

République algérienne démocratique et populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'enseignement et de la recherche scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Université BADJI MOKHTAR. Annaba.
جامعة باجي مختار - عنابة -



Faculté des sciences
Département de biologie

Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Biologie.
Option : Eco- Ethologie.

Thème

**Etude des facteurs de dépérissement du chêne-liège
(*Quercus suber L.*). Etat sanitaire des subéraies du
Nord-Est Algérien.**

Présenté par :

M^{me} Chaabna Bouzitoune Sihem

Devant la commission d'examen :

Président : Mr.Tahar A	Professeur	Université d'Annaba
Directeur de la recherche : Mr.Ouakid M.L	Professeur	Université d'Annaba
Examinatrice : Mme Beddiar A	Professeur	Université d'Annaba
Examineur : Mr. Benyacoub S	Professeur	Université d'Annaba

Année universitaire 2011/2012

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant qui m'a guidé vers le bon chemin et qui m'a facilité l'aboutissement de ce travail.

Je remercie Mr Ouakid Mohamed Laid professeur à l'Université d'Annaba pour l'encadrement et le suivi de mon travail.

Je remercie Mr Tahar Ali professeur à l'Université d'Annaba pour avoir bien voulu présider le jury.

Je remercie Mme Beddier Arifa professeur à l'Université d'Annaba pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie Mr Benyacoub Slim professeur à l'Université d'Annaba pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents pour leurs encouragements et le soutien sans faille qu'ils m'ont toujours apporté, et ce, plus particulièrement dans les moments difficiles,

A mon mari Faouzi qui ma beaucoup aider et soutenu

A ma belle fille « Mayssoune » ; le bonheur de ma vie

A mes frères ; Hichem et son épouse Sabrina et leurs enfants

Meriem et Yacine

Nadjib et son épouse Radia

A mes sœurs Somaya et son époux Raouf et a la coquette

Selma

A mes beaux parents

A mes beaux frères et mes belles soeurs

A mes amies et collègues

SOMMAIRE

1-INTRODUCTION	1
2- Matériels et méthodes	4
2.1. Présentation de la zone d'étude	4
2.1.1. Situation géomorphologique.....	4
2.1.2. Caractères climatiques.....	6
2.1.2.1 Température.....	6
2.1.2.2 Précipitation.....	6
2.1.2.3 Humidité.....	7
2.1.2.4 Vents	7
2.1.3 Caractères bioclimatiques.....	7
2.1.4. Biodiversité de la région.....	9
2.1.4.1 Richesse faunistique.....	9
2.1.4.2 Richesse floristique.....	10
2.2. Présentation des sites d'études	10
2.3. Présentation du matériel végétale (Le chêne-liège)	13
2.3.1. Systématique.....	13
2.3.2. Caractères botaniques.....	13
2.3.3. Exigences écologiques.....	17
2.3.4. Aire de répartition du chêne-liège.....	17
2.3.5. Production et importance économique.....	19
2.4. Méthodologie adopté pour l'étude sanitaire du chêne-liège	20
2.4.1. Relevés caractéristiques des arbres.....	21
2.4.2. Relevés stationnels.....	21
2.4.3. L'examen de la cime.....	22
2.4.4. L'examen du tronc et des branches.....	26
2.4.5. L'examen des feuilles et des rameaux.....	28
2.4.6. L'examen des glands.....	29
2.5. Etude de la symbiose mycorhizienne chez le chêne-liège	31
2.5.1. Définition.....	31
2.5.2. Les différents types de mycorhizes.....	31
2.5.2.1. Les endomycorhizes.....	31

2.5.2.2. Les ectomycorhizes.....	32
2.5.2.3. Les ectendomycorhizes.....	33
2.5.3. Relation entre l'arbre et le champignon au niveau des ectomycorhizes...	35
2.6. Inventaire des champignons macromycètes.....	36
2.6.1. Récolte des champignons.....	36
2.6.2. Identification des champignons.....	37
2.7. Les prélèvements de racines et de sol.....	38
2.7.1. Recherche et observation des ectomycorhizes.....	38
2.7.2. Analyses physico-chimiques du sol.....	39
2.7.2.1. Le PH.....	39
2.7.2.2. La conductivité électrique C.E.....	40
2.7.2.3. L'humidité hygroskopique (H%).....	40
2.7.2.4. La matière organique.....	41
2.7.2.5. La densité apparente (D _A).....	41
2.7.2.6. La densité réelle (D _R).....	41
2.7.2.7. Dosage du calcaire.....	41
2.7.2.8. La texture.....	42
3. RESULTATS.....	43
3.1. Relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons.....	43
3.2. Etat de la cime.....	46
3.2.1. Evolution de la défoliation.....	46
3.2.2. Evolution de la décoloration.....	47
3.2.3. Evolution de l'indice de dépérissement.....	48
3.3. Etat du tronc, l'écorce et la zone sous corticale.....	49
3.4. Etude des feuilles.....	58
3.4.1. Etat sanitaire des feuilles.....	58
3.4.2. Etude des feuilles saines.....	59
3.4.3. Etude des feuilles attaquées.....	59
3.4.4. Evaluation de la surface attaquée des feuilles du site El-Mellah.....	62
3.4.5. Etude des feuilles nécrosées.....	62
3.4.6. Evaluation de la surface nécrosée des feuilles d'El-Mellah.....	63
3.4.7. Etude des feuilles présentant des galles.....	64
3.5. Etude des glands.....	67

3.5.1 La glandée.....	67
3.5.2. Biométrie des glands.....	67
3.5.3. Etude de l'attaque des glands.....	73
3.5.4. Etude des glands infestés.....	84
3.5.5. Le taux d'infestation par le nombre de larves dans chaque gland.....	88
3.6. Caractéristiques physico-chimiques du sol.....	92
3.7. Inventaire des champignons.....	93
3.8. L'observation des ectomycorhizes.....	101
4. DISCUSSION.....	115
5. CONCLUSION.....	125
Résumé	
Références bibliographiques	

Liste des Figures

N°	Titres	Page
1	Présentation géographique du Parc National d'El-Kala (Encarta, 2008).	5
2	Position de la région d'El-Kala sur le diagramme d'Emberger (1955) et répartition bioclimatique du chêne-liège.	8
3	Présentation des sites d'étude.	12
4	Arbre de chêne liège.	13
5	Caractéristiques botaniques et reproducteurs du chêne liège.	16
6	Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (Source DGF, 2003 in ouelmouhoub, 2005).	19
7	Les principales catégories d'arbres atteints selon les proportions de feuillage Affecté.	24
8	Les principaux types de mycorhizes (Selosse et Le Tacon, 1998).	34
9	L'échange réciproque entre l'arbre et le champignon mycorhizogène.	36
10	Anatomie d'un champignon.	37
11	Evolution de l'indice de dépérissement (ID) des trois subéraies étudiées en 2008 et 2009.	49
12	Répartition des feuilles du site El-Mellah en fonction de l'état sanitaire.	58
13	Répartition du type d'attaque des feuilles au site El-Mellah.	61
14	Les différents aspects des feuilles endommagées récoltées de notre site d'étude.	61
15	Evaluation du taux d'attaque de la surface foliaire des feuilles endommagées site El-Mellah.	62
16	Evolution du taux (%) de la surface foliaire perdue des feuilles endommagées du Site El-Mellah.	63
17	Les différentes formes des feuilles galles récoltées de notre site d'études.	64
18	les différentes formes de galles présentes sur les feuilles du site El-Mellah	65
19	Insectes ravageurs des glands.	77
20	Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site El-Mellah.	78
21	Taux d'infestation des glands par espèce durant le mois d'octobre et novembre pour le site El-Mellah (Année 2008,2009).	79

22	Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site Sanaoubari.	79
23	Taux d'infestation des glands par espèce durant le mois d'octobre et novembre pour le site Sanaoubari.	80
24	Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site Brabtia.	81
25	Taux d'infestation des glands par espèce durant le mois d'octobre et novembre pour le site Brabtia.	82
26	Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site El-Mellah.	82
27	Taux d'infestation des glands par espèce pour le site El-Mellah.	83
28	Le taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site El-Mellah durant le mois d'octobre et novembre.	85
29	Le taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site Sanaoubari durant le mois d'octobre et novembre.	86
30	Le taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site Brabtia durant le mois d'octobre et novembre.	86
31	Le taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site El-Mellah.	87
32	Classes des glands infestés par le nombre de larves pour le site El-Mellah.	91
33	Ensemble des champignons récoltés au site El-Mellah.	95
34	Ensemble des champignons récoltés au site Brabtia.	95

Liste des Tableaux

N°	Titres	Page
1	La surface couverte par le chêne-liège dans le bassin méditerranéen Institut méditerranéen du liège.	18
2	Principaux descripteurs des relevés sylvicoles.	22
3	Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres atteints.	23
4	Classes de décoloration des feuilles.	25
5	Principales catégories de dépérissement du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de l' « ID».	26
6	Différents descripteurs utilisés dans l'examen du tronc et branches.	26
7	Classes de notation de la déhiscence du liège.	27
8	Echelle de notation de la glandée.	29
9	Classes des glands infestés par le nombre de larves dans chaque gland.	30
10	Echelle de la texture.	42
11	Relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons des trois sites d'études, Sanaoubari, Brabtia et El-Mellah (m ± s, max, min).	45
12	Evolution de la défoliation du chêne liège dans les trois sites d'étude (El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia) durant les années 2008, 2009 et 2012.	47
13	Evolution de la décoloration du feuillage du chêne liège des trois sites d'étude (El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia) durant les années 2008, 2009 et 2012.	48
14	Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site El-Mellah durant les 3 années d'étude.	51
15	Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Sanaoubari durant les 2 années d'étude.	53
16	Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Brabtia durant les 2 années d'étude.	56
17	Surface (cm ²) des feuilles saines récoltées dans le site d'El-Mellah.	59
18	Distribution de fréquences de la surface des feuilles saines d'El-Mellah.	59
19	Surface (cm ²) des feuilles attaquées récoltées dans le site d'El-Mellah.	60
20	Distribution des fréquences de la surface des feuilles attaquées du site d'El-Mellah	60
21	Surface (cm ²) des feuilles nécrosées récoltées dans le site d'El-Mellah.	62

22	Distribution des fréquences de la surface des feuilles nécrosées du site El-Mellah.	63
23	Surface (cm ²) des feuilles présentant des galles récoltées dans le site du PNEK.	65
24	Distribution des fréquences de la surface des feuilles présentant des galles du site El-Mellah	66
25	L'indice d'abondance de la glandée (Ia) pour les 3 sites d'étude.	67
26	Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site Sanaoubari.	68
27	Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site Brabtia.	69
28	Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site El-Mellah.	70
29	Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site Sanaoubari.	70
30	Analyse statistique descriptive des mensurations des glands récoltés au site Brabtia.	71
31	Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site El-Mellah.	72
32	Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site El-Mellah en 2012.	73
33	Taux total d'infestation des glands par les coléoptères et les lépidoptères durant le mois d'octobre et novembre pour les 3 sites d'étude.	74
34	Taux total d'infestation des glands par les coléoptères et les lépidoptères durant le mois d'octobre sur site El-Mellah.	74
35	Le taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés des 3 sites d'étude.	84
36	Le taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site EL-Mellah.	87
37	Classes des glands infestés par le nombre de larves durant le mois d'Octobre et Novembre pour les 3 sites d'étude.	89
38	Classes des glands infestés (troués) par le nombre de larves durant le mois d'octobre et novembre pour les 3 sites d'étude.	90
39	Classes des glands infestés par le nombre de larves pour site El-Mellah.	90
40	Caractéristiques physico-chimiques du sol des trois sites.	92
41	La répartition des espèces de champignon en fonction des sites d'étude.	94
42	Les morphotypes d'ectomycorhizes rencontrés dans les trois sites d'étude.	114

Introduction

Les forêts méditerranéennes couvrent environ 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). Certaines ont une importance écologique fondamentale, c'est le cas des subéraies qui occupent 2,7 millions d'hectares.

L'importance économique de la subéraie ne se limite pas à la seule production de liège en effet, les fruits et le feuillage, qui nourrissent le bétail, et le bois issus de la taille, qui est utilisés pour la production du bois de chauffage ou du charbon, sont une ressource fondamentale pour certaines communautés rurale (Sousa, 2005).

Répartis sur environ 2.7 millions d'hectares en contrée méditerranéenne occidentale essentiellement, les forêts de chêne-liège représentent depuis la fin de l'ère tertiaire, une richesse socio-économique avérée liée à diverses activités telles que l'exploitation du liège, l'élevage, l'utilisation du bois par la population riveraine, le tourisme (Ouelmouhoub, 2005).

Par ailleurs, et à l'instar des forêts en général, la subéraie contribue à une meilleure qualité de l'environnement, à une régulation du régime hydrique et à la sauvegarde du patrimoine forestier contre divers phénomènes naturels (érosion, désertification, etc).

En Algérie, les forêts de chêne-liège comme les autres forêts revêtent un caractère particulièrement important car elles constituent un élément essentiel de l'équilibre physique, climatique et surtout socio-économique des populations des zones rurales. Les subéraies occupent le second rang après les pinèdes à Pin d'Alep et couvrent une superficie approximative de l'ordre de 463000 hectares, soit 17% du tapis forestiers national mais seuls 250 000 sont exploités (Bouhraoua, 2003).

Les problèmes de dégradation sanitaire des écosystèmes forestiers sont apparus au début du siècle dernier dans l'hémisphère Nord en touchant plus particulièrement le Nord de l'Europe et de l'Amérique (Delatour, 1983 ; Bunneau & Laudmann, 1988) et ce n'est qu'à partir des années 1980 que ces problèmes sont devenus inquiétants par l'apparition avec une forte intensité, de phénomènes connus sous le nom de « **déclin** » ou « **dépérissement** » qui ont affecté des superficies très importantes du chêne-liège.

« Les dépérissements » sont des maladies à étiologie complexe, qui se développent lorsque les végétaux ont subi un stress dû à l'interaction de plusieurs facteurs adverses, abiotiques et biotiques. Les infections causées par ces derniers peuvent être si fortes qu'elles empêchent la reprise végétative des arbres atteints lorsque l'influence négative des facteurs de stress diminue (Franceschini et al. ,1993 ; Munoz et al ; 1996).

Les problèmes sanitaires des subéraies Algériennes remontent au début du siècle dernier suite à l'apparition du phénomène de dépérissement, surtout au centre et même à l'ouest, sur des jeunes sujets (moins de 15 ans) et des arbres adultes (Anonyme, 1914a; b). Au milieu du siècle dernier, de nombreux peuplements présentaient déjà des symptômes graves d'affaiblissement (Boudy, 1955; Natividade, 1956). Cette situation qui a sévi jusqu'aux années 90, a engendré une réduction de la superficie des subéraies dont près de la moitié s'est transformé en maquis (Zine, 1992). Actuellement, la majorité des subéraies se trouvent dans un état déplorable et une grande partie est vouée encore à disparaître (Messaoudene, 2000).

El-Tarf est l'une des principales wilayas forestières d'Algérie avec 17400 ha de forêts et un taux de recouvrements de 60% (pouvant atteindre 90% dans certaines communes) (Ouakid, 1991). La subéraie occupe une place privilégiée dans l'écosystème forestier de la région. Néanmoins, on signale ces dernières années des phénomènes de dépérissement localisés dans certaines forêts. A El-Kala un réseau de surveillance permanent a été installé, et selon les résultats préliminaires, l'état sanitaire des subéraies est en dégradation progressive (Khalla, 2006; Merabet, 2006; Adjami, 2006; Satouh, 2007).

Ces menaces et aléas rendent indispensables et nécessaires la mise en place, d'après Kadid (1989) in Beddiar (2003), de programmes de plantations et de restauration de ces forêts dégradées qui exigent des qualités croissantes de plants de bonne qualité. Hors, au stade pépinière, la majorité des plantes forestières établissent des relations ectomycorhiziennes avec certains champignons du sol. Le chêne forme cette relation avec les champignons qui est mutuellement bénéfique.

Cette affirmation est confirmée par Langlois (1990) qui énonce qu'en milieu naturel l'ectomycorhization est une réalité écologique et que les connaissances acquises indiquent que ce mode de fonctionnement procure des avantages nutritionnels, métabolique et prophylactique pour les arbres.

Le champignon développe un épais tapis de fibres mycélium autour des racines de l'arbre. Cela contribue à améliorer l'absorption de l'eau et l'apport alimentaire et donc à

augmenter la production, la vigueur par la croissance des racines et la réduction du stress des plantes.

Notre étude est réalisée durant trois ans (2008 ,2009 et 2012) au niveau de la région d'El Kala sur 3 stations (El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia)

Dans le contexte de cette étude nous avons fixé deux objectifs, le principal est l'évaluation de l'état sanitaire du peuplement de chêne-liège à travers l'examen de la cime, du tronc, des feuilles, des rameaux et des fruits (glands). Le second est d'estimer l'état mycorhizien du chêne-liège dans les mêmes stations ; pour voir si cette relation symbiotique rend du bénéfice au chêne liège ou au moins améliore son état sanitaire.

