



Variabilité de la glandée de *Quercus suber L.* dans le massif forestier Hafir-Zarieffet (Monts de Tlemcen, Nord-Ouest algérien)

Variability of acorn production of *Quercus suber L.* in the Hafir-Zarieffet forest (Tlemcen Mountains, North-West Algeria)

BOUCHAOUR-DJABEUR S.¹, BENABDELI K.², TAIB N.³, BOUHRAOUA R.T.¹ & MAHDJOUB T.¹

Abstract : In the Hafir-Zarieffet massif (North-Western Algeria), the evaluation of acorns production of *Quercus suber L.* has been studied in adequacy, of a part with certain individual criteria of trees and other parts with environmental and orographic parameters. Hafir-Zarieffet presents generally a relatively satisfactory health state and irregular structures. The plot 3 shows an extreme barking coefficient (CE) of 3.44, despite the small size of the trees. While 60 % of the trees in plots 1 and 2 have a CE < 1.5, for subjects with height and circumference greatly exceed 7 m and 70 cm respectively. More than half of the trees (52.66 %) of Hafir-Zarieffet have never produced fruit. Though the difference of production of acorns is extremely significant between individual producers, the overall abundance index (IAG) states an average acorn production for the whole massif (1.45). A relationship between the strength of the individual and its production has been observed. The acorn production rhythms frequently observed are : 50 % of the cork oaks alternate the abundant acorn production with the medium acorn production, 35 % alternate the zero acorn production with the weak production and 30 % alternate the zero acorn production with the very weak production.

Keywords: cork oak, variability, acorn production rhythms, Health situation, overall abundance index, North-Western Algeria.

Résumé : Dans le massif forestier Hafir-Zarieffet (Nord-Ouest algérien), l'évaluation de la production des glands de *Quercus suber L.* a été étudiée en adéquation, d'une part avec certains critères individuels des arbres et, d'autre part, avec les paramètres environnementaux et orographiques. Hafir-Zarieffet présente en général un état sanitaire relativement satisfaisant et des structures irrégulières. La placette 3 affiche un coefficient d'écorçage (CE) extrême de 3.44 malgré la petite taille des arbres. Alors que 60 % des arbres des placettes 1 et 2 présentent un CE < 1.5 pour des sujets dont la hauteur et la circonférence dépassent 7 m et 70 cm respectivement.

Plus que la moitié des arbres (52.66 %) de Hafir-Zarieffet n'a jamais produit de fruits. Bien que la différence de la production des glands soit extrêmement significative entre individus producteurs, l'indice d'abondance globale (IAG) énonce une glandée moyenne pour tout le massif (1.45). Une relation entre la vigueur de l'individu et sa production a été observée. Les rythmes de glandées fréquemment observés sont : 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.

Mots clés : chêne-liège, variabilité, rythmes des glandées, situation sanitaire, indice d'abondance globale, Nord-Ouest algérien.

INTRODUCTION

Quercus suber L. est une essence méditerranéenne noble, thermophile et calcifuge. Elle croît en plaine comme sur les coteaux et les montagnes. Son aire naturelle est limitée au pourtour occidental de la Méditerranée et le littoral atlantique, couvrant selon PAUSAS *et al.* (2009) une superficie d'environ 2,5 millions d'hectares.

Les subéraies algériennes se localisent le long du littoral au nord jusqu'aux chaînes telliennes au Sud, réparties sur 23 wilayas (départements) avec 89 % des meilleurs et vastes boisements à l'Est du pays (Figure 1). La superficie originelle de ces formations variait selon les auteurs, entre 429 000 et 480 000 ha, plaçant l'Algérie au troisième rang après le Portugal et l'Espagne. Actuellement, le patrimoine subéricole est estimé à 357 231 ha dont 242 098 ha (68 %) de vieilles futaies.

1- Faculté des Sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belakaid, Tlemcen, Algérie

2- Faculté des Sciences de la nature et de la vie, Université Mustapha Stambouli, Mascara, Algérie

3- Faculté de Biologie, Université Moulay Tahar, Saida, Algérie.

E-mail du correspondant : bsdjabeur@gmail.com sabihabouchaour@gmail.com

La dégradation des forêts constitue un sérieux problème qui accentue inévitablement le phénomène de perte de biodiversité (BOUCHAOUR-DJABEUR, 2016). La chute alarmante de la production subéricole, confirme les difficultés rencontrées par l'espèce. Elle est passée de 15 000 tonnes / an entre 1960 – 1970 à moins de 8 000 t / an (BOUHRAOUA *et al.*, 2014). Cette réalité est une conséquence des différents événements historiques et catastrophiques en plus du changement climatique qui a déjà produit de nouveaux régimes de perturbation plus intenses et imprédictibles. A cela, s'ajoutent les difficultés de régénération qui demeurent problématiques dans presque toute la région méditerranéenne.

Ces difficultés résultent de trois types de problèmes. Le premier est lié d'après N'SIBI (2005) et MEROUANI *et al.* (2001), au stock de glands, qui subit de grandes pertes au sol et sur l'arbre, dues aux multiples prédateurs. Le deuxième est lié à la lenteur de la germination des glands qui augmenterait le risque de mortalité (MEROUANI *et al.*, 2001) ; aux reboisements tardifs qui exposent les plants au déficit et stress hydrique (MESSAOUDENE *et al.*, 2011) et aux problèmes liés à la physiologie et l'écologie de l'arbre (SORK & BRAMBLE, 1993).

Le troisième problème 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 la défaillance d'une politique subéricole se manifeste fort bien en Algérie.

Vu l'importance de l'espèce, la nécessité de restauration et d'extension par des actions de plantation est envisagée comme seule alternative. 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 s'est affichée en faveur du chêne-liège. Sur 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.*, 2014).

A l'Ouest algérien, le chêne-liège s'étend d'une manière assez discontinue sur environ 7 354 ha, localisés principalement dans les wilayas de Tlemcen, Oran et Mascara, qui ont bénéficié également de ce programme de reboisement. La wilaya de Tlemcen, objet de notre étude, jouit d'un taux de 90 %, réparti sur quatre forêts : Hafir, Zarieffet, Zerdeb et Ifri. Le taux de réussite moyen avoisine 13 % (BOUHRAOUA *et al.*, 2014).

Afin de pouvoir répondre aux projets de réhabilitation et d'extension, l'étude de la glandée en adéquation, d'une part avec certains critères individuels des arbres et, d'autre part, avec les paramètres environnementaux s'est avérée fondamentale. Notre travail a été réalisé dans deux forêts représentatives des conditions de développement du chêne-liège : les forêts domaniales de Zarieffet et Hafir, d'une part parce qu'elles forment le seul massif continu dans la région, soit 12 000 ha (C.O.I.T., 1900) 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).

