A			
2	26,790	AB			
3	10,780	AB			
4	4,810	B			

Incidence de la qualité des glands sur la régénération du chêne-liège (*Quercus suber L.*) : Cas des forêts oranaises (Algérie).

Résumé : L'incidence de la déprédation des glands du chêne-liège par les insectes sur le comportement morphologique et physiologique des semis a été étudiée dans une subéraie de montagne au Nord-Ouest algérien (Hafir-Zarieffet). L'indice d'abondance de la glandée a montré que 50 % des chênes-liège alternent les glandées abondantes avec les glandées moyennes, 35 % alternent les glandées nulles avec les glandées faibles et 30 % alternent les glandées nulles avec les glandées très faibles. Les glands ont des tailles et des formes distinctes allant de la forme arrondie sphérique à la forme sub-cylindrique. La prédation des insectes est aléatoire, il n'y a pas de préférence dimensionnelle des glands. L'évaluation de l'infestation dévoile que les glands des arbres de Hafir sont moins infestés (32 %) que ceux de Zarieffet (45,24 %) par *Cydia fagiglandana*, alors que *Curculio elephas* dévoile des taux presque similaires (21 %). Pour les lots des sols, ceux de Zarieffet sont remarquablement infestés par *Curculio elephas* (58 %) et à peine 11 % par *Cydia fagiglandana*. Ceux de Hafir présentent une infestation moyenne pour les deux insectes (45 à 50 %). Pour l'ensemble des glands étudiés, la dispersion moyenne de la déprédation des glands par arbre est de 29,51 %. Son incidence sur le recrutement des semis est faible (7 %) pour les faiblement endommagés et sérieuse (60 % de réduction) pour les fortement endommagés. Elle a considérablement réduit la vitesse de croissance des paramètres morphologiques des semis en fonction de l'intensité de l'infestation. L'effet de l'infestation est significatif également pour les paramètres biochimiques. L'accumulation de la proline est bien marquée au niveau des tiges, suivie par des teneurs moindres au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance. Pour les sucres solubles, les teneurs les plus élevées s'accumulent au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance.

Mots clés : Ouest algérien chêne-liège, régénération, déprédation des glands, paramètres morphologiques, réponse au stress.

Impact of the quality's acorns on the regeneration of the cork oak (*Quercus suber L.*): Case of the Oranian forests (Algeria).

Summary: The incidence of insects' depredation of cork oak acorns on morphological and physiological behavior of a mountain cork oak forest seedlings in the Northwest of Algeria (Hafir-Zarieffet), was studied. The abundance index of acorns showed that 50% of cork oaks alternate abundant harvest with medium harvest, 35% no harvest alternate with weak harvest and 30% no harvest alternate with very low harvest. Acorns have different sizes and shapes going from the rounded spherical shape to sub-cylindrical shape. Insect predation is random, there is no dimensional preference of acorns. The evaluation of insects' infestation reveals that in hafir acorns are less infested (32%) by *Cydia Fagiglandana* than in Zarieffet (45.24%) while *Curculio elephas* reveals almost similar rates (21%). For soil lots, those of Zarieffet are remarkably infested by *Curculio elephas* (58%) but only 11% by *Cydia fagiglandana*. Those of Hafir have an average infestation of 45 to 50% for the two insects. For all studied acorns, the average dispersion of the acorn depredation per tree is 29.51%. Its impact on seedling recruitment is low (7%) for slightly damaged and serious (60% discount) for highly damaged. It significantly reduce the morphological parameters of seedlings growth rate according to the intensity of the infestation. The effect of the infection is also significant for the biochemical parameters. The accumulation of proline is well marked at the stems, followed by lower grades at the leaf level of the second growth wave. For soluble sugars, the highest concentrations accumulate in the leaves of the second growth wave.

Keywords: West Algerian cork oak, regeneration, acorns' depredation, morphological parameters, stress response.

تأثير نوعية الثمرة على تجديد البلوط الفليني (*Quercus suber L.*): حالة الغابات الغربية (الجزائر).

ملخص: تمت دراسة مهاجمة الحشرات على ثمرة البلوط الفليني في غابة من الشمال الغربي للجزائر (حفير- زاريفت) وتأثيرها على السلوك المورفولوجي والفسيلولوجي للشتلات. أظهر مؤشر وفرة ثمرة البلوط الفليني أن (50%) من الأشجار تناوب إنتاج وفير مع إنتاج معتدل، (35 %) تناوب إنتاج معدوم مع إنتاج ضعيف و (30%) تناوب إنتاج معدوم مع إنتاج ضعيف جدا. ثمرات البلوط لها أحجام وأشكال مختلفة من الشكل الكروي إلى شكل شبه أسطواني مستدير. مهاجمة الحشرات هو عشوائي، وليس هناك أبعاد تفضيلية للثمرة. تقييم الإصابة يكشف أن أشجار حفير هي أقل إصابة (32%) من أشجار زاريفت (45.24 %) بالنسبة إلى *Cydia fagiglandana*. فيما أن *Curculio elephas* يكشف عن معدلات متوسطة في الغابتين (21%). بالنسبة للثمرات المأخوذة من الأرض، فهي أكثر إصابة ب *Curculio elephas* (58 %) وأقلها ب *Cydia fagiglandana* (11 %) في غابة زاريفت. فيما يخص حفير فالإصابات معتدلة بالنسبة للحشرتين (45-50%). دراسة جميع الثمرات بينت أن متوسط المهاجمة في شجرة الفلين (29.51%). تأثيره على الشتلات منخفض (7%) بالنسبة لأقل الأضرار و خطير (60%) بالنسبة لبالغة الأضرار. خفضت إلى حد كبير سرعة النمو و ميزات الشتلات المورفولوجية تبعا لشدة الإصابة. تأثير الإصابة هو أيضا كبير بالنسبة للميزات البيوكيميائية. تراكم البرولين هو جد مبين على مستوى الساق، يليه أوراق الموجة الثانية. تراكيز السكريات الذائبة أكثر تراكما في أوراق الموجة الثانية.

الكلمات المفتاحية : الغرب الجزائري - بلوط الفلين - تجديد - مهاجمة الثمرة - الميزات المورفولوجية - الاستجابة للإجهاد.