Il s'agira d'observer les racines du chêne-liège adulte et d'avoir un aperçu sur la biodiversité fongique des trois sites d'étude, de dresser la liste des morphotypes ectomycorhiziens colonisant le chêne-liège et de déterminer les morphotypes les plus dominants.

2. MATERIEL & METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

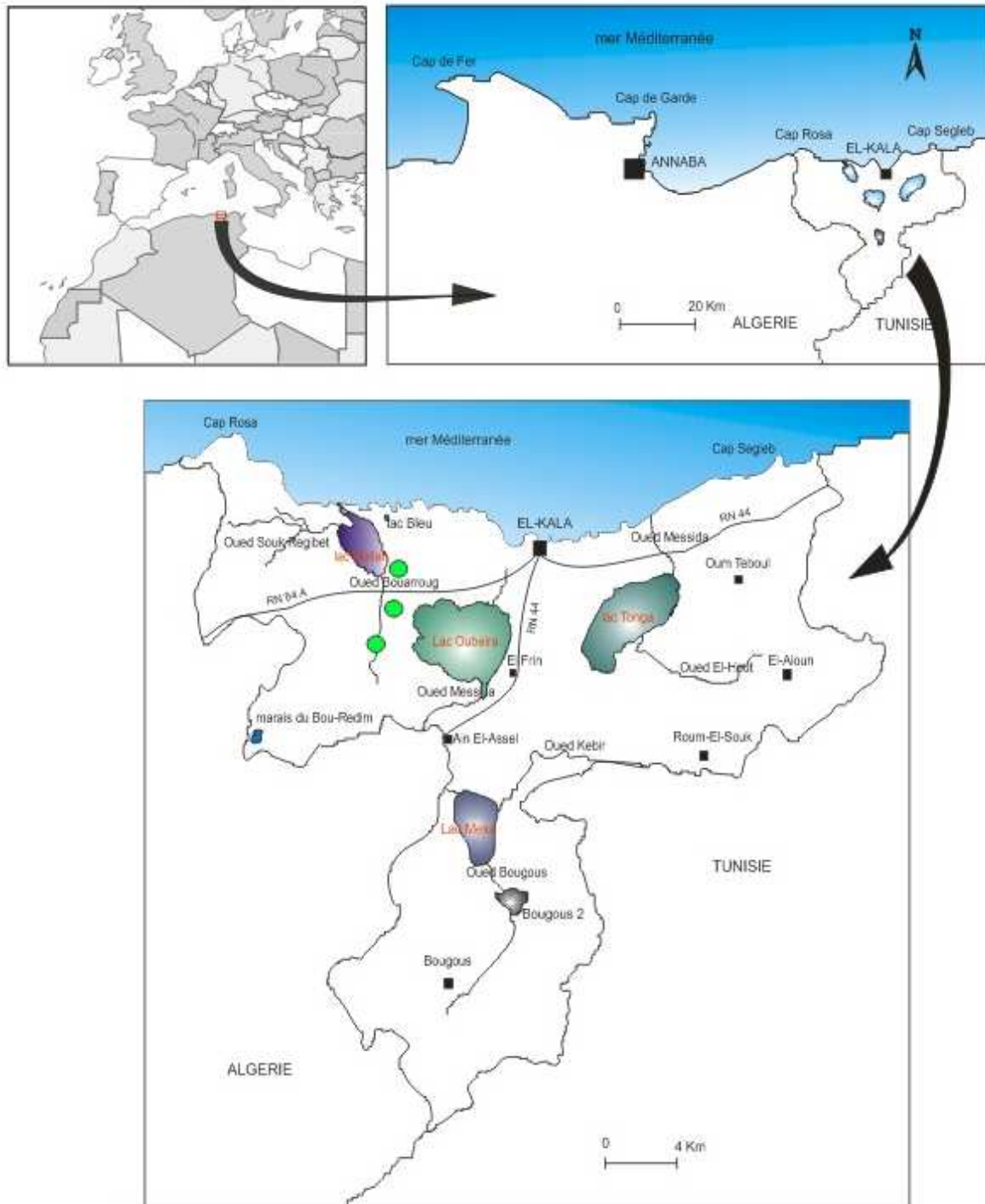
Crée en 1983, le parc national s'étend sur une superficie de 76 438 ha. Situé au nord-est de l'Algérie, inclus administrativement dans la wilaya d'El –Taref. Il est limité à l'est par la frontière Algéro-Tunisienne, au nord par la mer méditerranée, à l'ouest par les plaines d'Annaba (plaine de la Mafragh) et au sud par les contreforts du djebel El Ghorra. Le parc est composé d'une mosaïque d'écosystèmes forestiers, lacustres, dunaires et marins, lui conférant une haute valeur biologique et écologique dans le bassin méditerranéen. Sa flore, sa faune et son patrimoine culturel lui ont valu son inscription autant que réserve de la biosphère par L'UNESCO en 1990 (www.El Kala – Park national.htm).

2.1.1. Situations géomorphologiques:

Le relief du parc national d'El-kala est formé par les ensembles topographiques suivants:

- Un cordon dunaire au nord sur la cote qui s'étend d'Ouest en Est sur une longueur de 40Km et se prolonge vers le sud jusqu'au Djebel Segleb, ce cordon s'enfonce parfois jusqu' à 24Km à l'intérieur des terres (De Belair, 1990).
- De petites éminences gréseuses de relief de faible altitude (180à 300m) qui interrompent à certaines endroits le cordon dunaire, ainsi qu'un ensemble de collines au Nord, à l'Est et à l'Ouest ne dépassant pas les 600m d'altitude.
- Une plaine alluviale et marécageuse, adossée aux collines intermédiaires des monts de la Medjerda.
- Au sud s'élève une partie de versant Nord de la chaîne de Medjerda où l'altitude moyenne est de 1100m environ.

Les sols de la zone d'étude sont en général des sols bruns forestiers pierreux, profonds, reposant sur une roche mère constituée principalement de grès numidien et d'argile (Tlili, 2003). Riches en humus et en éléments fins acides; ils sont marqués par la présence de sable fins, graviers, cailloux, ainsi que des affleurements rocheux formées principalement de grés.



Situation géographique du parc national d'El-Kala
(Benyacoub, 2007)

● : stations échantillonnées

Figure 1 : Présentation géographique du Parc National d'El-Kala (Encarta, 2008).

2.1.2. Caractéristiques climatiques

Le Parc National d'El-Kala est caractérisé par un important complexe humide et un réseau hydrographique dense constitué par des Oueds dont les plus importants sont : Oued El-Kebir, Oued El-Hout, Oued Bougous, Oued Ballouta, Oued Bouaroug ; et les lacs dont certains sont d'importance internationale tel que le lac Tonga (2300 ha), Oubeïra (2200 ha), El-Mellah (860 ha)...etc. Quand aux sources, elles sont nombreuses et réparties à travers tout le Parc. Les sources de Bouglez, Bourdim et El-Bhaim comptent parmi les plus importantes. Le climat de cette zone est de type méditerranéen (Emberger, 1971). Il est caractérisé par :

2.1.2.1. Température

La température est en général influencée par l'altitude, l'exposition, l'orientation du relief, l'éloignement de la mer, la réverbération au sol ainsi que par le couvert végétal. La région se caractérise par des amplitudes thermiques élevées entre les extrêmes les plus froides «m» = 14,6 °C et les plus chaudes «M» = 22,6 °C (Chabi, 1998). D'une manière générale, la température situe El-Kala dans le méditerranéen chaud avec une amplitude thermique élevée entre les extrêmes les plus froides et les plus chaudes. Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver au Djbel Ghorra, avec environ 5 à 6 mois de gelée blanche par an. Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement à 0 °C. Les mois les plus froids sont Janvier et Février, alors que Juillet et Août sont les mois les plus chauds (28 °C et 29 °C). Durant cette période, les températures élevées sont généralement dues au sirocco (De Belair, 1990).

2.1.2.2. Précipitations

Le climat de la région est caractérisé par trois types de précipitations. Nous avons d'une part un régime pluviométrique du type méditerranéen, avec une saison pluvieuse où le bilan hydrique est positif (Novembre à Avril). Elle est suivie par une saison sèche avec un bilan hydrique négatif (Mai à Octobre). D'autre part, la neige apparaît sur les sommets de plus de 700 m d'altitude (Janvier et février). Depuis 1913, les précipitations diminuent régulièrement, les moyennes mensuelles sont passées de 910mm par an entre 1913 et 1935 (Seltzer, 1946 in Boumezbeur, 1993), à 768,3 mm entre 1950 et 1988 (Chalabi, 1990), la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée entre 1986 et 1992 n'a été que de 672,4 mm. Le mois de décembre est plus arrosé pour la période 1913- 1935, alors que janvier l'est pour la période 1950- 1988, le mois de novembre pour la période 1986- 1992 et en fin le mois de

décembre pour la période 1989- 2006 (Tableau. 2). Ce phénomène de sécheresse peut être généralisé à l'ensemble du pays (Ziane, 1999).

2.1.2.3. Humidité

La proximité de la mer et des étendues de zones humides favorisent la nébulosité dans la région. La mer joue un rôle de condensateur des masses d'air tropical, tandis que les zones humides subissent une évaporation intense du fait de l'ensoleillement. Il en résulte une humidité atmosphérique élevée qui se transforme au début du printemps, en brumes qui recouvrent souvent les hauteurs de Djbel Ghorra ainsi que les vallées basses et les zones humides. L'humidité de l'air varie entre 72% et 78 % pour la période de 1913- 1936 avec un maximum durant l'hiver et au début de l'été. Elle oscille entre 68% et 75% pour la période de 1950- 1988 avec un maximum à la fin de l'été et au début de l'hiver, en 1991- 2006, elle fluctue entre 65% et 74% où le maximum est enregistré en début de l'hiver et en fin d'été (Tableau. 2).

2.1.2.4. Vents

Les vents Nord-Ouest dominants connus dans la région, sont souvent chargés en humidité et en précipitations venus de l'Atlantique. La vitesse moyenne reste modérée car elle ne dépasse pas les 20m/s (De Blair, 1990).

Le régime des vents joue un grand rôle dans le méso climat de la région. D'une manière générale la période hivernale se caractérise par des régimes de nord et nord-ouest forts à modérés accompagnant les dépressions. En revanche la période estivale se caractérise par des vents de nord-est et sud ou sud-est chauds dont les effets sont particulièrement néfastes sur la végétation lorsque, combinés à un état de déficit hydrique, ils favorisent de violents incendies e forêts (Benyacoub et Chabi, 2000).

2.1.3. Caractères bioclimatiques

La synthèse climatique des données précitées fait ressortir : un caractère de contrainte entre les saisons, une période sèche qui s'étend de la fin d'Avril jusqu'au début Septembre, une valeur de quotient pluviométrique d'Emberger égale à 122,25 et qui permet de situer la région d'El-Kala dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud. D'après le climagramme d'Emberger (1955), la région d'El-Kala se situe dans un étage bioclimatique subhumide caractérisé par un hiver chaud (Figure. 2).

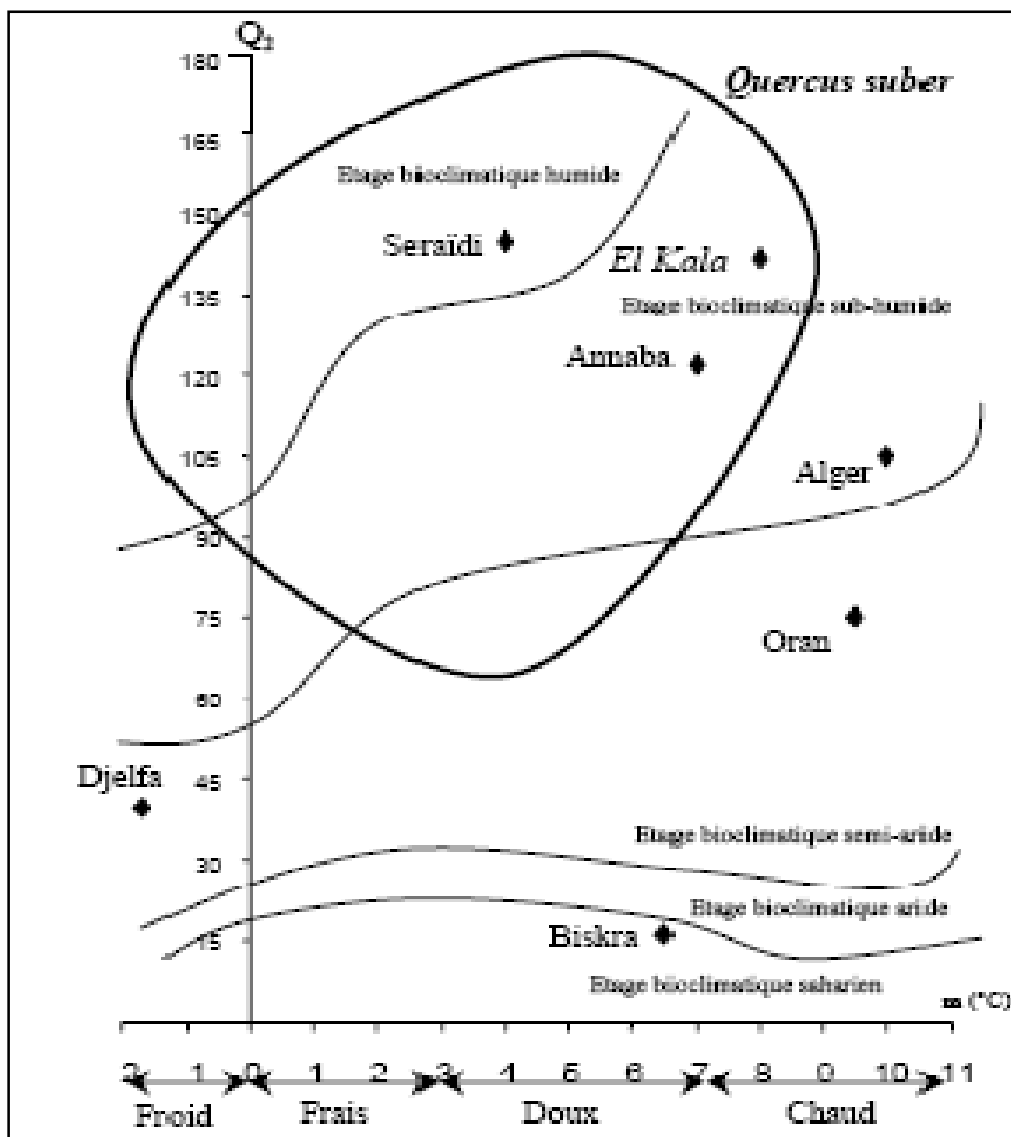


Figure. 2: Position de la région d'El-Kala sur le diagramme d'Emberger (1955) et répartition bioclimatique du chêne-liège.

La région se révèle être une véritable mosaïque d'étages bioclimatiques et de végétation, ainsi du littoral au massif forestier de la Mejerda, on distingue trois étages bioclimatiques (Toubal, 1986).

- **Etage subhumide à hiver chaud** : il se trouve dans la partie Nord du Parc au niveau des plaines alluviales. Le cordon dunaire et les collines sublittorales se caractérisent par l'aire de l'Oléo lentisque à Caroubier au niveau altitudinal supérieur (Toubal, 1986).
- **Etage humide à hiver chaud à tempéré** : se trouve au-delà de la plaine alluviale. Il est caractérisé par la présence du chêne-liège (*Quercus suber* L), du niveau le plus thermophile à basse altitude vers le moins thermophile à haute altitude, nous pouvons constater deux groupements principaux : le groupement à *Quercus suber* et *Pistacia lentiscus* à basse altitude et le groupement à *Quercus suber* et *Cytisus triflorus* à haute altitude entre 500 et 700 m.
- **Etage humide à hiver chaud à tempéré à frais** : il se manifeste au-delà de 800 m à 900 m d'altitude et se caractérise par l'aire du Chêne-zeen (*Quercus Faginea*) qui se développe lorsque la pluviométrie est supérieure ou égale à 900 mm/an.