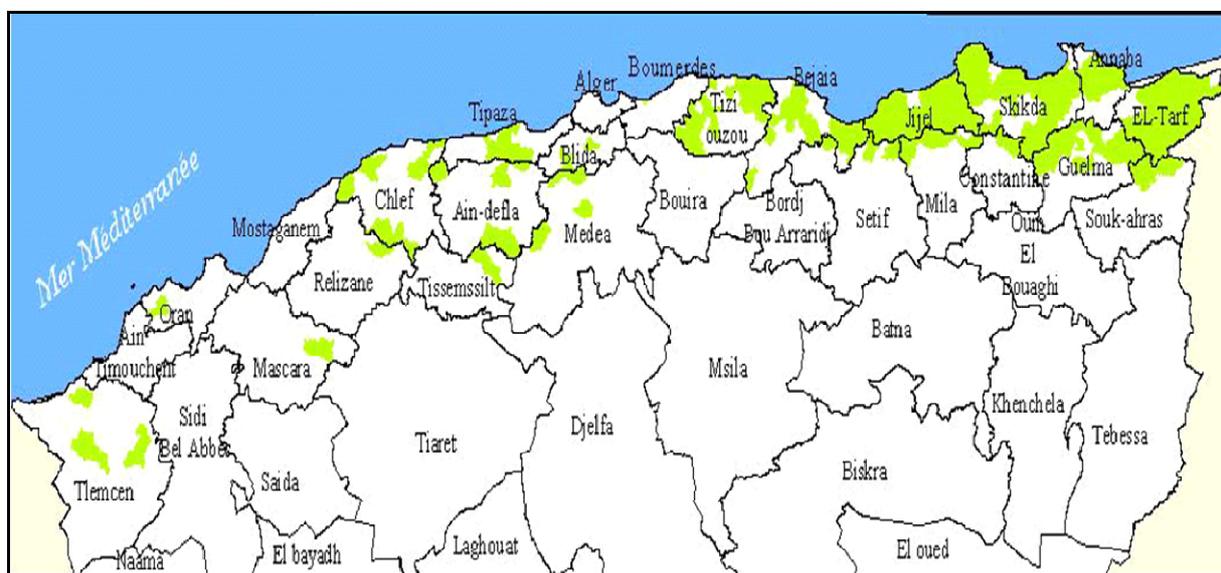


Figure 1 : Aire de répartition de chêne-liège en Algérie (D.G.F., 2013)

MATERIELS ET METHODES

Zone d'étude

Les forêts de Zariéffet et Hafir sont situées au Sud-Ouest de la ville de Tlemcen, à 5 km pour la première et 15 km pour la seconde. Elles jouissent d'une ambiance bioclimatique subhumide recevant une tranche pluviométrique annuelle de 500 à 650 millimètres. Elles sont profondément pénétrées par des vallées cultivées ou partiellement boisées n'appartenant pas au domaine de l'Etat. Le relief est très accidenté ; les pentes dominantes oscillent entre 12 et 50 %, les pentes faibles (< 3 %) et abruptes (> 50 %) sont moins fréquentes. Les terrains nus et rocailloux se trouvent sur les sommets et les lignes de crêtes et occupent une faible superficie (BOUCHAOUR-DJABEUR, 2001). L'altitude du massif varie de 700 à 1 418 m.

Les forêts sont composées principalement de feuillus tels que les chênes (*Quercus suber*, *Quercus rotundifolia* et *Quercus faginea* ssp. *tlemcenensis*), *Olea europea* ssp. *oleaster* et quelques pieds de *Fraxinus oxyphylla*, mais aussi de résineux comme *Tetraclinis articulata*, *Juniperus oxycedrus*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Cupressus communis* et des *Eucalyptus* dans certains cantons dégradés (ils y ont été introduits). Dans les bonnes stations, le chêne-liège est en mélange avec le chêne zeen et le chêne vert. La futaie de chêne-liège est vieillissante avec des sujets plus que bicentenaires et subissant une importante pression anthropique.

Méthodologie de travail

Echantillonnage

La phase de terrain s'est déroulée au cours des années 2009, 2010 et 2011. Après les visites prospectives, le choix a porté sur l'échantillonnage dirigé, pour faire varier la densité, l'âge, le couvert, la nature du peuplement, l'origine du peuplement, etc., d'une placette-échantillon à l'autre.

Dix placettes circulaires de 7 à 20 ares (en fonction de la densité du peuplement) ont été mises en place, 5 dans la forêt de Hafir (H) et 5 autres dans celle de Zariéffet (Z) (Figure 2). Au niveau de chaque placette, 5 arbres ont été choisis et numérotés. A partir du premier arbre repéré, le reste des arbres a été choisi par la méthode du plus proche voisin (MUELLER-DEMBOIS & ELLENBERG, 1974). Toutefois, 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.

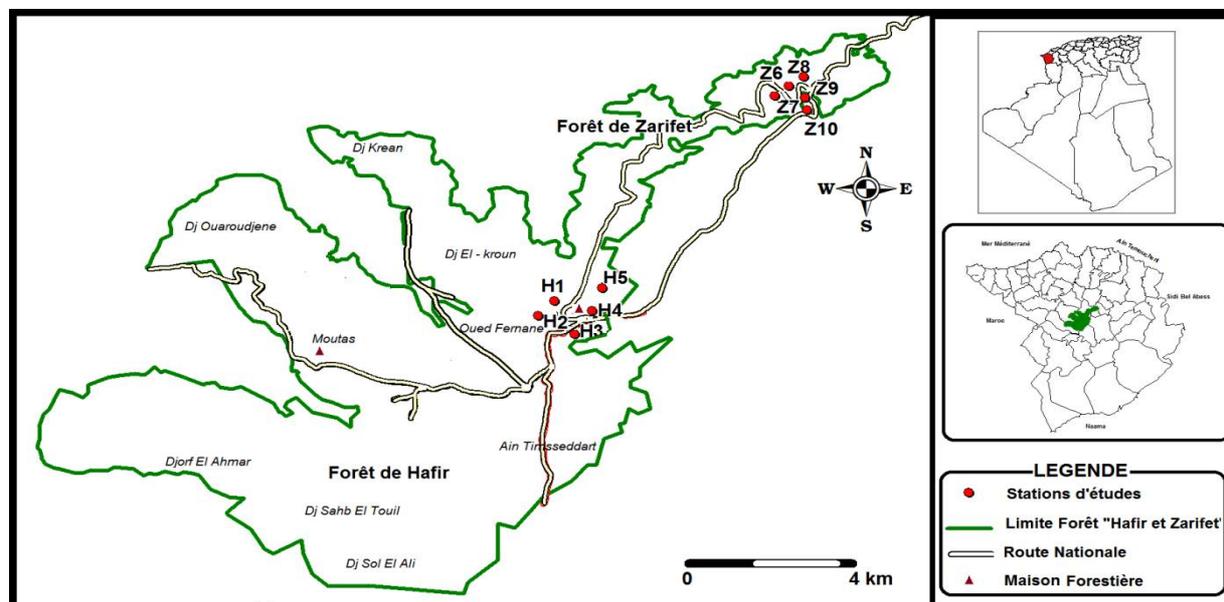


Figure 2 : Répartition des placettes d'étude dans les forêts Hafir et Zariéffet (H : Hafir – Z : Zariéffet)

Description écologique et forestière des placettes

Les caractéristiques écologiques et forestières des placettes d'étude (Tableau 1) précisent les descripteurs de situation, édaphiques et autres descripteurs (sylvicoles, fréquentation humaine, régénération, etc.). La profondeur

du sol est obtenue à l'aide d'une tarière pédologique à vis hélicoïdale (20 cm) appliquée en plusieurs points des placettes. L'épaisseur de la couche de la litière a été déterminée sur le terrain.