2.1.4. Biodiversité de la région

2.1.4.1. Richesse faunistique

En raison de la diversité des écosystèmes et des niches écologiques, une importante faune vit dans cette région. Ainsi le groupe des mammifères est représenté par 40 espèces connues et recensées dont 9 chiroptères (chauve-souris) et 2 espèces marines, le phoque moine et le dauphin commun. Mais le mammifère emblématique de la région est le cerf de Barbarie qui est le mammifère le plus précieux de la région (Alleg, 1986); c'est une espèce endémique et reste la seule espèce connue de cervidé africain. L'hyène tachetée ou rayée, le renard roux, le chacal doré, le lynx caracal, le chat sauvage, la genette, la mangouste, le porc-épique se font de plus en plus rares. Le sanglier, comme partout en Algérie, prolifère dangereusement. La loutre, espèce protégée à l'échelle mondiale, vit discrètement dans les eaux de lac Oubeïra, Tonga, Mexa. Quant aux deux espèces de tortues marines, les plus connues dans la région, la tortue caouane et la tortue verte, florissantes il y a si peu de temps, ont régressé de façon inquiétante à cause de leurs plages de pontes perturbées par la multiplication des routes et la surfréquentation inconsciente de ces prétendues zones dites " d'expansion touristique ". Le Parc abrite également 25 espèces de rapaces, dont le balbuzard pêcheur et le vautour

percnoptère ; 9 espèces d'oiseaux marins, dont le cormoran huppé et le goéland argenté ; 64 espèces d'oiseaux d'eau, dont la poule sultane, la sarcelle marbrée et surtout deux espèces de canards, le fuligule nyroca et l'erismature à tête blanche, qui ont contribué au classement international des zones humides d'El Kala parce qu'elles rassemblent chaque hiver une forte proportion de leurs effectifs mondiaux ([www.El Kala – Park national.htm](http://www.ElKala-Parknational.htm)).

Cette richesse confère par ailleurs, à certains sites du Parc, les zones humides, le statut d'importance internationale (Dziri, 2003).

2.1.4.2. Richesse floristique

Selon De Belair (1990) in Djouda, 2005, environ 850 espèces constituent le patrimoine végétale de la région d'El-Kala qui compte 65 algues, 110 champignons, 50 lichens, 40 mousses, 25 fougères et 545 spermaphytes qui représentent le tiers de la flore algérienne.

La flore de la réserve est constituée de plantes aquatiques, d'un ensemble de plantes faisant partie des cortèges floristiques du chêne liège, du chêne zeen et de certaines espèces très rares, le nénuphar jaune très localisé et la châtaigne d'eau qui tapisse la surface du lac Oubeïra, dont c'est la seule station dans le Maghreb.

L'écosystème forestier est composé principalement de forêts naturelles telles que le chêne zeen et le chêne liège abritant de nombreuses essences comme le châtaignier et le chêne vert, et de forêts de reboisements à savoir le pin maritime et l'eucalyptus. Par endroit grâce à l'action de l'homme, le cèdre a repris sa place dans la région. Les sous-bois sont évidemment très riches. Le chêne vit en symbiose avec la bruyère, qui fournit la matière première pour l'ancienne petite fabrique locale de pipes.

2.2. Présentation des sites d'études

Pour évaluer l'état sanitaire des forêts, le choix des sites a été basé sur les critères suivants: la possibilité d'accéder aux sites d'échantillonnage, présence d'une subéraie homogène, présence de bovins créant des conditions intéressantes d'observation de l'effet du surpâturage.

Site El-Mellah: Au bord de la route RN 84 A, près de la station biologique d'El- Mellah, la subéraie d'El-Mellah se situe au Sud du lac Mellah, avec une orientation Sud-Sud-est et occupe le versant Nord de la forêt Boumalek, l'altitude est de 3 m et la distance à la mer est de 6,5 Km, elle se trouve sur des grès de Numidie, cette station n'a jamais été incendiée, et

présente de ce fait, un état climacique (Figure. 3A). Elle est constituée de trois strates : La strate arborée mono spécifique à *Quercus Suber* dont les arbres ne dépassent pas les 8m.

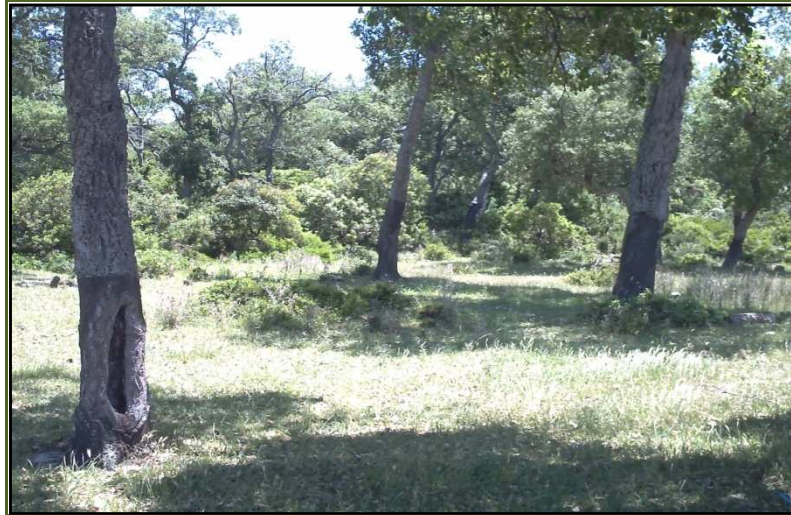
La strate buissonnante caractérisée par la présence des espèces épineuses tel que le Calycotome et le Ciste, mais également de Myrte, d'Asphodèle, de Palmier nain et de Lentisque.

La strate herbacée caractérisée par sa faible abondance à cause de l'action du pâturage des bovins et caprins, elle est constituée essentiellement de graminées.

Site Sanaoubari : Situé à l'Ouest du lac Oubeïra et au Sud-est du lac Mellah, l'altitude est de 35m, la distance à la mer 7 Km, l'orientation de la subéraie est Sud-Sud-est, elle a été incendiée en 1983, caractérisée par une strate arborée dense, une strate arbustive très développée et une strate herbacée faiblement représentée. Ce milieu est singularisé par la présence des signes d'une dégradation importante de la couverture végétale due au surpâturage (Figure. 3B)

Site Brabtia: Le site de Brabtia compte environ 30 ha, se présente sous forme d'un milieu hétérogène constitué de la juxtaposition d'un bocage, d'une ripisylve et d'une subéraie dégradée. La subéraie occupe les piémonts d'oued Bouaroug. L'altitude est de 15 m, il est distant de la mer de 7,5 Km, l'orientation de la subéraie est Sud.

La strate arborée mono spécifique est composée essentiellement de sujets de chêne-liège *Quercus suber* d'une hauteur moyenne de 8m, leur recouvrement moyen est de 60%. Le sous-bois est constitué principalement de *Phillyrea angustifolus*, *Pistacia lentiscus*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Erica scoparia*...ces espèces forment un endrevêtement de rameaux, de branches et lianes qui peuvent atteindre 4m de haut et se confondre avec les branches basses des arbres (Figure. 3C)



A : Forêt du chêne-liège du site El-Mellah.



B : Forêt du chêne-liège du site Sanaoubari.



C : Forêt du chêne-liège du site Brabtia.

Figure 3 : Présentation des sites d'étude.

(Cliché Chaabna)

2.3. Présentation du matériel végétal (Le chêne liège)

2.3.1. Systématique

Non scientifique: *Quercus suber* L.

Règne:	Plantae
Sous-règne:	Tracheobionta
Division:	Magnoliophyta
Classe:	Magnoliopsida
Sous-classe:	Hamamelidae
Ordre:	Fagales
Famille:	Fagaceae
Sous-famille:	Quercineae ou Quercoidées
Genre:	<i>Quercus</i>
Espèce:	<i>suber</i> L.



Figure 4 : Chêne liège.

D'après Benseghir (2002 in Adouane, 2008), le chêne liège est reconnu en Algérie, selon les noms vernaculaires suivants:

- El Felline: Cette dénomination est probablement d'origine grecque (*Phellodrus:Phellos/liège*).
- Akhnache (liège) dans la région de petite Kabylie.
- Aqchour dans la région de Grande Kabylie.
- Fernane à l'Est du pays.

2.3.2. Caractères botaniques

❖ **Physionomie**

Le chêne liège est un arbre de petite taille, ne dépassant guère les 13 m, mais pouvant néanmoins atteindre 25 m. Son port est variable en fonction de la densité du peuplement : tronc court et houppier étalé dans les peuplements clairs (impact anthropique marqué) ou tronc long et houppier élancé dans les peuplements denses. Le chêne liège est toutefois une espèce héliophile, il présente un couvert léger laissant passer la lumière. Il peut vivre jusqu'à 250 à 300 ans mais les levées successives, les éventuels incendies et les conditions stationnelles, diminuent fortement cette longévité.

❖ **Appareil végétatif**

- **Les racines :** Système racinaire pivotant avec des ramifications latérales puissantes, permettant un enracinement profond dans le sol et qui peuvent en outre être mycorhizées par des champignons (Genre *Boletus*, *Russela*, *Lactarius*).

Le chêne liège présente une grande vigueur qui se traduit par un bon rejet de souche, facilitant la reprise après coupe ou incendie (Cantat et Piazzetta, 2000).

- **Le bois :** Le bois du chêne liège est dur, lourd clair et légèrement rosé. Il sèche difficilement et se fend facilement. Une fois déliégé, il fournit un excellent bois de chauffage.
- **Le tronc :** Le tronc, généralement court, se ramifie à une faible hauteur. Il est recouvert d'un liège épais fortement crevassé longitudinalement. La circonférence à 1,30 m (DBH) du sol est de 70cm entre 27 et 35 ans, elle peut atteindre des dimensions importantes: (Natividade, 1956) signale l'abattage, en 1876 au Portugal, d'un spécimen de 12 m de circonférence à la base. Sa longévité est de 80 à 100 ans dans l'étage bioclimatique semi-aride et de 200 ans dans l'humide (Metro, 1958).
- **L'écorce:** l'écorce est la caractéristique la plus singulière du chêne liège. Sur les arbres qui n'ont jamais été écorcés, il s'agit d'une couche de couleur grisâtre, peu dense et avec de nombreuses et profondes crevasses le long du tronc.

L'écorce est essentiellement composée de liège (succession de cellules mortes et creuses) générée par l'assise subéro-phellodermique (Cantat et Piazzetta, 2000). Le liège est principalement constitué de subérine (47% et 27% de lignine). Le liège produit directement par l'arbre est le « liège mâle », crevassé, très siliceux et de moindre qualité ; on doit l'enlever, c'est l'opération de « **démasclage** » qui se fait dès que le tronc atteint 70cm de circonférence. Le nouveau liège qui se forme est le « liège femelle » ou « de reproduction », que l'on lève tous les 9 à 15 ans (selon les régions) quand l'épaisseur voulue est atteinte, environ 3cm. L'écorce s'exploite sur le tronc et les principales branches, en fonction de la circonférence du chêne-liège. Le liège est produit de faible densité, bon isolant thermique, acoustique et vibratoire, et résistant à l'eau grâce à la subérine qui imprègne les cellules.

Liège femelle sert traditionnellement à fabriquer des bouchons alors que le liège male peut être concassé en granules et transformé en panneaux d'isolation (www.wikipedia.fr).

- **Les feuilles:** Le chêne-liège est un arbre à feuilles persistantes (2 à 3 ans). Elles sont de taille et de forme très variables (oblongue, ovale, ou ovale lancéolée), elles mesurent 3 à 5 cm de long sur 1,5 à 4 cm de large. Certains arbres (rares) ont des feuilles typées ("en cuiller", longues et fines, etc.); sur d'autres la morphologie des feuilles varie avec leur position sur le rameau et sur l'arbre et avec l'année (Fraval, 1991). Selon de nombreux auteurs, les feuilles du chêne-liège passent 2 à 3 années sur l'arbre avant de tomber. Le débourrement (ou apparition de nouvelles feuilles) a lieu au printemps, en effet la majorité des anciennes feuilles tombent graduellement au fur et à mesure que les nouvelles se forment, de sorte que l'arbre n'est jamais complètement dépouillé (Natividade, 1956).

❖ Appareil reproducteur

- **Les fleurs :** espèce monoïque. Les fleurs mâles sont regroupées en grappes « **chatons** » de 40 à 80mm de long au bout des pousses de l'année précédente. Les fleurs femelles souvent solitaires ou groupées par trois ; en chatons courts (5 à 40 mm de long) poussent isolément à la base des feuilles de la pousse de l'année. D'après (Lamey, 1983), le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence dès l'âge de 12-15 ans et déroule entre la fin avril et la fin mai (Piazzeta, 2005). Quant à la régénération, elle se fait soit par semis naturel des glands et/ou par rejet de souche à la suite de l'intervention de l'Homme ou du feu (Tlili, 2003).
- **Les fruits ou glands:** Le fruit est un gland. Il est de taille très variable, de 2 à 4,5 cm de long sur 1,5 à 1,8 cm de diamètre (Camus, 1938), de forme généralement trapu et arrondi, lisse, brillant de couleur brune. La partie inférieure, tronquée, portant une cicatrice rugueuse et saillante, est enfermée dans une cupule sur 1 à 2,5 cm. La cupule est de taille et de forme très variable ; munie d'écailles grise croissant en longueur de la base au sommet, elle est portée par un pédoncule assez court, de forme allongée et conique à sa partie inférieure.

L'extrémité distale du gland se termine par une pointe courte, velue, où peuvent s'observer les restes desséchés des stigmates.



A : Écorce



B : Feuilles



B : Fleurs « Chatons »



C : Glands

Figure 5 : Caractéristiques botaniques et reproductrices du chêne liège.

2.3.3. Exigences écologiques

Le chêne liège est exigeant en chaleur et en humidité, ce qui explique sa répartition en zone méditerranéenne. Température moyenne annuelle comprise entre 13°C et 16°C. Des lésions irréversibles apparaissent sur les feuilles en dessous de -5°C. Il demande des précipitations moyennes annuelles supérieures à 600 mm (Les éventuelles carences hydriques sont compensées par l'humidité atmosphérique à laquelle il est très sensible) (www.wikipedia.fr). Ces exigences varient néanmoins selon les particularités des stations qu'il colonise: exposition (Nord/Sud), topographie (sommet, fond de vallon), proximité de la mer, ...

On le retrouve dans les étages méso méditerranéen et collinéen entre 0 et 700m d'altitude.

En Algérie, le chêne-liège occupe une frange altitudinale comprise entre le niveau de la mer et 1300m ; il remonte exceptionnellement jusqu'à 1550m à Teniet El Had (Zine, 1992).

Le chêne liège préfère les sols aérés, profonds, frais, riches en matière organique, acides et franchement siliceux (rocheux, organique, porphyriques, schisteux ou gréseux). Il fuit les calcaires actifs et les sols hydro morphes (Cantat et Piazzetta, 2000).

2.3.4. Aire de répartition du chêne liège

Les forêts de chêne de liège couvrent approximativement 2,7 millions de hectares dans un territoire comprenant le Portugal, l'Espagne, l'Algérie, le Maroc, l'Italie, la Tunisie et la France (WWF, 2006 in Jean-Philippe Orts et Daniel Vallauri, 2006).

C'est une espèce typiquement méditerranéenne dont l'aire est limitée au bassin occidental de la Méditerranée et le littoral atlantique.

En Tunisie, il est essentiellement cantonné dans le Nord, dans les climats subhumide, humide, hyper humide (de Bizerte à Tabarka). Des stations isolées se retrouvent au Cap Bon (Djebel Abderrahman) et disséminent dans la dorsale tunisienne jusqu'au djebel Serj qui est la station la plus méridionale. En Algérie, le chêne couvre de vastes espaces au Nord Est du pays où il recouvre 43 0000 ha depuis l'Oranie jusqu'en Kabylie. Les principales subéraies algériennes sont localisées dans le Tell Oriental, situées essentiellement en zones subhumides et humides au Nord-est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (Zeraïa, 1983). Elles se répartissent à travers 22 wilayas (Ouelmouhoub, 2005).

Le chêne liège s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale et reste disséminé sous forme d'îlots de moindre importance dans la partie Ouest.

Au Maroc, l'aire de répartition ne se limite pas aux régions méditerranéennes mais englobe aussi plusieurs régions le long du littoral atlantique à la latitude de djebel Amsitten et y recouvre 400 000 ha. Le chêne liège n'existe ni en Libye ni en Egypte.

Tableau 1 : La surface couverte par le chêne-liège dans le bassin méditerranéen
Institut méditerranéen du liège.

PAYS	Superficie (hectares)	%
Portugal	860.000	32
Espagne	725.000	27
Maroc	440.000	16,4
Algérie	375.000	14
Tunisie	144.000	5,3
Italie	99.000	3,7
France	44.000	1,6



Source : DGF, 2003.

Figure 6: Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (Source DGF, 2003 in Ouelmouhoub, 2005).

2.3.5. Production et importance économique

L'importance économique du chêne liège réside essentiellement dans son écorce, le liège, qu'il produit régulièrement tout au long de sa vie. Ce matériau particulièrement léger, souple, élastique, imperméable et non conducteur pour la chaleur est utilisé depuis l'antiquité pour des fins diverses (Boudy, 1950). D'abord employé dans la navigation et la pêche sous forme de flotteurs pour filets de pêche ou de bouées d'ancre de navires, (Dessain, 1992), il a ensuite été utilisé en industrie pour la fabrication de divers produits et sous produits tels que l'aggloméré d'isolation et de décoration, les revêtements, les décors auto-adhésifs, la maroquinerie, les granulés et surtout les bouchons. C'est après l'apparition de la bouteille en verre, au milieu du XVII^{ème}, que l'arbre a commencé à être mis en valeur à la recherche de son liège (mâle) pour en faire de bouchons, mais le véritable démasclage n'a commencé qu'au XVIII^{ème} en Espagne (Battistini, 1938 ; Goumand et Peyre, 1992).