Description dendrométrique, d'exploitation et sanitaire des arbres

Ces descripteurs intéressent les 50 arbres des dix placettes d'étude et sont regroupés en classes (Tableau 2), ils concernent :

- un descripteur sanitaire des arbres en « déficit foliaire » pour voir l'impact de leur état sanitaire sur la qualité et la quantité des glands. Il est évalué à partir de l'analyse de la cime utilisée dans les études symptomatologiques, pour interpréter la vitalité des arbres. Ce déficit foliaire « traduit la perte des feuilles dans la partie fonctionnelle de la cime » (LANDMANN, 1988 ; BONNEAU & LANDMANN, 1988).
- des descripteurs dendrométriques (hauteur totale des arbres et circonférence à 1.30 m du sol),
- des descripteurs 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) :

$$\text{Cd} = \text{hauteur démasclée} / \text{circonférence à 1.30 m.}$$

- un descripteur qualitatif des feuilles.

Tableau 1 : Différentes classes des descripteurs écologiques et forestiers des placettes

Descripteurs	Classes (CI)
Affleurement rocheux	1 (absent), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)
Epaisseur de la litière	1 (< 0.5 cm), 2 (0.5 - 1 cm), 3 (1 - 2cm), 4 (> 2 cm)
Profondeur du sol	1 (moins profond: < 60 cm), 2 (profond: > 60 cm)
Nature du peuplement	1 (pur), 2 (mélangé)
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)
Concurrence	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)

Tableau 2 : Différentes classes des descripteurs des arbres

Type de descripteurs	Descripteurs	Classes (CI)
Sanitaire	Déficit foliaire	1 (< 25 % arbre sain), 2 (25 - 60 % arbre affaibli), 3 (61 - 95 % arbre dépérissant).
Dendrométriques	Hauteur totale	1 (< 6 m), 2 (6.1-7 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)
Qualité du feuillage	Feuillage	1 (feuilles malades), 2 (petites feuilles), 3 (feuilles normales)

Caractérisation de la glandée

Dans notre zone d'étude, la chute des glands intervient souvent dès la première semaine d'octobre et s'effectue encore en novembre et parfois 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 d'étude, nous avons estimé régulièrement la glandée des 10 placettes. Nous avons apprécié son importance et sa fluctuation annuelle pour essayer de donner ses rythmes, rechercher les causes de sa variabilité et ses relations avec les difficultés de régénération observées dans la majorité des placettes. L'indice d'abondance individuelle (Iai) est estimé par 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 (1956)
- 3 : glandée moyenne entre 50 et 200
- 4 : glandée abondante où l'arbre porte beaucoup de glands (> 200 glands).

Ensuite, selon BOUHRAOUA (2003), nous avons évalué l'indice d'abondance globale (Iag) de la glandée, qui se calcule à l'échelle de la placette et/ou de la forêt :

$$Iag = \sum \text{notes} / N \text{ arbres examinés}$$

- Iag ≤ 1 : glandée faible traduisant une mauvaise année de production (arbres globalement inféconds)
- 1 < Iag ≤ 2 : glandée moyenne traduisant une année de moyenne production (arbres moyennement féconds)
- Iag > 2 : glandée abondante traduisant une bonne année (arbres très féconds).

Analyse Statistique

Les 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>). Il a inclus :

- des tests statistiques uni variés (moyenne, écart type, coefficient de variation), des ANOVA à un et deux critères de variation ainsi que les corrélations entre certains paramètres étudiés.
- le test multi varié : l'analyse en composantes principales (ACP).

RESULTATS

Description écologique et forestière des placettes

A Hafir comme à Zariéffet, l'altitude des placettes varie entre 1230 et 1418 m, les pentes sont de 8 à 41%. Les sols sont souvent profonds (>100cm), la présence des pierres est régulière, l'affleurement rocheux est modéré et localisé. 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 et présentent un aspect irrégulier. Les chênes-liège de H3, d'origine artificielle, constituent un ensemble d'aspect plus régulier. Ces peuplements sont en général purs, mais parfois mélangés avec du chêne vert et du chêne zeen (dans Z7), ou bien avec les chênes vert et kermès (dans Z10). Quelques massifs de taillis proviennent de différentes coupes licites ou illicites ou encore du passage du feu. Le sous-bois est faible à moyen, il est dense à Z10. La régénération naturelle est quasiment absente. En revanche, nous avons noté quelques semis bien cachés de la dent de l'animal. La densité des peuplements est moyennement dense à dense (80 à 190 sujets/ha) avec quelques exceptions à Zariéffet (60 à 70 sujets/ha).

L'anthropisation est moyenne à forte, le bétail étant plus ou moins abondant. Les arbres sont le plus souvent mal charpentés ; parfois, les cimes sont rétrécies 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. A 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 des derniers passages de feu sont visibles sur les troncs de quelques sujets.

Description dendrométrique, d'exploitation et sanitaire des arbres

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 les classes 3 et 4 constituent 76% à Hafir et 40% à Zariéffet. Les classes 1 et 2 dominent plus à Zariéffet (60%), surtout en Z7 (Fig. 3A).

La circonférence moyenne oscille entre 58,4 cm et 288 cm. Elle atteint extrêmement 448 cm à H2 et 45 cm à Z6. La représentation graphique des circonférences (Fig. 3B), présente 60% à Hafir et 88% à Zariéffet de sujets jeunes (C11 et C12) avec quelques déséquilibres et une insuffisance en arbres âgés (mortalité). L'écart-type montre que les circonférences des arbres en H2 et H1 sont les plus dispersées autour de leur moyenne.

68% des arbres ont été démasclés à Zariéffet, alors que 32% n'ont subi aucune mise valeur (100% à Z7). Les arbres qui ont toléré 2 et 3 écorçages (C1 3 et 4) sont fortement représentés dans toutes les placettes. 80% des arbres de H2 ont subi plus de 4 écorçages (Fig. 3C). 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 atteint la circonférence minimale (au moins 60 cm) pour leur mise en valeur, ils ont déjà reçu 1 à 2 écorçages.

La hauteur d'écorçage moyenne balance entre 1,22 m et 4,22 m ; un maximum de 7 m est atteint à H2. 60% des sujets de H2 appartiennent à la classe 5 (>3,4 m). Les classes 4 et 5 sont faiblement représentées dans certaines placettes et absentes dans d'autres. Les arbres ayant une hauteur d'écorçage entre 1,5 m et 2,4 m (C1 3) dominant (56% à Hafir et 44% à Zariéffet) (Fig. 3D). Les sujets vivant dans des conditions plus ou moins bonnes (H3) subissent des hauteurs d'écorçage dépassant les limites rappelées par BOUHRAOUA (2003) : « à chaque écorçage, une hausse de 25 à 40 cm est pratiquée, en tenant compte 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 ».

Le coefficient d'écorçage moyen varie de 1,55 à 2,72 (C1 3 et 4), il est admis pour des sujets de montagne comme ceux de Zariéffet et Hafir. 80% à H4 et Z9 reflètent un coefficient d'écorçage entre 1,5 et 2,4 (C1 3). Nous notons quelques exagérations à H3 qui affiche la valeur extrême de 3,44 malgré la petite taille des arbres. Aussi, bien que la hauteur et la circonférence des sujets de H1 et H2 dépassent largement 7 m et 70 cm respectivement, 20% des arbres de H1 ne sont pas encore démasclés et 60% de H1 et H2 présentent un coefficient d'écorçage < 1,5 (C1 2) (Fig. 3E).

Concernant l'évaluation sanitaire des arbres, le critère « déficit foliaire » annonce que la plupart des placettes renferment plus de 60% des sujets sains, mis à part H2 qui est constituée de 80% de sujets affaiblis, ce qui est tout à fait naturel, vue leurs hauteurs et leurs circonférences (vieux chênes-liège) (Fig. 3F). Nous avons noté également des trous d'insectes sur ces grands troncs. Ces insectes se manifestent comme des ravageurs secondaires, ils colonisent aussi bien le bois que le liège (Fig. 4A et B).

Une très faible proportion des arbres de Hafir présentent de petites feuilles (20% à H2). Cette classe est plus représentée à Zariéffet (60% à Z10). Z6 montre 40% de chênes-liège à feuilles malades (Fig. 3G et Fig. 4C). Le reste des placettes présente des arbres à feuilles normales.

Caractérisation de la glandée (fréquence et importance)

A Hafir et Zariéffet, les arbres commencent à fleurir au début d'Avril, juste après la feuillaison et terminent cette opération au début de mai. Certaines fleurs donnent naissance à des glands qui se développent très vite en été. Ces derniers mûrissent en automne et se mettent à tomber entre octobre et décembre.

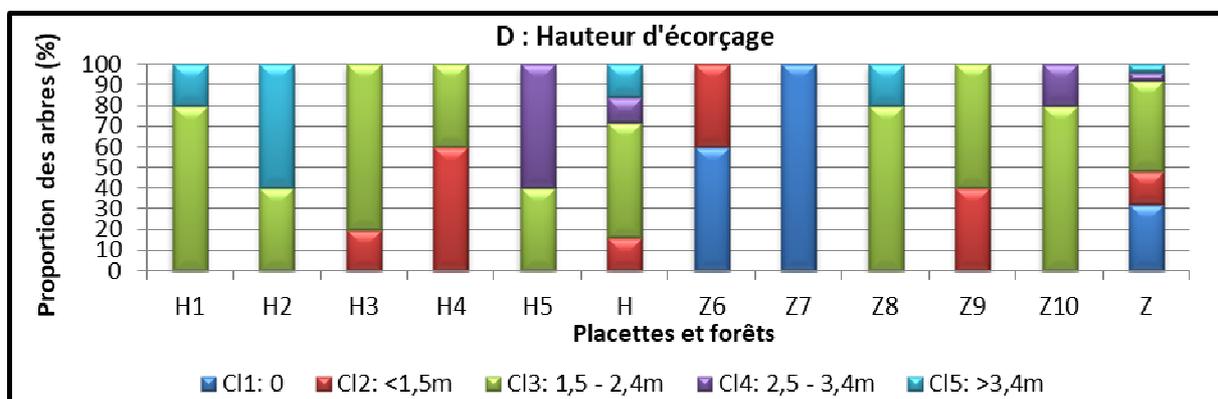
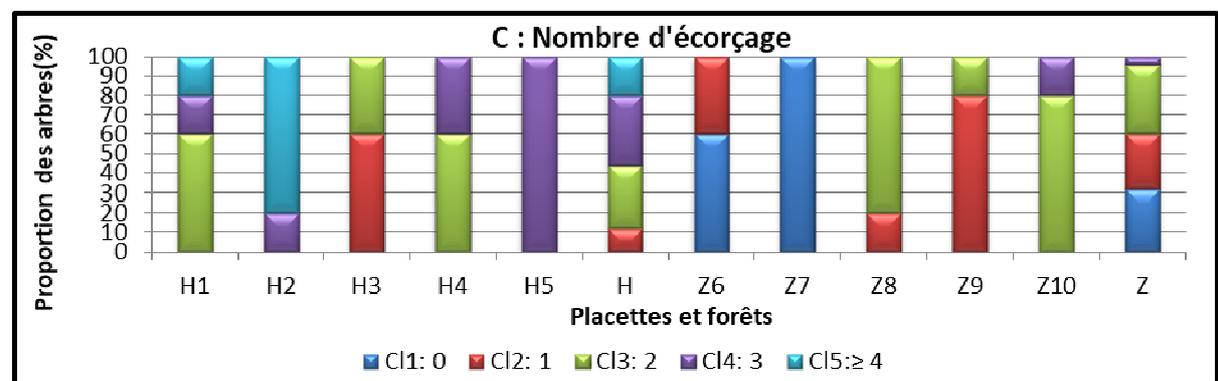
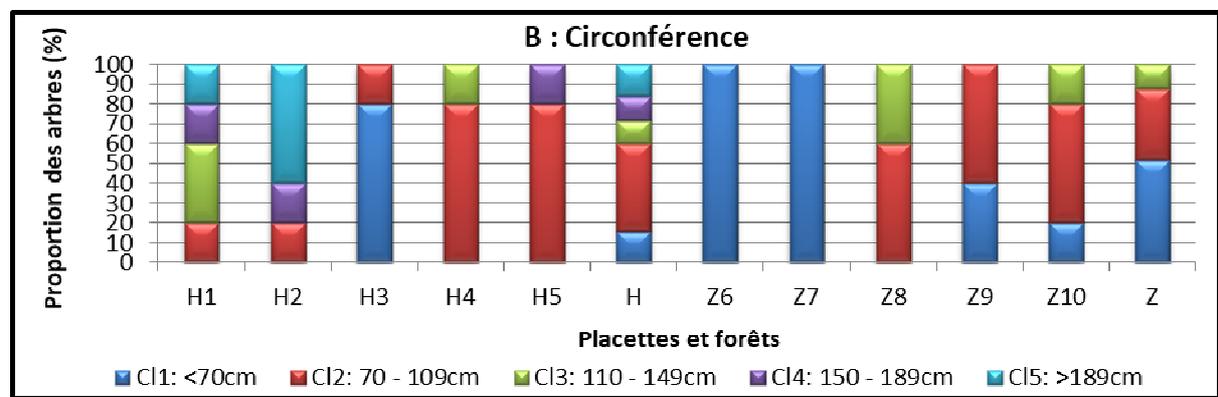
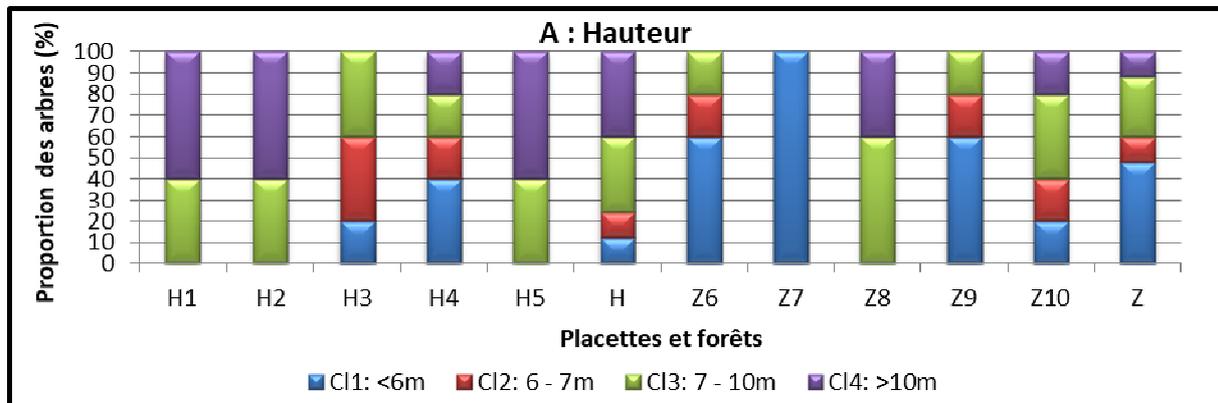
La variation de la fréquence et de l'importance de la glandée des chênes-liège entre 2009 et 2011 selon les 5 classes d'abondance sont représentées sur les figures 5 et 6. Les numéros 1, 2 et 3 représentent respectivement les années 2009, 2010 et 2011.