- ❖ **Au monde** ; La production mondiale de liège est estimée à 340.000 tonnes/an répartie comme suit :

A noter que la production française pourrait être de 10.000 tonnes si toutes les forêts étaient exploitées (Catalogne, Var, Gascogne Landes et Corse).

En France, l'aire subéricole serait selon l'Inventaire Forestier National de 108 000 ha, mais seulement de 22 000 ha en surfaces corrigées. Elle est localisée principalement en zone méditerranéenne (qui comprend la zone côtière, la basse plaine et l'arrière-pays dont l'altitude ne dépasse pas 700 m)

La consommation actuelle des pays du Maghreb, Maroc, Algérie, Tunisie en produits de liège est faible ; la majorité de la production est exportée, principalement sous forme de produits finis et procure en moyenne chaque année 4 000 000 US Dollars environ en devises pour le cas de la Tunisie.

- ❖ **En Algérie** ; Le chêne liège, constitue une des richesses forestière de l'Algérie. Ses forêts tenaient et tiennent toujours une place primordiale dans la vie socio-économique de la production riveraine et du pays en général. Ce produit occupait au début du siècle dernier, à ce jour, le premier rang des produits forestiers et son exploitation représentait selon Marc (1916) les trois quarts de la recette forestière totale.

2.4. Méthodologie adopté pour l'étude sanitaire du chêne-liège

Afin de caractériser le peuplement de chêne-liège de nos sites d'étude, nous avons effectué sur terrain plusieurs relevés de différentes natures (observations et notes, mesures et analyses). Ces relevés sont répartis en deux grandes catégories, l'une caractérisant les stations d'observations (relevés stationnels) et l'autre les arbres-échantillons (relevés caractéristiques des arbres).

Dans la présente étude, 3 sites ont été choisis avec 30 arbres chacun. La sélection des arbres échantillons est parfaitement neutre puisqu'on les a choisis sans tenir compte de leur état sanitaire apparent. A partir du premier arbre repéré indifféremment dans le peuplement, le reste des arbres a été sélectionné par la méthode du plus proche voisin (Bouhraoua, 2003). Cependant, certains jeunes sujets dont le liège mâle n'avait pas encore été enlevé, n'ont pas été pris en considération. Chaque arbre sélectionné a été numéroté par une peinture blanche non toxique.

2.4.1. Relevés caractéristiques des arbres

Les mesures effectuées sur les arbres échantillons sont regroupées en classes déterminant, ainsi deux types de relevés:

Relevés dendrométriques: Ils déterminent la croissance des arbres et contiennent des mesures de la circonférence du tronc prise à 1,30 m du sol (au mètre ruban), la hauteur de l'arbre (estimation visuelle) et la hauteur des premières branches (au mètre ruban) (Bouhraoua, 2003).

Relevés d'exploitation: Ils caractérisent la qualité avec laquelle le liège a été exploité. Ils comportent des mesures de la hauteur d'écorçage de la dernière levée, le nombre d'écorçages (en comptant le nombre de couches de liège apparentes), et le coefficient de démasclage « Cd ». Cet indice s'obtient en divisant la hauteur démasclée par la circonférence à hauteur d'homme.

$$Cd = \text{hauteur démasclée} / \text{circonférence à hauteur d'homme}$$

En ce qui concerne la méthode adoptée pour l'évaluation de l'état sanitaire du peuplement de chêne-liège, elle consiste essentiellement à examiner chaque partie des arbres échantillons.

Cet examen est réalisé sur l'houppier des arbres, le tronc, les branches, les feuilles, les rameaux et les glands (D.S.F., 1991b, Bakry et Abourouh 1996 a).

2.4.2. Relevés stationnels

Relevés sylvicoles: Ils permettent de décrire et d'analyser le peuplement du point de vue de son histoire sylvicole. De nombreux descripteurs sont alors utilisés dont certains sont des mesures, d'autres des estimations relevées sous forme de notes, et d'autres des simples observations (Tableau.2).

Tableau. 2: principaux descripteurs des relevés sylvicoles.

Descripteurs	Notes
Age	1 (jeune: < 40 ans, Ø< 70 cm), 2 (adulte: 40 à 70 ans, Ø= 70-109cm), 3 (vieux : > 80 ans, Ø> 110 cm).
Sous bois	1 (nul), 2 (réduit), 3 (moyen), 4 (dense mais pénétrable), 5 (dense et impénétrable)
Régénération	1 (aucune), 2 (rare), 3 (moyenne), 4 (forte)
Fréquentation humaine	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)
Pâturage	1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (abondant)
Concurrence avec d'autres essences	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)
Statut social	1 (dominé), 2 (Co-dominant), 3 (dominant)

2.4.3. L'examen de la cime

Consiste à évaluer visuellement la vitalité des arbres du site et par conséquent l'état sanitaire des forêts. Pour cela, une observation automnale (fin Septembre et début Octobre) est réalisée pour l'appréciation de la réponse des arbres à certaines conditions écologiques défavorables de l'été. L'examen de la cime permet de mettre en évidence deux principaux symptômes : **La défoliation** (la perte foliaire) et **la décoloration** (coloration anormale) (Landmann, 1988; Bonneau et Landmann, 1988) qui sont considérés le plus comme des indicateurs, que de véritables mesures de la vitalité.

La défoliation: Traduit la perte éventuelle de feuilles dans la partie fonctionnelle de la cime. Selon Bouhraoua (2003), sa notation repose sur l'examen de la ramification d'abondance et l'état physiologique des branches et des rameaux (Figure.7).

L'estimation de la perte des feuilles consiste à découper la cime de l'arbre en zones homogènes, à estimer les pertes par zone et définir ensuite la note. Les différentes notes ainsi obtenues sont regroupées en 5 grandes classes (Tableau.3).

Tableau. 3: Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres atteints.

Classes	% du feuillage affecté	Signification des classes	Classes	Catégorie sanitaire
1	0-10 %	Arbre non défolié	1	arbre sain
2	15-25 %	Arbre faible défolié		
3	30-60 %	Arbre modérément défolié ou modérément dépérissant	2	arbre affaibli
4	65-95 %	Arbre fortement défolié ou dépérissent	3	arbre dépérissant
5	100 %	Arbre mort ou sec	4	arbre mort

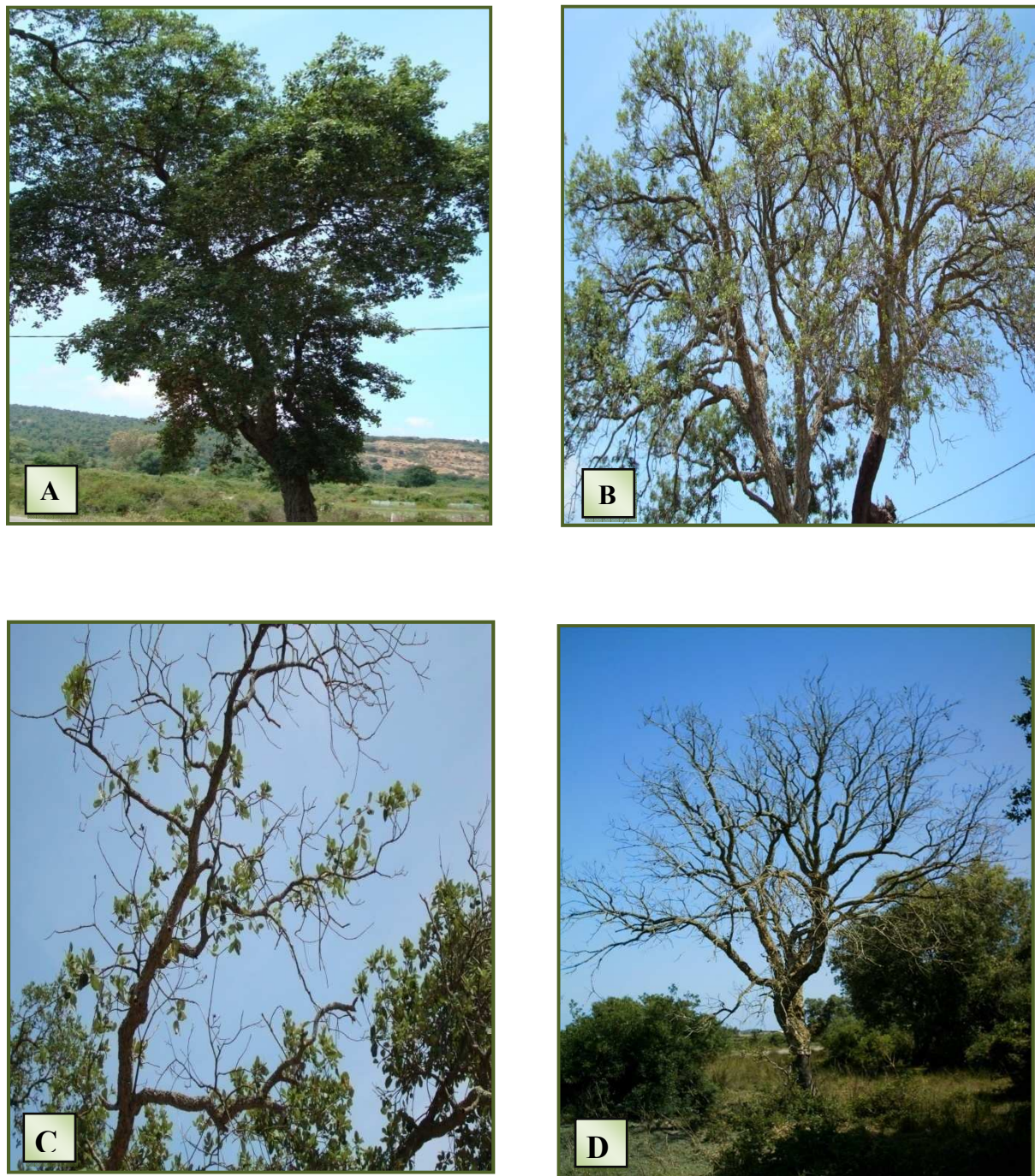


Figure.7: Les principales catégories d'arbres atteints selon les proportions de feuillage affecté.

(A): Arbre sain (classe 1 de défoliation), **(B):** Arbre affaibli (classe 2 de défoliation),
(C): Arbre dépérissant (classe 3 de défoliation), **(D):** Arbre mort (classe 4 de défoliation)

La décoloration: traduit un changement par rapport à la coloration habituellement observée sur le feuillage du chêne-liège (vert foncé lustré). Elle est notée par rapport au feuillage présent. Afin d'évaluer la décoloration, on procède comme suit: on découpe le houppier en 4 zones égales, on estime quelle proportion du feuillage de chaque zone présente une coloration anormale et on fait la somme des 4 zones pour définir la note (Tableau. 4) (Bouhraoua, 2003).

Tableau. 4: Classes de décoloration des feuilles.

Classes	Proportion de feuillage décoloré	Signification des classes	Catégorie de coloration
1	1 - 10 %	Pas de décoloration	Coloration normale
2	15 - 25 %	Faiblement décoloré	Coloration anormale
3	26 - 60 %	Modérément décoloré	
4	> 65 %	Gravement décoloré	
5	100%	Très gravement décoloré	

L'indice de dépérissement (ID): permet d'exprimer d'une façon directe l'état général du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement (Bouhraoua, 2003).

$$ID = \frac{(n1.p1) + (n2.p2) + (n3.p3) + (n4.p4)}{N}$$

ni : Nombre d'arbres de la classe i.

pi : Poids de la classe i (1 si i = 1, 2 si i = 2).

N : Effectif total d'arbres observés dans la station.

Ainsi, nous distinguons 3 niveaux de dépérissement en fonction des valeurs obtenues (Tableau.5).

Tableau. 5: Principales catégories de dépérissement du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de l' « ID ».

Indice de dépérissement (ID)	Statut sanitaire
$ID < 1,5$	Non dépérissant ou sain
$1,6 < ID < 2,0$	En début de dépérissement
$2,1 < ID < 2,5$	En dépérissement assez grave
$ID > 2,6$	En dépérissement grave ou fortement dépérissant

2.4.4. L'examen du tronc et des branches

Il consiste en des observations visuelles sur une hauteur ne dépassant pas les 3m. Ces observations sont effectuées en automne. D'après Bouhraoua (2003), chaque tronc est observé et décrit à l'aide d'un certain nombre de paramètres résumés dans le Tableau.6.

Tableau. 6: Différents descripteurs utilisés dans l'examen du tronc et branches

Descripteurs	Notes	Signification des notes
Présence de crevasses	1 - 4	1 (aucune), 2 (faible : 1- 10% de surface crevassée) 3 (moyenne; 11- 25%), 4 (forte : > 25%)
Départs de gourmands	1 - 4	1(aucune), 2(faible : 1- 15 gourmands), 3(moyen : 16 - 30), 4(important : > 30)
Ecoulement divers	1 - 4	1 (aucune), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (important)
Croûte charbonneuse	1 - 2	1 (absence), 2 (présence)
Déformation	1 - 2	1 (absence), 2 (présence)
Trous d'insectes xylophages	1 - 2	1 (absence), 2 (présence)
Suintements noirâtres	1 - 2	1 (absence), 2 (présence)
Flore lichénologique	1 - 2	1 (absence), 2 (présence)
Action de l'Homme	1 - 2	1 (absence), 2 (présence)
Champignons	1 - 2	1 (absence), 2 (présence)

L'examen du tronc: porte sur deux principaux indices; la présence des crevasses (partie manquante du tronc correspondant au bois altéré) et l'émission des gourmands. Par ailleurs, d'autres indices secondaires sont pris en considération pour l'état du tronc:

les déformations d'origine surtout pathologique (tumeurs en particulier) et l'action de l'homme (déliégeage illicite, des blessures diverses et des traces d'incendies).

L'examen de l'écorce et la zone sous corticale: permet de mettre en évidence la pénétration d'insectes xylophages, d'écoulements d'origines diverses, de nécroses et de croûtes carbonneuses d'origine fongique situées dans les infractuosités (Bouhraoua, 2003). Nous avons pris en considération la qualité de la couche du liège ainsi que la proportion de surface productive détériorée. L'appréciation de la qualité du liège à l'œil nu et au toucher repose respectivement sur sa texture extrême et la difficulté avec laquelle il se décolle de la couche mère : un liège est considéré comme déprécié lors qu'il est sec et se détache aisément par fragmentation. Un liège sain en revanche est élastique et adhère bien à la mère (Bouhraoua, 2003).

La proportion de surface détruite est déterminée par rapport à la surface totale de la partie du tronc observée. La proportion ainsi obtenue a été enregistrée en utilisant la notation suivante (Tableau.7).

Tableau.7: Classes de notation de la déhiscence du liège.

Note	% de déhiscence
1	0% de déhiscence : tronc complètement sain
2	Faible : 1 à 10 % de surface productive perdue
3	Moyen : 11 à 25 %
4	Assez fort : 26 à 50 %
5	Fort : 50 à 75 %
6	Très fort : > 75 %

La zone sous corticale est observée après écorçage des arbres (âgés, malades ou dépérissants) présentant un début de décollement. Pour ce qui concerne les agents biotiques, on s'est focalisé sur les champignons phytopathogènes dont les traces sont facilement

observées sur les parties ligueuses. Il s'agit des suintements noirâtres dus au Charbon de la mère (*Hypoxylon mediterraneum*), Armillaires, polypores et la flore lichénologique.

2.4.5. L'examen des feuilles et des rameaux

Au niveau de la partie inférieure de chaque arbre présent dans nos sites d'études, 4 rameaux feuillés de 10 cm ont été sélectionnés selon les 4 points cardinaux, à raison d'un rameau par orientation. Le prélèvement est effectué en 2012 uniquement au niveau du site El-Mellah.

Après avoir effectué une récolte, on procède directement, au laboratoire, à couper les feuilles au hasard des rameaux qu'on a prélevés des arbres échantillons. Ces dernières atteignant le nombre 500 vont être classées selon leur état sanitaire, placées séparément dans des boîtes en plastiques pourvues d'étiquettes (feuilles saines, feuilles attaquées, feuilles nécrosées, feuilles galles, feuilles attaquées et nécrosées, feuilles attaquées et présentant des galles, feuilles nécrosées et présentant des galles et feuilles attaquées, nécrosées et présentant des galles). Puis mesurées (longueur, largeur).

Ensuite, on étudie 100 feuilles saines, 100 feuilles attaquées, 100 feuilles nécrosées et 100 feuilles galles, et une fois celles-ci mesurées on calcule les surfaces. La surface foliaire est calculée par la formule de Moneville (1944):

$$\text{Surface foliaire} = \text{Longueur du limbe} \times \text{Largeur du limbe} \times 0,94$$

En ce qui concerne les feuilles nécrosées ou attaquées, on essaye d'évaluer leur proportion nécrosée ou endommagée et de les classer selon leur taux de surface détruite ou abimée.