En 2009, bien que 48% des arbres à Hafir et 16% à Zariéffet n'ont pas produit de glands (Fig. 5A), cette année se révèle relativement favorable pour quelques placettes, notamment de Zariéffet, l'indice d'abondance globale ($I_{ag} = 2,2$) indique une glandée abondante. Tandis qu'à Hafir, l' I_{ag} indique une glandée moyenne ($I_{ag} = 1,44$) (Fig. 6A).

L'année 2010 se révèle catastrophique à l'échelle de la forêt (Fig. 5B). En moyenne, 60% à Hafir et 72% à Zariéffet 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 de Hafir (1,60) et Zariéffet (1,12) dévoile des glandées moyennes pour les deux forêts (Fig. 6A).

En 2011, Zariéffet affiche la même proportion d'arbres à glandée nulle que 2010 (72%), et le reste des arbres présente une glandée faible ($I_{ag} = 0,88$). Hafir offre par contre une glandée meilleure que l'année précédente avec 52% des arbres qui ont fructifié ($I_{ag} = 1,68$). L'indice d'abondance globale durant les trois années affiche une glandée moyenne pour les deux forêts ($I_{ag} = 1,57$ pour Hafir et 1,40 pour Zariéffet) (Fig. 6A).

Au cours de ces trois années, dans chaque forêt, plus de la moitié des arbres (52% à Hafir et 53,33% à Zarieffet) n'a jamais produit de fruits. Cette stérilité affecte aussi bien les arbres adultes (H4 et Z8) que les vieux arbres (H2). Beaucoup d'arbres n'ont été féconds qu'une seule fois (48% à Hafir et 47% à Zarieffet) et les glandées abondantes sont exceptionnelles et rares (10 à 18% respectivement pour Zarieffet et Hafir) (Fig. 6B).



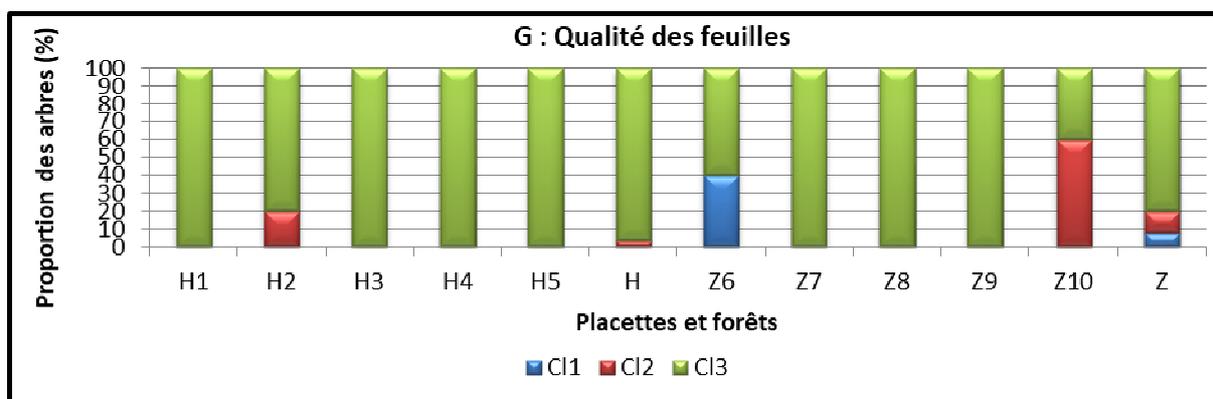
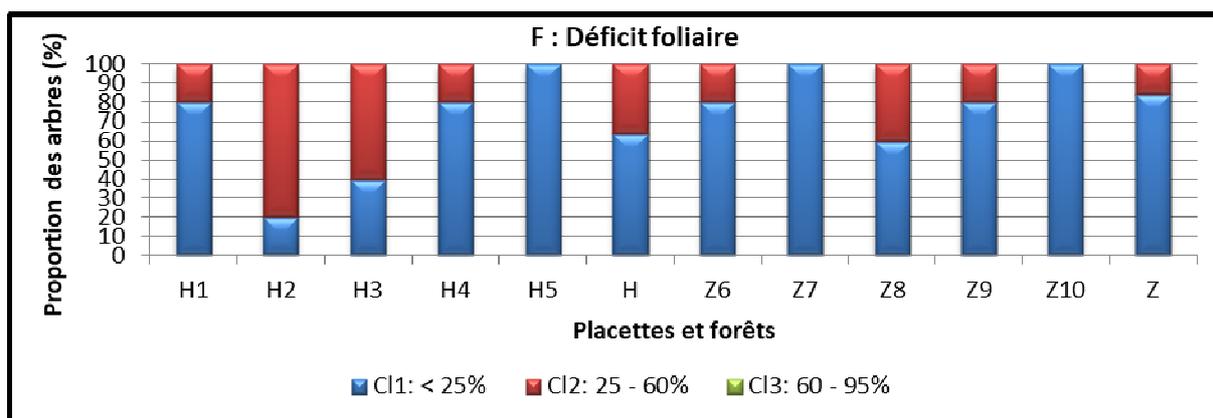
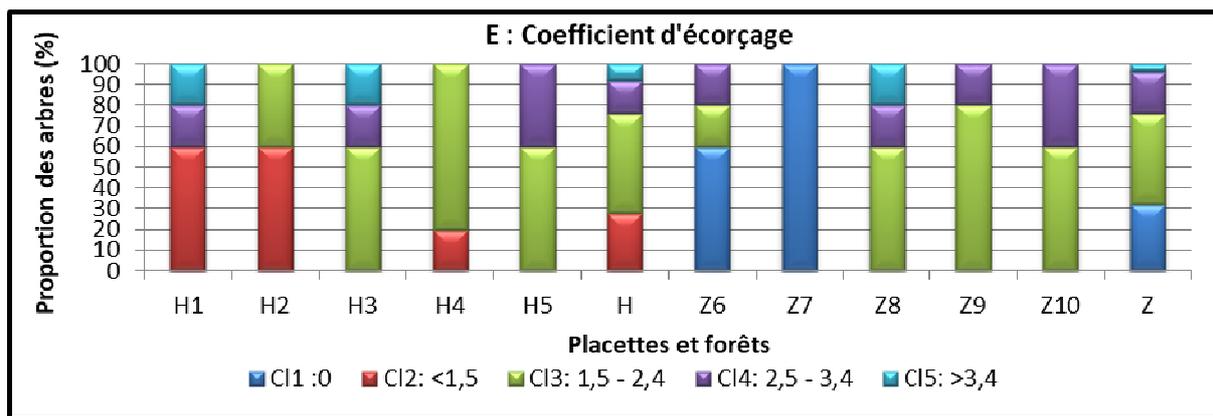


Figure 3 : Distribution par classes (CI) des descripteurs dendrométriques, d'exploitation et sanitaires des arbres échantillons



Figure 4 :
A et B : Trous d'insectes sur troncs de chênes-liège à Hafir et Zariéffet (2010)
C : Feuilles malades à Zariéffet (2010)

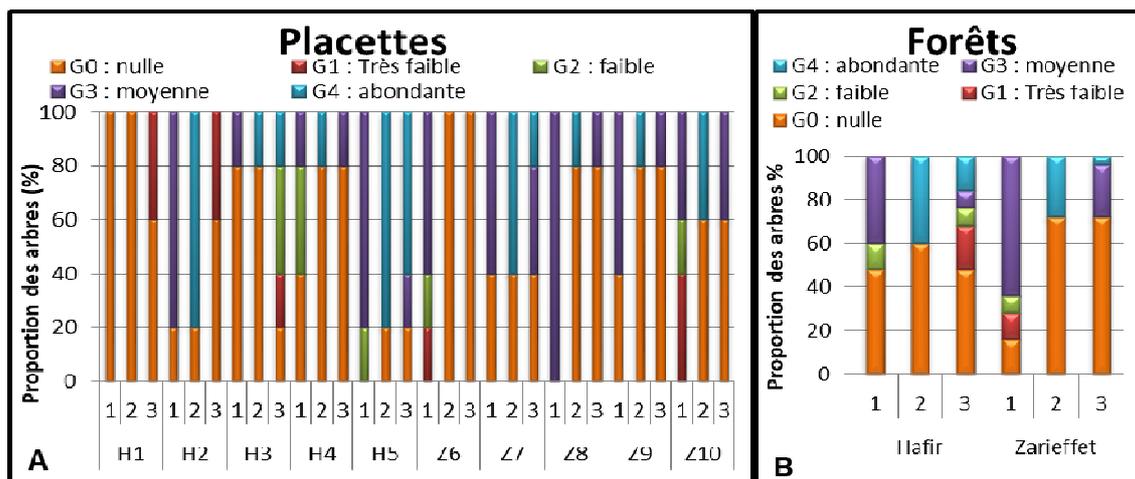


Figure 5 : Répartition annuelle de la glandée des chênes-liège entre 2009 et 2011 selon les 5 classes d'abondance

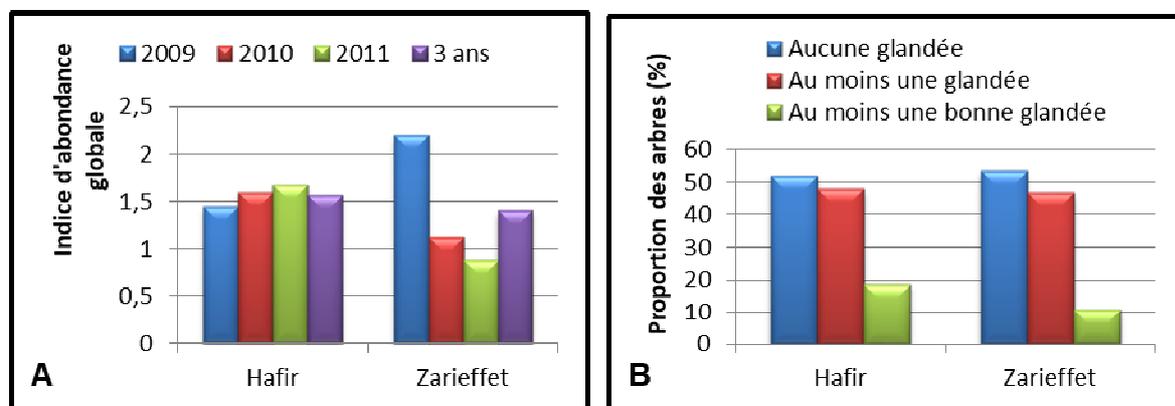


Figure 6 :

(A) : Indice d'abondance globale (I_{ag}) des chênes-liège de Hafir et Zariéffet (2009-2011)

(B) : Distribution des chênes-liège de Hafir et Zariéffet selon l'importance et la fréquence des glandées (2009-2011)

L'analyse de la variance à un facteur de l' « importance de la glandée » en fonction des arbres durant les trois années (Tab. 3), montre 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, 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 individuelle ($I_{ai} > 3$). Le groupe B inclut 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 critère de l' « année », montre que la différence de la glandée est peu significative pour Hafir et non significative pour Zariéffet.

A l'échelle du massif (Hafir-Zariéffet), 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. 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. 4).

La figure 7 montre qu'environ 40 % des arbres des deux forêts présentent une stabilité de la glandée. Elle est importante dans H1, H4, Z7 et Z9 et moindre dans 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 les sujets de 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. A Zariéffet, 60 % des sujets alternent les glandées

nulles (CI 0) avec les glandées moyennes (CI 3) présentant ainsi des rythmes très irréguliers. Ainsi les rythmes de glandées les plus fréquemment observés sont :

- 50 % des chênes-liège des deux forêts alternent les glandées abondantes (CI 4) avec les glandées moyennes (CI 3) ;
- 35 % alternent les glandées nulles (CI 0) avec les glandées faibles (CI 2)
- 30 % alternent les glandées nulles (CI 0) avec les glandées très faibles (CI 1).