Quant aux feuilles ayant des galles, on détecte l'espèce qui attaque les feuilles.

2.4.6. L'examen des glands

La régularité de la glandée: la glandée a été évaluée en automne et cela avant la tombée des glands. Pour cette appréciation, nous avons attribué l'échelle de notation présentée dans le Tableau. 8 (Bouhraoua, 2003).

Tableau. 8 : Echelle de notation de la glandée.

Note	Glandée
0	Nulle (0-10)
1	Faible à très faible (20 glands)
2	Moyenne (50 glands)
3	Abondante (≥ 50 glands)

Indice d'abondance globale (I_a) se calcule à l'échelle de la station en divisant le total des notes par l'effectif des arbres examinés.

On peut comparer pour une année donnée la glandée d'un arbre et celle de la station, puisque :

$I_a = < 1$: glandée faible, mauvaise année de production, arbres globalement inféconds.

$1 < I_a < 2$: glandée moyenne, année de moyenne production, arbres moyennement féconds.

$I_a > 2$: glandée abondante, bonne année, arbres très féconds.

Récolte et biométrie des glands : Le prélèvement des glands est effectué sur les deux ans successif 2008, 2009 et en octobre 2012. La récolte a été faite directement sur l'arbre et au sol après leur chute à maturation. Nous avons récolté entre 10 et 20 glands par arbre selon leur abondance. Au laboratoire, les glands prélevés ont fait l'objet de mesures (longueur, diamètre et poids) réalisés respectivement à l'aide d'un pied à coulisse manuel et une balance électronique.

Etude de l'infestation des glands: La récolte du mois d'octobre et du mois de novembre (100 glands) est disséquée, pour estimer d'une manière générale le taux d'infestation par les carpophagus. Sur un lot de 100 glands infestés on détermine, les espèces infestantes, le nombre de larves par gland réparti en 4 classes (Tableau.9).

Tableau. 9: Classes des glands infestés par le nombre de larves dans chaque gland.

Classes	Nombre de larves	Signification des classes
1	1	Glands très faiblement attaqués
2	2 – 5	Glands faiblement attaqués
3	6 – 9	Glands moyennement attaqués
4	10 et plus	Glands très fortement attaqués

2.5. Etude de la symbiose mycorhizienne chez le chêne-liège

2.5.1. Définition

Le terme «**mycorhize**» provient du grec *Mykēs* et *Rhiza*, ce qui veut dire littéralement « champignon- racine » : Cette appellation a été donnée pour la première fois par le phytopathologiste allemand Frank en 1885.

Historiquement, l'association symbiotique plante champignon mycorhizien est le résultat d'une longue évolution datant de l'apparition des plantes terrestres. Ainsi, la symbiose mycorhizienne semble très ancienne et l'origine mycotrophique des premières plantes vasculaires remonterait à une époque située entre 353 et 462 millions d'années (Selosse et Le Tacon, 1995). Elle est une partie intégrale de la plupart des plantes dans la nature (Gianinazzi et Trouvelot, 1982) et est présente chez 83% des dicotylédones et 79% des monocotylédones (Wilcox, 1996).

Les mycorhizes sont donc des organes d'origine mixte, résultant d'une association symbiotique entre le mycélium d'un champignon et la racine d'une plante (Lanier *et al*, 1976). Association symbiotique, la mycorhization se différencie des processus pathologiques par le fait que les deux partenaires tirent ici quelque profit de l'association.

2.5.2. Les différents types de mycorhizes

D'après la morphologie des mycorhizes et sur la base des critères écologique et physiologique et d'après le partenaire fongique impliqué dans la symbiose, on distingue trois groupes principaux:

- Les endomycorhizes
- Les ectomycorhizes
- Les ectoendomycorhizes

2.5.2.1. Les endomycorhizes

Les endomycorhizes ou les mycorhizes endotrophes ou encore endocellulaires sont caractérisées, d'une part, par l'absence de manteau fongique autour des radicelles et, d'autre part, par la pénétration des hyphes mycéliens à l'intérieur des cellules corticales, et par conséquent par l'absence de réseau de Hartig (Le Tacon, 1978). Celles-ci ne peuvent pas être décelées à l'œil nu ; on les observe sous microscope après une coloration spécifique et selon la forme que prennent leurs champignons associés et selon le type de formation intra ou intercellulaires on distingue :

❖ **Les endomycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés :**

Ce type de symbiose est relativement moins important comparé aux autres. Selon les familles végétales chez lesquelles il se manifeste, on distingue :

-Les endomycorhizes éricoïdes

On rencontre ce type de symbiose chez les Ericacées (*Calluna, Erica, Vaccinium*), les Empétracées (*Empetrum*) et quelques familles voisines.

Les champignons associés sont essentiellement des Ascomycètes et des Basidiomycètes. (Gobat *et al*, 1998).Ceux-ci se caractérisent par l'absence d'arbuscules, ils forment simplement des boucles à l'intérieur des cellules hôtes.

- Les endomycorhizes orchidoïdes

Ce type de symbiose appartient à la famille des Orchidacées (dépourvus de chlorophylle) qui présente des mycorhizes d'un type très particulier. Les champignons impliqués sont des Basidiomycètes (Genre *Rhizoctonia*). L'infection y est seulement intracellulaire et limitée aux cellules épidermiques et corticales de l'hôte. La grande particularité des mycorhizes d'Orchidées est que le champignon ne se nourrit pas du carbone apportée par la plante. Au contraire, le mycélium extra radriculaire vit en saprophyte dans la zone environnant la racine et fournit à la plante, outre les sels minéraux dont elle a besoin, du carbone organique (Gobat *et al*, 1998).

❖ **Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules :**

Dans la symbiose endomycorhizienne vésiculo-arbusculaire AM, les champignons développent à l'intérieur des cellules, des arbuscules et des vésicules intra ou intercellulaires (Duhoux et Nicole, 2004). Elles se rencontrent chez la plupart des plantes herbacées et certains arbres forestiers et fruitiers. Les symbiotes sont des champignons inférieurs apparentés aux Zygomycètes, formant un groupe phylogénétiquement homogène, l'ordre des Glomales (Gobat *et al*, 1998).

2.5.2.2. Les ectomycorhizes

Ecto signifie à l'extérieur, ex : autour des cellules. Les ectomycorhizes ou les mycorhizes ectotrophes sont caractérisés par :

- Un manteau mycélien entourant une racine courte de l'arbre (Le Tacon, 1978).
- Un réseau fongique intercellulaire (réseau de Hartig) entre les cellules de l'assise pilifère et les premières cellules corticales ;

-Un réseau extra matriciel de filaments mycélien qui explorent le sol pour assurer la nutrition minérale de l'association. Ces filaments mycéliens sont reliés aux fructifications (carpophores) du champignon (Duhoux et Nicole, 2004).

C'est dans les racines courtes, ramifiées ou non que l'association se forme d'une façon caractéristique qui la rend visible à l'œil nu. (Gianinazzi, 1982).

Sous l'effet d'hormones secrétées par le champignon, le développement de la racine est modifié : la croissance longitudinale est plus faible, les radicelles s'épaississent et se ramifient fortement. La gaine mycélienne ou manteau atteint 40µm d'épaisseur et constitue jusqu'à 40% du poids de la radicelle (Gobat *et al*, 1998). Les ectomycorhizes sont observées chez les Gymnospermes : les Pinaceae (Sapin, mélèze, pin,...etc.) et chez les Angiospermes, principalement des dicotylédones comme les Fagaceae (hêtre, chêne, châtaignier), les Myrtaceae (*Eucalyptus*) (Duhoux et Nicole, 2004).

Elles se forment presque exclusivement entre les essences forestières croissant en région tempérée (environ 5% des espèces végétales) et des espèces fongiques appartenant surtout aux Basidiomycètes, mais aussi aux Ascomycètes et exceptionnellement aux Zygomycètes (Gianinazzi, 1982). Ces champignons peuvent développer des carpophores dont certains sont comestibles et des champignons célèbres comme les chanterelles, truffes, bolets et morilles forment des ectomycorhizes (Dénarié, 2000).

Un même arbre peut être infecté par plusieurs champignons ectomycorhizogènes différents. Les espèces qui s'installent les premières sont en général les moins spécialisées ; elles sont remplacées progressivement par des espèces plus spécifiques. Un même arbre peut avoir à la fois des ecto- et des endo-mycorhizes (Garbaye, 1988).

2.5.2.3. Les ectendomycorhizes

Les ectendomycorhizes sont des types d'associations intermédiaires entre les deux groupes précédents. Ce type de mycorhizes est très peu répandu et comme son nom l'indique, les champignons impliqués développent aussi bien un manchon fongique à l'extérieur des racines que des formations endocellulaires en pelotons (Gianinazzi, 1982). Elles peuvent être de type Arbutoïdes de la famille des Arbutées (du nom de l'arbousier *Arbutus unedo*) Ce sont des ectendomycorhizes dont les hyphes sous forme de pelotons intracellulaires sont très développés ou de type monotropoïde (l'hôte est une plante parasite), des hyphes pénètrent dans les cellules corticales qui deviennent alors profondément modifiées (Strullu *et al*, 1991).

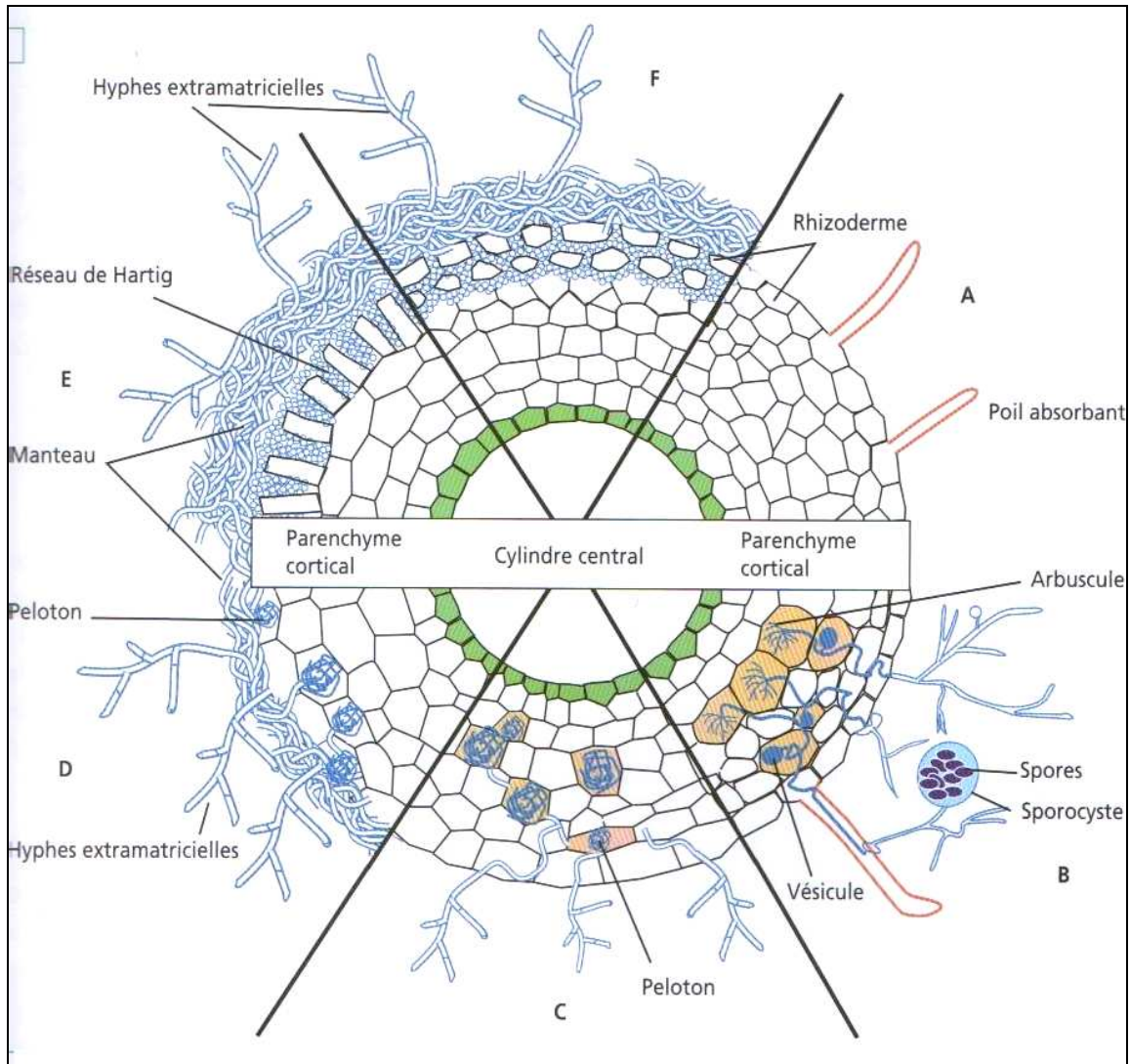


Figure 8 : Les principaux types de mycorhizes (Selosse et Le Tacon, 1995)

A: Racine sans symbiote.

B: Endomycorhize AM.

C: Endomycorhizes à pelotons.

D: Ectendomycorhizes.

E: Ectomycorhizes chez les Angiospermes.

F: Ectomycorhizes chez les Gymnospermes.

2.5.3. Relation entre l'arbre et le champignon au niveau des ectomycorhizes

Dès 1885, Frank et les premiers mycorhizologues estimaient déjà que les champignons ectomycorhiziens favorisaient la nutrition azotée et phosphatée des arbres associés et dépendaient des sucres prélevés chez ces derniers pour assurer leur croissance végétative et accomplir leur cycle sexuel. Chez les ectomycorhizes, les relations nutritionnelles entre les symbiotes sont basées sur deux caractéristiques essentielles.

Premièrement, l'hyphe progressant dans le sol absorbe, le plus souvent de façon active, les ions minéraux qui sont alors transportés par le mycélium ou les rhizomorphes vers la racine-hôte. L'absorption des éléments minéraux peu mobiles dans le sol (phosphate, potassium...) ou adsorbés sur les particules du sol (ammonium...) est particulièrement dépendante de ce mécanisme. En effet, ces ions sont rapidement absorbés par la racine en croissance et il se forme dans la rhizosphère de celles-ci une zone de déplétion conduisant à des carences minérales.

L'absorption de la racine est alors fonction de l'approvisionnement en éléments minéraux de la région péri-racinaire par diffusion des ions dans le sol plutôt que des besoins réels des tissus racinaires. Les vitesses de transport des métabolites le long du mycélium ectomycorhizien sont plus élevées que les taux de diffusion des ions dans le sol et de ce fait les hyphes restaurent un approvisionnement normal du système racinaire.

La fourniture, par la plante-hôte, de composés carbonés au champignon associé constitue la seconde caractéristique des relations nutritionnelles entre champignons ectomycorhiziens et racine. Harley et Smith (1983) ont souligné que ces échanges de nutriments ne s'effectuaient qu'entre les cellules vivantes et en contact étroit. Cette condition n'est remplie que pendant une période limitée du développement de la symbiose et dans une région racinaire restreinte : la zone d'infection mycorhizienne. Avant ce stade de développement le contact entre les partenaires est réduit et après celui-ci les cellules de la racine et/ou du champignon sont en phase de sénescence.

Le succès d'une association symbiotique, qu'il soit défini en termes d'évolution ou de physiologie, nécessite un degré élevé de coordination intercellulaire et de corégulation métabolique aboutissant à la mise en place de caractéristiques spécifiques de la symbiose à différents niveaux de l'organisation symbiotique. Cette coordination entre les partenaires est indispensable si une association à long terme doit s'établir.

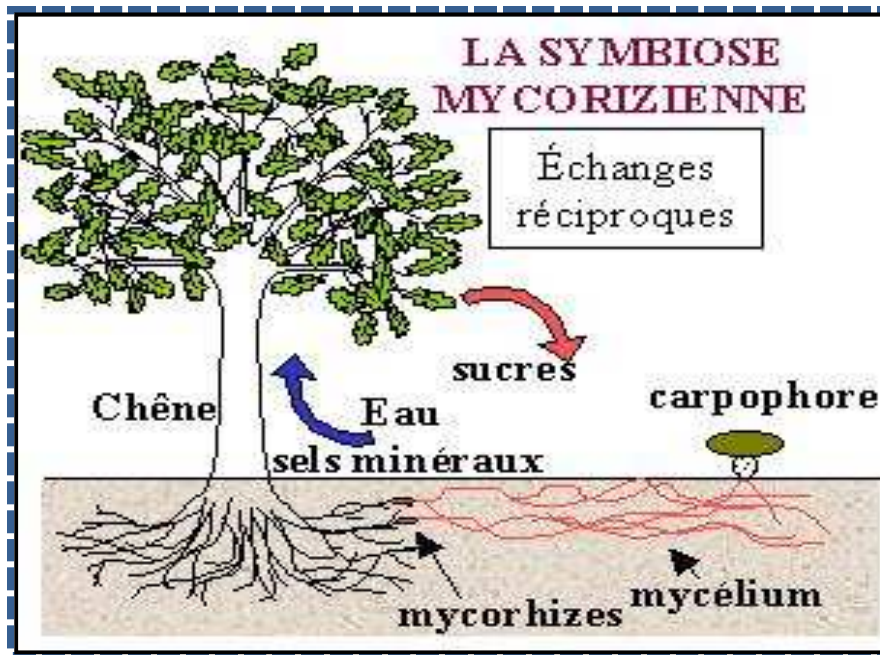


Figure 9 : L'échange réciproque entre l'arbre et le champignon mycorhizogène.