Tableau 3 : ANOVA à un facteur

Importance de la glandée 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 en fonction des années pour Hafir					
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 en fonction des arbres de Zariéffet					
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 en fonction des années pour Zariéffet					
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			

Tableau 4 : ANOVA à deux facteurs

Importance de la glandée 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			
Importance de la glandée 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			

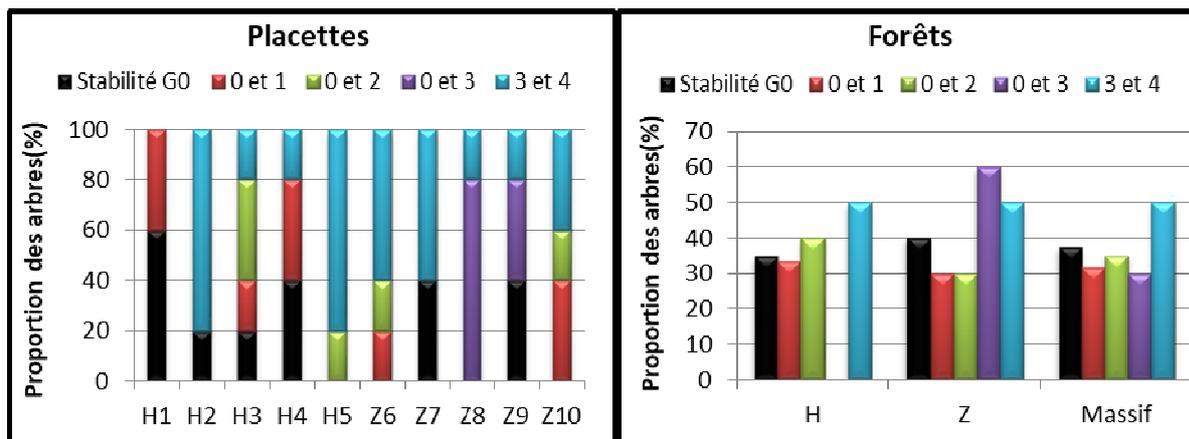


Figure 7 : Stabilité et Fluctuation interannuelle de la glandée des chênes-liège au niveau des placettes et du massif (2009-2011)

DISCUSSION ET CONCLUSION

Hafir-Zarieffet présentent en général un état sanitaire relativement satisfaisant. 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'affaiblissement observé dans quelques placettes, évolue graduellement dans le temps. En effet, 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 remarquée du chêne-liège s'avère fragilisée par d'autres facteurs.

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 de cette espèce. En dehors des exploitations de liège, le peuplement est abandonné à son destin. L'absence d'opérations sylvicoles (éclaircies, débroussaillage, assainissement, etc.) ou encore les interventions inappropriées à Zarieffet particulièrement (hauteur, nombre, coefficient et qualité du démasclage), prédisposent le peuplement à l'affaiblissement.

La strate herbacée de Hafir-Zarieffet et la formation basse du matorral de Zarieffet, offrent une grande richesse en biodiversité végétale. Cette même richesse fait du massif 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. Ces pratiques « provoquent des symptômes visibles et facilement identifiables, soupçonnés fréquemment d'être à l'origine de l'affaiblissement et favorisent la désorganisation des structures de végétation » (BOUCHAOUR-DJABEUR, 2001).

L'affleurement de la roche mère influe sur la fertilité du sol suscitant des difficultés de nutrition minérale (LANDMANN, 1988). En effet, les endroits où la profondeur du sol fait défaut ou la roche mère affleure (H2), montrent une modification de l'humidité et de la température de la partie superficielle et l'enracinement des sujets en est contrarié. Cependant, s'ils trouvent les moindres fissures, il s'insinuent entre ces dernières pour puiser les éléments nutritifs manquants en surface. 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.

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 plus ou moins jeune. L'interaction globale des descripteurs des arbres définit les corrélations entre eux. Elles sont appréciées à partir des résultats de l'ACP consignés dans les tableaux 5 et 6 et la figure 8.

Les deux premiers axes expliquent 81,6% de l'inertie totale du nuage de point. Et à partir des coordonnées des variables actives, on obtient alors la représentation de ces dernières sur le plan (facteur 1, facteur 2). Toutes les variables étudiées sont bien représentées dans ce plan factoriel. Nous dégageons que :

- le premier axe factoriel semble regrouper tous les descripteurs dendrométriques et d'exploitation, notamment, la hauteur d'écorçage, le nombre d'écorçage et la circonférence,
- le second axe factoriel représente une combinaison de plusieurs variables, il est significatif de la variable « Qualité des feuilles » qui s'oppose dans une dimension moindre de la variable « Déficit foliaire ».

La figure 8 montre 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. Se trouvant dans le même massif où règnent les mêmes conditions stationnelles et climatiques, il semble normal que les réponses des placettes soient probablement similaires. De même, la qualité des feuilles et le déficit foliaire sont bien corrélés à l'axe vertical mais dans des demi-plans de signes contraires, ce qui est naturellement et réellement observé 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 Z8 où la hauteur du deuxième écorçage de la majorité des arbres atteint déjà 5 m et certains arbres sains et jeunes de Z6 et Z7, présentent respectivement des feuilles malades (enroulées et/ou minées) ou petites.

Tableau 5 : 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

Tableau 6 : Contributions des variables à la construction des axes

Variables	Axe 1	Axe 2
Déficit foliaire (D)	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

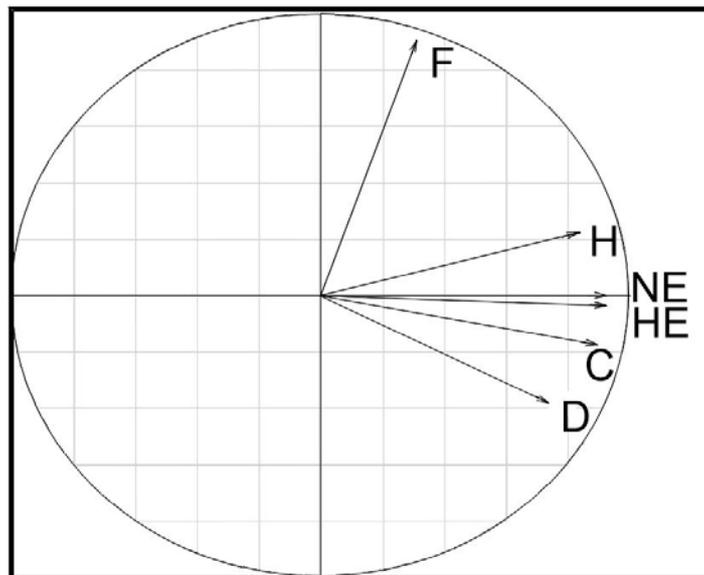


Figure 8 : Graphique des corrélations des variables sur les axes de l'ACP

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 sanitaire de l'individu, des incendies répétés, de l'action pressante et permanente de l'homme et de son troupeau, mais aussi de la forte irrégularité de la glandée ; le calibre des glands (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. Les pentes variant d'un endroit à un autre, influent sur la dispersion des glands et l'installation des semis. Notamment, les exceptionnels semis observés sont localisés en aval des portes graines. 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.