2.6. Inventaire des champignons macromycètes

2.6.1. Récolte des champignons

Dans les trois sites, nous avons effectué des sorties pendant l'année 2009 ; au printemps où nous n'avons rien trouvés et d'autre durant l'automne d'où nos prélèvements sont effectués. D'autres sorties sont réalisées tardivement au printemps 2012 à cause des intempéries. Nous avons récoltés les champignons poussant à proximité des arbres étudiés sur un rayon de 10 à 15 mètres.

Chaque champignon est prélevé en vue d'une identification ultérieure. La détermination des espèces est faite à l'aide du guide des champignons.

La récolte des champignons macro mycètes est réalisée en tenant compte des précautions suivantes :

- Le champignon doit être prélevé avec sa terre pour qu'il ne soit pas abîmé.
- Proscrire le sac en plastique qui rend méconnaissable l'espèce.
- Laisser les exemplaires âgés sur place pour assurer la performance de l'espèce.
- Ne pas entasser les champignons.
- Eviter que les doigts ne laissent des traces ou fassent disparaître des indices tenus d'ornementation sur pied ou chapeau.

- Reboucher les trous avec de la terre après extraction des champignons pour prévenir l'assèchement du réseau d'eau formé par le mycélium du champignon.

Les champignons lignicoles et saprophytes ne sont pas prélevés (Adouane, 2008).

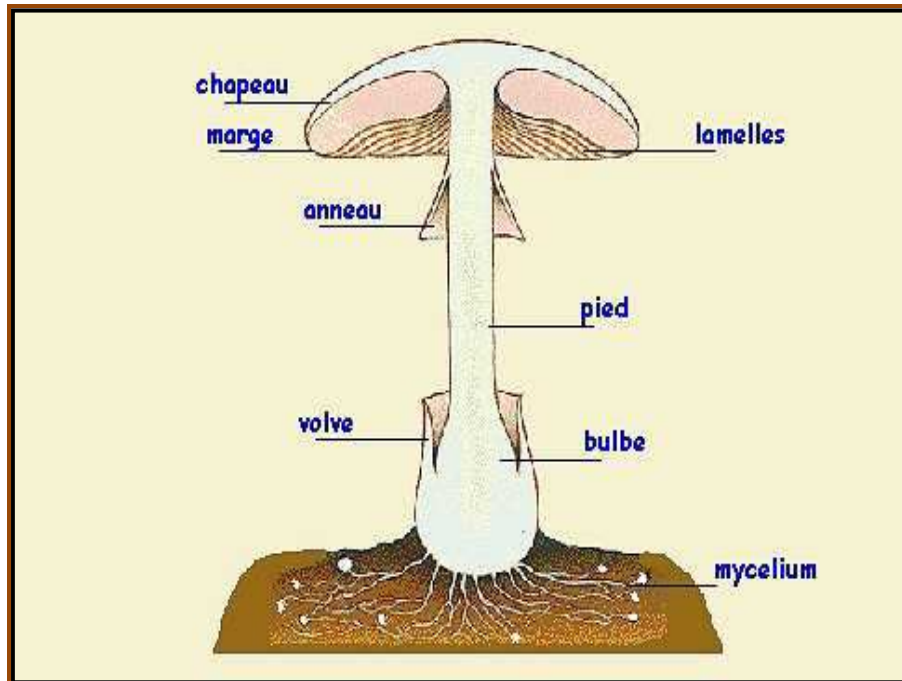


Figure 10 : Anatomie d'un champignon.

2.6.2. Identification des champignons

Une fois au laboratoire, les échantillons prélevés sont nettoyés soigneusement et photographiés pour pouvoir les identifier, l'identification est faite grâce au Professeur Ouakid qui nous a rencontré avec Dr Djelloul qui nous a beaucoup aidé à identifier la majorité des espèces et en prenant aide aussi aux guides des champignons et des études précédentes, ainsi que des sites Internet spécialisés.

Cette description était basée sur les critères suivants tels décrits par (Lamaison, 1998 ; Lemoine, 1996 ; Polese, 2000 ; Eyssartier *et al.*, 2004) :

1. La forme du chapeau.
2. La forme de la marge.
3. La texture du chapeau.
4. La taille et la couleur du chapeau.
5. La forme du pied.
6. La surface du pied : fibrilleuse, pelucheuse, réticulée.

7. Les ornementsations du pied : concernant l'anneau, la cortine et la volve.
8. Le dessous du champignon (la surface fertile ou hyménium) représenté soit par :
 - Des lames (séparables ou pas), des plis, des tubes (séparables ou pas), ou des aiguillons.
9. Insertion des lames sur le pied.
10. Et pour les champignons à hyménium peu différencié, s'ils sont :
 - En massue, globuleux ou en coupe.

2.7. Les prélèvements de racines et de sol

Nous avons effectués nos prélèvements durant l'année 2009 au moi d'Octobre et Printemps 2012 au moi de Mars.

Trois arbres représentatifs du peuplement ont été choisis au hasard à des points suffisamment éloignés dans la station. Sous chaque arbre la surface du sol a été nettoyée en dégageant la litière. Les prélèvements des échantillons ont été réalisés dans les 30 premiers cm en suivant le chemin des racines et en prenant soin de ne pas les arracher et les abîmer. A l'aide d'un sécateur, les fragments de racines ont été sectionnés sans les arracher afin de ne pas perdre les nodules collés à leur niveau.

Les racines ainsi prélevées sont recueillies dans des sacs en plastique avec un peu de sol pour qu'elles restent fraîches .Sous chaque arbre, au moins 3 prélèvements sont effectués à des distances différentes du tronc selon un triangle dont les pointes sont éloignées d'au moins 1m de celui-ci.

Parallèlement au même endroit et dans un autre sac, on a prélevé au moins 500g de sol qui servira à l'analyse du sol.

2.7.1. Recherche et observation des ectomycorhizes

Au laboratoire les échantillons racinaires sont nettoyés délicatement à l'eau du robinet en prenant soin de ne pas les abîmer. Les racines sont excisées en petites fragments de 1 à 2 cm qu'on met dans une boite de Pétri contenant de l'eau et sont observés sous la loupe binoculaire pour quantifier et séparer les différents morphotypes et ceci d'après la forme générale, le mode de ramification, la texture de la surface et de la couleur du manteau.

Les ectomycorhizes ont une structure permettant de les distinguer facilement des racines non infectées, par leur aspect, leur couleur et leur structure microscopique (Al Abras, 1985 in Adouane, 2008)

Des échantillons représentatifs de chaque type sont photographiés, décrits, fixés dans le Formol.

2.7.2. Analyses physico-chimiques du sol

Les échantillons ramenés au laboratoire sont séchés à l'air libre pendant quelques jours, la grande partie a été broyée et tamisée à 2 mm; sur la fraction broyée et tamisée ont été effectuée les analyses suivantes:

- Le pH eau et pH kcl: par mesure électro métrique d'une suspension de sol.
- La conductivité.
- L'humidité hygroscopique et la matière organique.
- La densité réelle.
- La densité apparente.
- Dosage du calcaire.
- La texture.

L'analyse des échantillons récoltés nous donnera des renseignements importants sur le sol. Voici une brève description des principaux critères pertinents d'une analyse de sol:

2.7.2.1. Le pH

Par définition, est l'unité de mesure de la concentration en ions hydrogènes permettant d'évaluer l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il existe plusieurs méthodes de mesure du pH (pH eau, pH kcl, pH cacl 2).

- **Le pH_{eau} (l'acidité réelle ou active)**

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport terre/ eau normalisé (1/5). Il indique aussi la concentration en ions " H⁺ " présent dans l'eau (Boudjemaa, 2007).

Pour déterminer le pH du sol nous avons procédé comme suit :

- Tamiser le sol d'analyse avec un tamis de 2 mm.
- Peser de chaque site 5g de chaque sol dans des flacons ou piluliers à agitation et ajouter à chacun 25ml d'eau distillée.
- Agiter avec agitateur culbuteur pendant 2h (30min) de temps.
- Laisser reposer la solution 24h ensuite mesurer le pH eau au moyen d'un pH mètre.

- **Le pH_{kcl} (l'acidité potentielle)**

Il exprime l'acidité d'échange ou l'acidité potentielle. C'est un indice d'expression des degrés de saturation du complexe absorbant, ainsi que la nature chimique des ions fixés.

Dans notre étude, nous avons mesuré l'acidité d'une suspension de chlorure de potassium, avec un rapport terre/solution normalisé (1/5) (Damay et J.L Julien, 1995). Suivre les mêmes étapes du pH eau en remplaçant l'eau distillée par la solution de kcl. Après agitation, laisser reposer la solution 24h et mesurer ensuite avec le pH mètre.

2.7.2.2. La conductivité électrique C.E

Cette mesure physico-chimique nous donne une idée sur la concentration des électrolytes dans la solution du sol d'une part et du degré de salinisation des sols d'autres part. De la même manière que le pH, ensuite mesurer par le conductimètre.

L'étalonnage par les solutions mer.

2.7.2.3. L'humidité hygroscopique (H%)

L'humidité hygroscopique représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles. C'est la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique.

L'évaluation de l'humidité hygroscopique passe par un séchage à l'air libre puis un séchage à l'étuve pendant 24h à 105 c°.

- Peser 5g de sol introduit dans une capsule à poids connu P_0 ce qui nous donne un P_1 .
($P_1 = P_0$ (poids de la capsule vide+ 5g de sol)).
- Sécher à l'étuve à 105°c pendant 24h.
- Repeser la capsule après séchage à l'étuve P_2

$$P_1 - P_2 / P_1 - P_0 * 100 = H\%$$

H% l'humidité à 100%

2.7.2.4. La matière organique

Après avoir sorti les échantillons utilisés pour mesurer l'humidité de l'étuve, on les met dans le four à moufle 4h à une température de 450°C.

Laisser refroidir les échantillons 24h ensuite les peser.

2.7.2.5. La densité apparente (D_A) :

Sachant que la densité apparente des sols varient entre 1,00g/cm³ et 1,80g/cm³ (Kouritchev ; 1980 in Boudjemaa ; 2007).

Elle représente la masse totale de l'agrégat/volume totale de l'agrégat, la « D_A » indique l'état ou la condition du sol, elle diminue avec la teneur du sol en humus (Duthil, 1971 in Boudjemaa, 2007).

- Peser les agrégats de chaque site avant les faire entrer 24h dans l'étuve à 120°C = P_1 .
- Après 24h à l'étuve, on plonge les agrégats rapidement dans la paraffine liquide (solvant) et en pèse une deuxième fois les agrégats P_2 .
- Mettre les agrégats qui sont tenues par des files dans des éprouvettes à 100ml remplis d'eau jusqu'à 60ml, et on note l'augmentation du volume.

2.7.2.6. La densité réelle (D_R) :

Elle exprime la densité des éléments constituant la phase solide du sol, la « D_R » représente la masse du solide/ le volume du solide elle est généralement entre 2,5 g/cm³ et 2,6 g/cm³.

- Peser des fioles à 50ml remplis d'eau étiquetées de chaque site = P_0 .
- Vider les fioles et introduire 5g de sol tamisé = P_1 .
- Chauffer au bain marie 30minutes à 20°C.
- Compter le volume avec de l'eau, continuer le chauffage jusqu'au dégagement de bulles de gaz.
- Peser P_3 qui = P_0 +eau+sol.

2.7.2.7. Dosage du calcaire

On a pris une petite quantité du sol de chaque site et on a ajouté quelques gouttes d'HCl. On a remarqué une effervescence uniquement au niveau du site Brabtia.

2.7.2.8. La texture

Pour déterminer la texture du sol, nous avons utilisés la méthode par saturation qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol (y) et à le comparer à une échelle qui détermine la texture lui correspondant. Nous avons, tout d'abord, pris une petite quantité de sol (=50g) et nous l'avons imbibée d'eau au goutte à goutte tout en mélangeant jusqu' au point où : -La pâte devienne luisante et glisse doucement l'ors qu'on incline le récipient.

Ensuite, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Peser une capsule vide (P1).
- Prendre une petite quantité de pâte (sol mouillé), la mettre dans la capsule puis repeser (P2).
- Mettre à l'étuve à 105°C pendant 24h.
- Peser une troisième fois la capsule à la sortie de l'étuve (P3). Le poids correspond donc au poids de la capsule vide + le poids du sol sec.
- Puis calculer :
 $X_1 = P_2 - P_3$ (poids de l'humidité)
 $X_2 = P_3 - P_1$ (poids du sol sec).
- Ensuite appliquer la règle de trois pour calculer le pourcentage d'humidité :
 $X_1 \rightarrow X_2 \text{ g de sol sec.}$
 $Y \rightarrow 100 \text{ g de sol sec.}$
- Enfin comparer Y au tableau suivant pour déterminer la texture.

Tableau 10 : Echelle de la texture.

Pourcentage d'Humidité (%)	Texture
<12	Sableuse
12-24	Sablo- limoneuse
24-37,5	Limono –sableuse
37,5-45	Limono- argileuse
45-75	Argilo- limoneuse
>75	Argileuse

3. RESULTATS

3.1. Relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons

Site Sanaoubari:

Les sujets du site Sanaoubari ont une hauteur moyenne de $8,55 \pm 2,12$ m; comprise entre un minimum de 7 m et un maximum de 12 m. La circonférence moyenne est de $1,24 \pm 0,4$ m.

La hauteur de la première branche est de $3,22 \pm 1,23$ m; celle-ci varie entre un minimum de 1,4 m et un maximum de 5 m. La circonférence à hauteur d'homme est de $1,24 \pm 0,57$ m variant entre un minimum de 0,7 m et un maximum de 2,16 m.

Concernant les relevés d'exploitations, la hauteur d'écorçage de ce site est de $1,52 \pm 0,32$ m; une valeur minimale de 1,05 m et maximale de 2,35 m; ce qui donne un coefficient d'écorçage moyen de $1,33 \pm 0,40$ (Tableau.11).

Site Brabtia:

En ce qui concerne le site Brabtia; la hauteur moyenne des sujets de chêne liège étudiés est de $8,09 \pm 0,35$ m (minimum 6 m; maximum 10 m) et une circonférence moyenne de $1,42 \pm 0,35$ m; ceci varie entre un minimum de 0,7 m et un maximum de 2,15 m.

La hauteur de la première branche varie entre un minimum de 1,65 m et un maximum de 5,5 m donnant ainsi dans l'ensemble une moyenne de $2,95 \pm 0,93$ m. La circonférence à hauteur d'homme a une moyenne de $1,42 \pm 0,42$ m avec un minimum de 0,8 m et un maximum de 2,1 m.

Pour les relevés d'exploitation; on note une hauteur d'écorçage moyenne de $1,78 \pm 0,27$ m, qui varie entre les valeurs minimales et maximales de 1,46 m et 2,4 m; donnant ainsi un coefficient d'écorçage moyen de $1,41 \pm 0,38$ (Tableau.11).

Site El-Mellah:

Les mesures réalisées sur les circonférences des arbres échantillonnés du site El-Mellah donnent une moyenne de $1,48 \pm 0,46$ m. Le minimum est de 0,8 m et le maximum de 2,7 m. D'après les relevés, la hauteur moyenne de ces arbres est de $8,25 \pm 0$ m; avec un minimum de 7 m et un maximum de 9 m.

Ces relevés montrent que les circonférences à hauteur d'homme ont une moyenne de $1,49 \pm 1,34$ m avec un minimum de 0,75 m et un maximum de 3 m. la hauteur de la première branche de ces arbres ont une moyenne de $2,89 \pm 1,19$ m (minimum, 1,6 m; maximum 7 m).

Les arbres de ce site semblent bien exploités puisque la hauteur moyenne d'écorçage varie de 1 m à 1,9 m avec une moyenne de $1,06 \pm 0,28$ m. Le coefficient d'écorçage moyen se situe à $1,43 \pm 0,26$ m. (Tableau.11)

Les mesures des relevés dendrométriques réalisés en Octobre 2012 au niveau du site El-Mellah donnent une circonférence moyenne de $1,31 \pm 0,41$ m avec un minimum de 0,65m et un maximum de 2,43 m. La hauteur moyenne de ces arbres est de $9,61 \pm 1,67$ m avec un minimum de 7m et un maximum de 12 m.