Par ailleurs, nous assistons par endroit à une recrudescence de la régénération du chêne-liège surtout lorsqu'il est en mélange avec du chêne zeen. La présence particulière de cette essence dans certaines placettes, offre un humus de bonne qualité, permet aux glands d'échapper à la dent de l'herbivore et favorise de nouveaux recrutements. Aussi, nous observons 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. Ce type de régénération n'est qu'un palliatif selon BELGHAZI *et al.* (2001), la régénération de la subéraie ne sera assurée qu'à l'aide des semis naturels et/ou artificiels.

Pour ce qui est de la fluctuation de la glandée, nous avons étudié à l'aide du coefficient de corrélation linéaire de PEARSON (r), les relations entre les indices d'abondance de la glandée (Iag) et certains paramètres tels que l'âge (circonférence), la vigueur des arbres (déficit foliaire) et le nombre d'écorage (Tab. 7).

La relation entre l'indice d'abondance de la glandée et l'état de vigueur du peuplement est plus ou moins moyenne. A Hafir, le (r) est faible parce que certains arbres « affaiblis » ont fait l'exception et ont alterné leur production entre moyenne et abondante durant ces trois années. En général, l'Iag 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 Zariéffet, dont quelques jeunes arbres, qui n'ont pas encore atteint l'âge d'exploitabilité, présentent des Iai de la glandée moyens à forts. Alors qu'à Hafir, mis à part H1 (arbres sains et adultes à glandée nulle à très faible), les glandées abondantes proviennent des gros et vieux arbres.

Le nombre d'écorage agit pareillement sur la glandée, 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 Zariéffet, 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'écorage.

Tableau 7 : Coefficients de corrélation (r) entre les indices d'abondance globale (Iag) de la glandée et quelques paramètres

Paramètres / Forêts	Hafir	Zariéffet	Massif
Vigueur du peuplement (Déficit foliaire)	0,128	-0,488	0,063
Age des arbres (Circonférence)	0,458	0,231	0,429
Nombre d'écorage (NE)	0,619	-0,267	0,416

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 à élucider dans le cadre de cette recherche.

L'irrégularité des glandée 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, BENJAMAA & STITI, 1999 ; N'SIBI *et al.*, 2006). Au Nord-Est algérien la répartition des glands à El Kala est hétérogène, certains arbres présentent une meilleure glandée que d'autres ; 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), précise qu'à M'sila (subéraie 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 subéraies de montagne. Ils dévoilent que le rythme de la glandée est fonction des conditions stationnelles et écologiques, mais aussi de l'état sanitaire de l'individu, de l'âge, du nombre et du coefficient d'écorçage.

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). FRAVAL (1991), a signalé que les modalités et les rythmes de floraison sont extrêmement variables selon l'individu, l'année et la localisation.

Pour 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, 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 provenir de la lente accumulation des réserves nécessaires au processus de reproduction, induit fort probablement par la pauvreté et la sécheresse des sols.

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. En conséquence, la conservation de la subéraie dérive en grande mesure de la possibilité de la reprise des travaux sylvicoles et subéricoles. 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.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELGHAZI, B., EZZAHIRI, M., AMHAJAR, M. & BENZIANI, M., 2001. Régénération artificielle du chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc). *For. médit.* 22 (3) : 253-261.
- BONNEAU, M. & LANDMANN, G., 1988. Le dépérissement des forêts en Europe. *La Recherche*, 205 (19) : 1542-1556.
- BOUCHAOUR-DJABEUR, S., 2001. Diagnostic sanitaire de quelques subéraies de l'ouest algérien. Etude particulière des principaux insectes ravageurs. Mémoire de Magister, Univ. Tlemcen, 158 p.
- BOUCHAOUR-DJABEUR, S., 2016. Incidence de la qualité des glands sur la régénération du chêne-liège : cas des forêts oranaises (Algérie). Thèse de doctorat en sciences, Univ. Tlemcen, 316 p. + Annexes.
- BOUCHAOUR-DJABEUR, S., BENABDELI, K., BEJAMAA, M.L. & STITI, B., 2011. Déprédation des glands de chêne-liège par les insectes et possibilités de germination et de croissance des semis. *Geo-Eco-Trop*, 35 : 69-80.
- BOUDY, P., 1950. Economie forestière nord-africaine. Tome 2 (1) : Monographie et traitements des essences forestières. Larose, Paris, 525 p.
- BOUDY, P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique. Librairie Agricole, Horticole, Forestière et Ménagère. Larose, Paris, 505 p.
- BOUDY, P., 1955. Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483 p.
- 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 de doctorat en sciences, Univ. Tlemcen, 267 p.
- BOUHRAOUA R.T., PIAZZETTA R. & 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, *For. Médit.*, XXXV, 2 : 171-176.
- C.O.I.T., 1900. Conservation d'Oran, Inspection de Tlemcen. Fascicule de propriété de la forêt domaniale d'Hafir. Cantonnement de Tlemcen est, Non paginé.
- D.G.F., 2013. Direction générale des forêts. Analyse de la politique du secteur forestier et des secteurs connexes en Algérie. 81p.
- 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.
- 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. Doctorat 3ème cycle, Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 104-015.
- KHALDI, A. BENJAMAA, M.L. & STITI, B., 1999. Les glands des chênes-liège et agents pathogènes : essais de conservation et de lutte. *Integrated Protection in Oak Forests, IOBC/wprs Bull.* 22 (3).

- 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.
- MEROUANI, H., BRANCO, C., ALMEIDA, M.H. & 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 : 143-153.
- MESSAOUDENE, M., OURDANI, K., ROUHA, Z., SAADI, N., DERGAOUI, M. & RABAHI, M., 2011. Bilan physique des reboisements en chêne-liège dans la wilaya de Bejaia. 2ème Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaire-Industriels. Univ. de Jijel, 25p.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H., 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. Vegetation Analysis in the Field. John Wiley et Sons, New York, Non paginé.
- 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, 156 p.
- N'SIBI, R., SOUAYAH, N., KHOUJA, L.M., KHALDI, A. & BOUZID, S., 2006. Impacts des facteurs biotiques et abiotiques sur la dégradation des subéraies Tunisiennes. *Geo-Eco-Trop*, 30 (1) : 25-34.
- NATIVIDADE, J.V., 1956. Subériculture. Ed. Française de l'ouvrage portugais subericultura, Ecol. Nat. des eaux et forêt, Nancy, 303 p.
- 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, 40 p.
- PAUSAS J.G., PEREIRA J.S. & ARONSON J. 2009. The tree. In: J. Aronson J.S. Pereira & J.G. Pausas (eds). Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration. Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK., 11- 21.
- SORK, V.L. & 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.
- 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.
- Sites consultés:
<http://www.xlstat.com/fr/téléchargement/html>, 2013
<http://www.R-project.org>, 2014