Ces arbres ont une hauteur moyenne de la première branche qui est égale à $2,74 \pm 0,99$ m où le minimum est de 1,70 et le maximum de 4,5m. Ces mesures donnent une moyenne de la circonférence à hauteur d'homme qui est égale à $1,32 \pm 0,42$ m (min, 86cm ; max 2,62m).

Concernant les relevés d'exploitation; le calcul de la hauteur moyenne d'écorçage varie de 0,92m à 2,28m et une moyenne de $1,55 \pm 0,35$ m. La moyenne du coefficient d'écorçage est de 1,27m.

Tableau. 11 : Relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons des trois sites d'études, Sanaoubari, Brabtia et El-Mellah ($m \pm s$, max, min).

		Site Sanaoubari	Site Brabtia	Site El-Mellah	
Relevés dendrométriques	Circonférence (m)	1,24 ± 0,40 (0,7 - 2,33)	1,42 ± 0,35 (0,7 - 2,15)	1,48 ± 0,46 (0,8 - 2,7)	1,31 ± 0,41 (0,65 - 2,43)
	Hauteur total (m)	8,55 ± 2,12 (7 - 12)	8,09 ± 0,35 (6 - 10)	8,25 ± 0 (7 - 9)	9,65 ± 1,67 (7 - 12)
	Hauteur 1 ^{ère} branche (m)	3,22 ± 1,23 (1,4 - 5)	2,95 ± 0,93 (1,65 - 5,5)	2,86 ± 1,19 (1,6 - 7)	2,74 ± 0,99 (1,70 - 3,70)
	Circonférence à hauteur d'homme (m)	1,24 ± 0,57 (0,7 - 2,16)	1,41 ± 0,42 (0,8 - 2,1)	1,49 ± 1,34 (0,75 - 3)	1,32 ± 0,42 (0,86 - 2,62)
Relevés d'exploitation	Hauteur d'écorçage (m)	1,52 ± 0,32 (1,05 - 2,35)	1,78 ± 0,27 (1,46 - 2,4)	1,43 ± 0,26 (1 - 1,9)	1,55 ± 0,35 (0,92 - 2,28)
	Nombre d'écorçage	1 - 2	1 - 2	1 - 3	1 - 3
	Coefficient d'écorçage	1,33	1,41	1,06	1,27

3.2. Etat de la cime

3.2.1. Evolution de la défoliation

Les peuplements du chêne liège des trois sites d'étude ont montrés au cours de ces années d'étude 2008, 2009 et 2012 une augmentation assez importante de la défoliation.

Site El- Mellah se caractérise une par un taux élevé des arbres sains avec 70%, 25% des arbres sont affaiblis et juste 3,22% qui sont fortement défolie. Par contre pour l'année 2009 on a marqué que le taux des arbres sains est abaissé avec 14,28% et un taux élevé des arbres affaiblis avec 60% et aussi un accroissement du taux des arbres dépéris avec 25%.

Pour les deux autres sites sanaoubari et brabtia.

Au site sanaoubari nous avons enregistré en 2008 une faible défoliation sur 34,48% des arbres, 62,68% des arbres sont sains, alors que 20% des arbres présentent une forte défoliation. Les résultats sont différentes pour l'année 2009, une très faible défoliation à 4,16% ; forte diminution de la classe1 en revanche, la catégorie des arbres affaiblis augment à 50% et aussi pour la classe4 à 45,83% ce qui indique un taux très élevée des arbres « dépérissants ». Il ont est de même pour le site brabtia, un taux de défoliation très faible 81,47% sont des arbres sains pour l'année 2008, par contre en 2009, absence totale de la classe 1 et 2 et une augmentation très remarquable pour la 3 et 4 (43,47%) qui était très faible en 2008 avec 56,52% , 14,81% des arbres sont affaiblis et 3,70% des arbres présentent une forte défoliation (Tableau.12).

Pour l'année 2012, l'étude est faite uniquement sur site El-Mellah ; 19,43% du total des arbres sont sains, 51,61% sont des arbres affaiblis et 22,58% des échantillons sont fortement défolies. Les deux autres sites sont aménagés et intégrés dans le parc zoologique

Au niveau des trois sites, on remarque que le taux de défoliation et plus élevée en 2009 qu'en 2008 et en parallèle le taux des arbres affaiblis et dépérissants augmente. Ces résultats restent presque stable en 2012.

Tableau. 12: Evolution de la défoliation du chêne liège dans les trois sites d'étude
(El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia) durant les années 2008, 2009 et 2012.

C1 : arbre non défolié, C2 : arbre faible défolié, C3 : arbre affaibli, C4 : arbre dépérissant, C5 :
arbre mort

	Classes de défoliation (%)	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia
2008	C1	32,25	20,68	37,03
	C2	/	41,37	44,44
	C3	56,52	34,48	14,81
	C4	43,47	3,44	3,70
2009	C1	3,57	/	/
	C2	10,71	4,16	/
	C3	60,71	50	56,52
	C4	25	45,83	43,47
2012	C1	3,22	/	/
	C2	16,12	/	/
	C3	51,61	/	/
	C4	22,58	/	/
	C5	6,45	/	/

3.2.2. Evolution de la décoloration

La proportion d'arbres décolorés est en progression pour les trois sites.

En 2008, 58% des arbres échantillons du site EL Mellah sont normalement colorés et le reste présente une coloration anormale répartie sur trois classe : C₂, 25,80%, C₃, 18,90%, et C₄ avec 14,90% qui présente des arbres gravement décoloré. Cette proportion augmente pour l'année suivante. 25% de la classe 4, 60,71% classe3 et 39,29% classe2 et uniquement 3,57% appartient à la classe1. En 2012, seulement 12,90% des arbres sont normalement colorés et le reste présente une coloration anormale qui s'étend entre la classe 2 et la classe 5 où la moitié des arbres sont modérément décoloré, 22% sont gravement décoloré et 6,45% très gravement décoloré.

Au site sanaoubari aussi, en 2008 la classe1 présente la grande proportion avec 65,51% et qui est totalement nulle en 2009 et c'est la classe 3 et 4 qui augmente avec 66,66% et 8,33%.

Au niveau du site bratbia ; la proportion de décoloration est plus élevée en 2009 qu'en 2008 surtout dans la classe 3 avec 73,91% et 4 avec 13,04% (Tableau. 13).

Tableau. 13: Evolution de la décoloration du feuillage du chêne liège des trois sites d'étude (El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia) durant les années 2008, 2009 et 2012.

C1 : coloration normale, C2 : faiblement décoloré, C3 : modérément décoloré,

C4 : gravement décoloré, C5 : très gravement décoloré

	Classes de décoloration (%)	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia
2008	C1	58,06	65,51	37,03
	C2	25,80	3,44	44,44
	C3	18,90	31,03	14,81
	C4	14,90	/	3,70
2009	C1	3,57	/	/
	C2	39,29	25	13,04
	C3	60,71	66,66	73,91
	C4	25	8,33	13,04
2012	C1	12,90	/	/
	C2	54,83	/	/
	C3	19,35	/	/
	C4	6,45	/	/
	C5	6,45	/	/

3.2.3. Evolution de l'indice de dépérissement

Le calcul de l'indice de dépérissement des 3 subéraies pendant les trois années d'étude montre que l'état des arbres est en dégradation et ça en parallèle avec l'augmentation de cet indice. En 2008 le site Brabtia et El-Mellah sont en début de dépérissement (1,81; 2), par contre le site Sanaoubari présente un état de dépérissement assez grave (2,27). Pour l'année 2009 on Remarque une augmentation nette de cet indice au niveau des 3 sites (ID> 3) et c'est

le même cas en 2012 pour le site de El-Mellah où l'indice de dépérissement est égale à 3,12 ce qui signifie que les arbres du site sont fortement dépérissants et les subéraies prennent le statut sanitaire des peuplements fortement dépérissants (Figure.11)

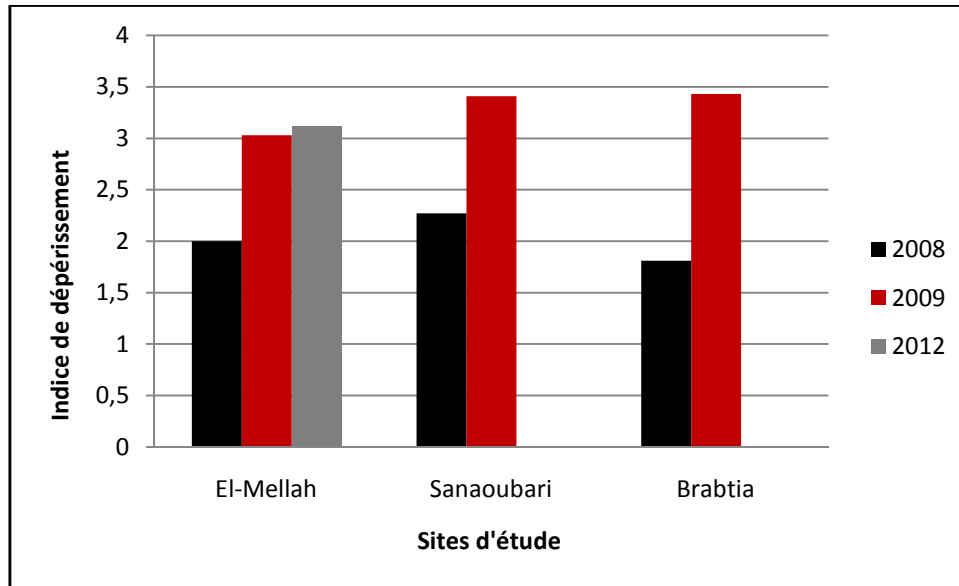


Figure 11: Evolution de l'ndice de dépérissement (ID) des trois subéraies étudiées durant les trois années d'étude.

3.3. Etat du tronc, l'écorce et la zone sous corticale

- *Site EL Mellah*

Au niveau du tronc, on observe une absence de crevasses sur 67,74%, et une présence sur 32,25% répartie sur les trois classes 12,90% C₂, 12,90 C₃, et 6,45% C₄, ces proportions ont faiblement augmentés on 2009 et passe successivement d'une classe à l'autre avec 14,28% de la classe 4. Par contre en 2012, on remarque une présence de 67,73% où 41,93% appartient à la classe 2.

Les arbres paraissent réguliers, pas de déformation et pas de gourmands.

La proportion de la surface de liège déhiscent dépasse 50% qui varie entre la classe 2, 3, 4 et même la classe 5 avec 3,23% indiquant une forte déhiscence de liège. En 2009, la proportion est réparti sur 3 classes 2, 3, et 4 et une partie de la classe 2 passe aux classes 3 et 4 avec

14,28%. On remarque en 2012 une déhiscence de liège égale à 64,51% réparti entre la classe 2 et 3.

Les écoulements sont observés sur presque 30% des arbres (29,03%) mais à un faible degré (classe 2), par contre en 2009, les écoulements augmentent à 82,14% mais reste faible et limité dans la classe 2. Cette proportion baisse encore et reviens à la proportion initial trouvé en 2008.

Les suintements noirâtres sont observés sur 45,16%, une proportion qui n'a pas beaucoup changé en 2009 avec une atteinte de 50%. En 2012, on remarque une regression de cette proportion jusqu'à 16,12%.

Les trous d'insectes xylophages affectent 70,96% des arbres, ce taux augmente à 100% en 2009 et même en 2012. La flore lichénologique est présentée sur 96,77% des arbres échantillons avec des proportions variables, ce taux atteint 100% en 2009 et 2012.

Concernant l'action de l'homme ; on remarque l'absence total d'incendies pour les deux années, les blessures et le déliègeage sont assez limités ; 6,45% sont blessés, cette proportion augmente à 21,42% en 2009, et 12,90% sont illicitement déliégés ce taux est assez égale pour l'année suivante. Pour l'année 2012, on constate une très faible proportion d'incendies (3,22%) par contre le taux des blessures augmente à 45,16% et 19,35% de déliègeage illicite.

Pour l'écorce et la zone sous corticale, les trous d'insectes xylophages sont fortement présent pendant les deux années avec 87,09% en 2008 et 92,85% en 2009, ce taux diminue à 61,29% en 2012. Contrairement aux nécroses qui sont totalement absents. L'écoulement est signalé sur 12,90% des arbres, qui diminue l'année de suite à 3,57%, une augmentation de cette proportion est marqué avec 41,93% pour l'année 2012. La croute charbonneuse est assez faible, elle est présente sur seulement 9,68% en 2008 et 10,71% en 2009 et 22,58% en 2012.

Les champignons Polypore, Armillaire et Hypoxylon sont absentent à 100% durant les trois années d'étude. Quant à la qualité du liège, elle est toujours bonne à 100%.

Tableau. 14: Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site El-Mellah durant les 3 années d'étude.

Etat du tronc								
Classes (%)	Année d'étude	C1	C2	C3	C4	C5	Présence (%)	
Descripteurs								
Crevasse	2008	67,74	12,90	12,90	6,45			
	2009	53,57	21,42	14,28	10,71			
	2012	32,25	41,93	25,80				
Déformation	17/10/09							
	20/10/12							
Gourmands	17/10/09							
	20/10/12	100					0	
% surface liège déhiscente	2008	48,38	22,58	9,67	16,12	3,23		
	2009	71,42	7,14	14,28	3,57			
	2012	35,48	41,93	22,58				
Ecoulement	2008						29,03	
	2009						17,85	
	2012						29,03	
Trous d'insectes xylophages	2008						70,96	
	2009						100	
	2012						100	
Suintement noirâtre	2008						45,16	
	2009						50	
	2012						16,12	
Flore lichénologique	2008						96,77	
	2009						100	
	2012						100	
Action de l'homme	Traces d'incendies	17/10/09					0	
							0	
							3,22	
	Blessures	2008						6,45
		2009						21,42
		2012						45,16
Déliègeages Illicites	2008						12,90	
	2009						10,71	
	2012						19,35	
Ecorce et zone sous corticale								

Trous d'insectes xylophages	2008						87,09
	2009						92,85
	2012						61,29
Ecoulement	2008						12,90
	2009						3,57
	2012						41,93
Nécrose	17/10/09						0 0
Croûte charbonneuse	2008						9,67
	2009						10,71
	2012						22,58
Qualité du liège	2008	Bonne					
	2009						
	2012						
Champignons	17/10/09						0

- **Site Sanaoubari :**

Les arbres du chêne-liège du site Sanaoubari, présentent au niveau du tronc 44,81% de crevasses réparties en trois classes ; la classe 2 est la plus dominante avec 24,13% et ce en 2008, l'année qui suit on remarque une augmentation du pourcentage des arbres crevassés, ce taux a diminué à cause des arbres nouvellement ou récemment démasclés.

Les arbres paraissent réguliers, pas de départ de gourmands. La proportion de la surface de liège déhiscent est importante, elle atteint les 80% des arbres et qui varie entre les classes 2, 3 et 4 ; c'est la classe 2 qui domine avec 41,37%, celle-ci varie entre 1 à 10% de la déhiscence du liège. Ce taux augmente à 54,16% en 2009 et un taux égal pour la classe 3 et 4.

Les écoulements sont observés sur 24,13% des arbres et augmente proportionnellement à 33,33% l'année qui suit. Les suintements noirâtres infestent presque la moitié des arbres avec 44,82%, mais on remarque une régression de ce taux qui arrive à 16,66% en 2009. Les trous d'insectes xylophages affectent presque la totalité des arbres échantillons ; avec 96,55% en 2008 et 95,83% au niveau du tronc et 89,65% et 91,66% au niveau de la zone sous corticale. La flore lichénologique se développe en abondance et couvre tout les arbres échantillons à des proportions variables. Au niveau du tronc ; l'action de l'homme se traduit par des blessures qui touchent 10,34% des arbres échantillons en 2008 et qui augmente nettement en 2009 avec 66,66%. Le déliègeage illicite se trouve en 2008 sur uniquement 6,89% des arbres, ce taux augmente et atteint 50% des arbres échantillons et absence totale de traces d'incendies.

L'observation de l'écorce et de la zone sous corticale montre que l'écoulement est observé sur 20,68% des arbres et augmente jusqu'à 79,16% l'année suivante.

La croûte carbonneuse est observée sur presque 50% des arbres échantillons (48,27%), on note une diminution de ce taux avec 16,66%.

Le liège est de bonne qualité pendant les deux années d'étude sur la totalité des arbres échantillons.

Tableau.15: Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Sanaoubari durant les 2 années d'étude.

Etat du tronc							
Classes (%)			C1	C2	C3	C4	Présence
Descripteurs							
Crevasse	2008		55,17	24,13	10,34	10,34	
	2009		4,16	41,66	45,83	8,33	
Déformation	17/10/09						
Gourmands	17/10/09		100				0
% surface liège déhiscente	2008		10,34	41,37	20,68	27,58	
	2009		4,16	54,36	20,83	20,83	
Ecoulement	2008						24,13
	2009						33,33
Trous d'insectes xylophages	2008						96,55
	2009						95,83
Suintement noirâtre	2008						44,82
	2009						16,66
Flore lichénologique	2008						93,10
	2009						95,83
Action de l'homme	Traces d'incendies	17/10/09					0
							0
Blessures	2008						10,34
	2009						66,66

	Déliègeages Illicites	2008 2009					6,89 50
Ecorce et zone sous corticale							
	Trous d'insectes xylophages	2008 2009					89,65 91,66
	Ecoulement	2008 2009					20,68 79,16
	Nécrose	05/06 /07					0 0
	Croûte carbonneuse	2008 2009					48,27 16,66
	Qualité du liege	2008 2009	Bonne				
Champignons	Hypoxydon, Polypore Armillaire	17/10/09					0

- **Site Brabtia :**

Au niveau du tronc, en 2008 plus que la moitié du peuplement ne présente aucune crevasse (59,25%) ; 22,22% sont moyennement crevassés, en 2009 une proportion des arbres passent à la classe 2 avec 34,78% et 17,39% de la classe 3. Pas de départ de gourmands. Les écoulements sont présent uniquement sur 14,81%, ce taux reste presque le même en 2009, en ce qui concerne les trous d'insectes xylophages, ils sont omniprésents sur la totalité des arbres du site durant les deux années d'étude au niveau du tronc et la zone sous corticale.

Un faible pourcentage de suintement noirâtre (25%) et qui diminue en 2009 à 17,39% et une forte présence de la flore lichénologique (77%) ce taux augmente en 2009 à 91,30%.

L'action de l'homme se manifeste par 7,40% de blessures et de déliègeage illicite, seulement 3,70% de trace d'incendies, cette dernière augmente un peu en 2009 à 8,69%, même pourcentage pour le déliègeage illicite et aussi augmentation du taux des blessures à 21,73%.

Concernant la zone sous corticale ; nous avons observé une faible manifestation de l'écoulement et des nécroses (7,40%), ce taux des écoulements augmente à 34,78% en 2009 tandis que les nécroses sont quasiment absentent.

La croûte charbonneuse affecte 37,03% des arbres, ce taux diminue à la deuxième année d'observation. Les champignons sont absents durant les deux années d'étude.

L'appréciation à l'œil nu de la qualité du liège est considérée comme bonne sur la totalité des arbres observés durant les deux années d'étude (Tableau.16).

Tableau.16: Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Brabtia durant les 2 années d'étude.

Etat du tronc						
Classes (%) Descripteurs		C1	C2	C3	C4	Présence
	Crevasse	2008	59,25	18,51	22,22	
2009		47,82	34,78	17,39		
Déformation	Date					
Gourmands	1710 /09	100				100
% surface liège déhiscente	2008	70,37	25,92	3,70		
	2009	82,60	17,39			
Ecoulement	2008					14,81
	2009					13,04
Trous d'insectes xylophages	2008					100
	2009					100
Suintement noirâtre	2008					25,92
	2009					17,93
Flore lichénologique	2008					77,77
	2009					91,30
Action de l'homme	Traces d'incendies	17/10/09				3,70
						8,69
	Blessures	2008				7,40
		2009				21,73

	Déliègeages illicites	2008 2009					7,40 8,69
Ecorce et zone sous corticale							
	Trous d'insectes xylophages	2008 2009					100 100
	Ecoulement	2008 2009					7,40 34,78
	Nécrose	17/10/09					0
	Croûte carbonneuse	2008 2009					37,03 13,04
	Qualité du liège	2008 2009	Bonne				
Champignons	Hypoxyton, Polypore Armillaire	17/10/09					0

3.4. Etude des feuilles

3.4.1. Etat sanitaire des feuilles

- *Site El-Mellah*

Sur ce site d'étude, dans les 500 feuilles récoltées on enregistre un taux de 20,8% des feuilles saines, 12,6% feuilles nécrosées, 23% attaquées et 7% de feuilles présentant des galles.

Le reste des feuilles présentant plus d'une atteinte, d'où on note 20% des feuilles attaquées nécrosés, 6,6% des feuilles sont attaquées avec des galles , 6,6% des feuilles nécrosées avec des galles et un faible pourcentage de 3,4% des feuilles à multiple atteintes nécrosées attaquées et présentant des galles. (Figure 12)

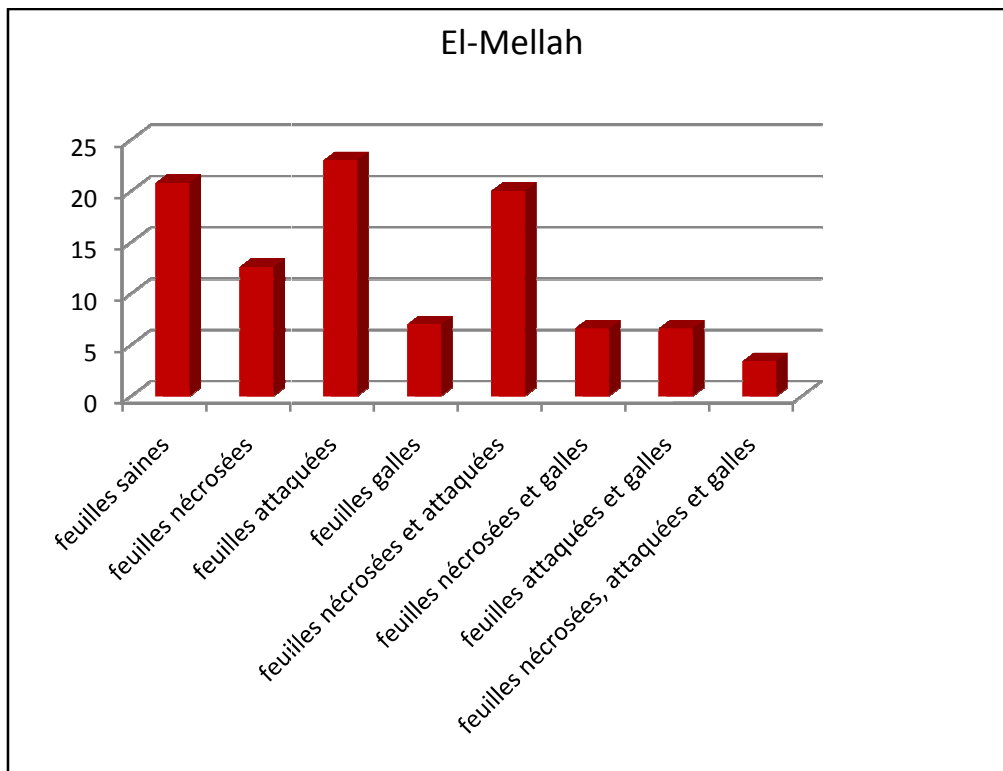


Figure 12 : Répartition des feuilles du site El-Mellah en fonction de l'état sanitaire.

3.4.2 Etude des feuilles saines

Les feuilles saines récoltées sur les arbres échantillons du site d'El-Mellah ont une surface foliaire moyenne de $12,03 \pm 4,42 \text{ cm}^2$ sur un étendu de $2,93 \text{ cm}^2$ à $28,58 \text{ cm}^2$. (Tableau. 17)

On constate que la surface des feuilles saines dans ce site étudié est irrégulière.

Tableau. 17: Surface (cm^2) des feuilles saines récoltées dans le site d'El-Mellah.

Surface (cm^2)	Moyenne	Ecart-type	Variance estimée	Médiane	Etendu
El-Mellah	12,03	4,32	18,68	11,79	2,93- 28,58

Dans ce site, on note 3 classes de feuilles saines, la classe 1 est représentée par 48% de petites feuilles variant entre une surface de $2,93$ à $11,48 \text{ cm}^2$, et plus que la moitié 46% des feuilles sont de surface moyenne varie entre $11,48$ et $20,03 \text{ cm}^2$, le reste 6% sont des feuilles de grandes surfaces atteint $28,58 \text{ cm}^2$. (Tableau. 18)

Tableau. 18: Distribution de fréquences de la surface des feuilles saines d'El-Mellah.

Classe	Borne inférieure	Borne supérieure	Fréquence
1	2,93	11,48	48
2	11,48	20,03	46
3	20,03	28,58	6

3.4.3 Etude des feuilles attaquées

Au site d'El-Mellah, la surface foliaire moyenne des feuilles attaquées est de $14,88 \pm 5,33 \text{ cm}^2$ sur un étendu de $5,11$ à $28,82$ (Tableau. 19). On constate que la surface des feuilles attaquées au niveau de ce site étudié est hétérogène.

Tableau. 19: Surface (cm²) des feuilles attaquées récoltées dans le site d'El-Mellah.

Surface (cm ²)	Moyenne	Ecart-type	Variance estimée	Médiane	Etendu
El-Mellah	14,88	5,33	28,44	14,44	5,11 - 28,82

Sur les 100 feuilles attaquées relevées du site d'El-Mellah, 35% appartiennent à la classe 1 et dont l'étendu est de 5,11 à 13,02 cm², plus de la moitié 53% appartiennent à la classe 2 avec un étendu de 13,02 cm² à 20,92 cm², le reste des feuilles 12% représentent la classe 3 avec une surface atteint 28,82 cm². (Tableau. 20)

Tableau. 20: Distribution des fréquences de la surface des feuilles attaquées du site d'El-Mellah

Classe	Borne inférieure	Borne supérieure	Fréquence
1	5,11	13,02	35
2	13,02	20,92	53
3	20,92	28,82	12

Sur les 100 feuilles attaquées prélevées de ce site, on constate un taux des feuilles attaquées en décapeuse de 19%, 46% des feuilles attaquées par perforation, le reste des feuilles 35% sont attaquées en décapeuse et en perforation. (Figure.13)

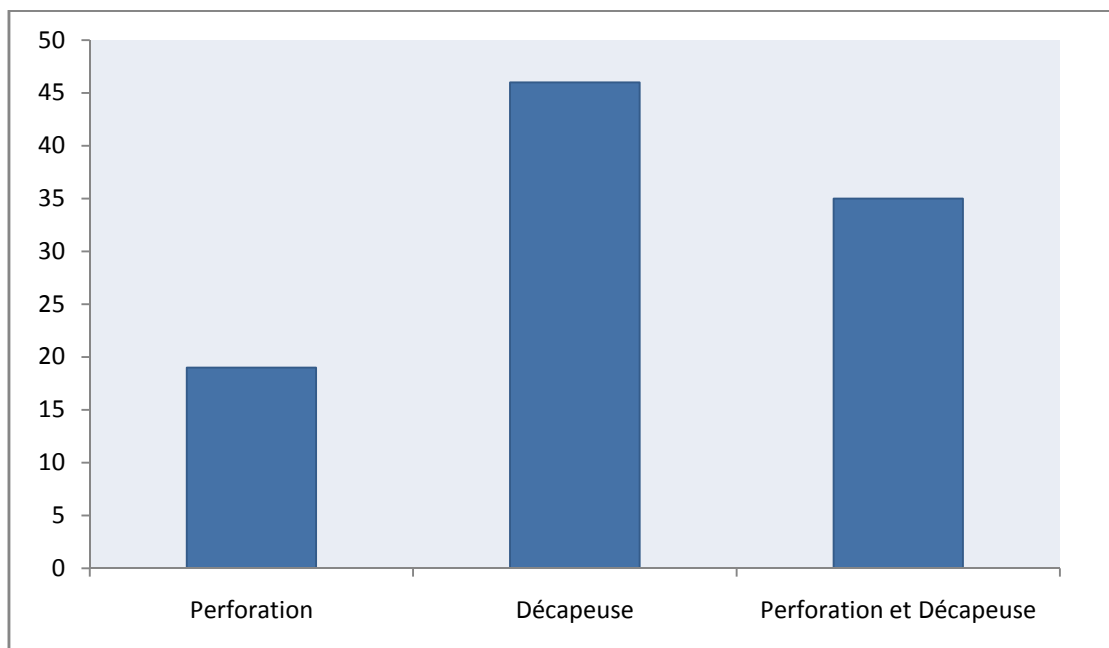


Figure. 13: Répartition du type d'attaque des feuilles au site El-Mellah

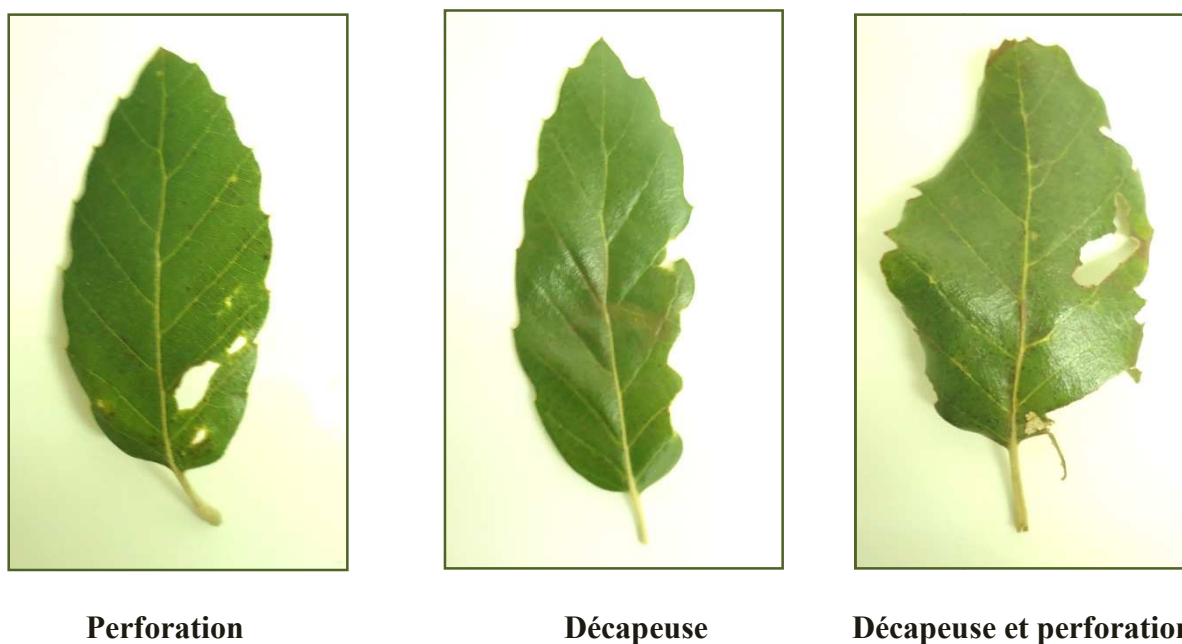


Figure. 14: Les différents aspects des feuilles endommagées récoltées de notre site d'étude. (Clichet Chaabna)

3.4.4. Evaluation de la surface attaquée des feuilles du site d'El-Mellah

Dans ce site on remarque que la classe 1 des feuilles faiblement endommagées semble dominante par rapport aux autres classes avec 91%, tandis que la classe 2 représentée par les feuilles moyennement endommagées est de 9%. (Figure. 15)

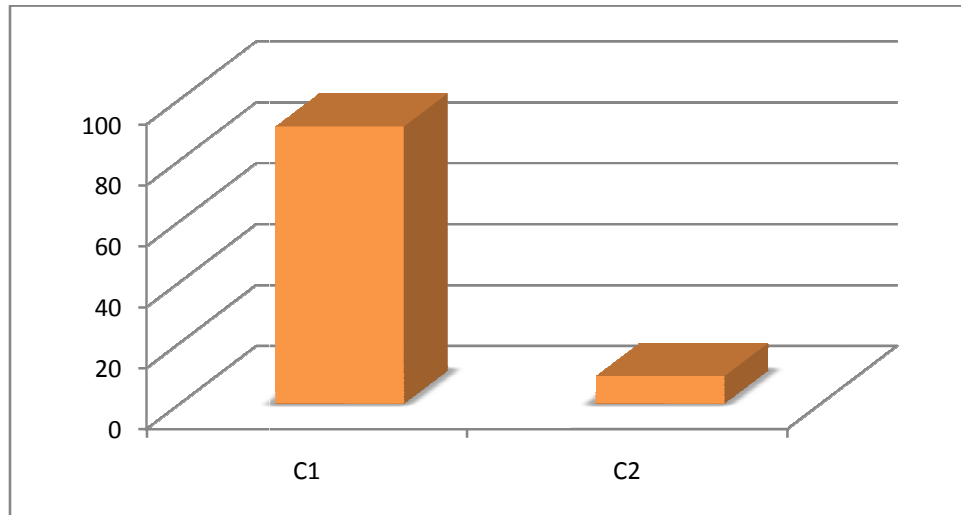


Figure. 15: Evaluation du taux d'attaque de la surface foliaire des feuilles endommagées site El-Mellah.

3.4.5 Etude des feuilles nécrosée

Les feuilles nécrosées récoltées du site d'El-Mellah ont une surface foliaire moyenne de $12,85 \pm 6,59 \text{ cm}^2$ sur un étendu de $2,48 \text{ cm}^2$ à $32,26 \text{ cm}^2$. (Tableau. 21). Selon ces résultats, on note que la surface des feuilles nécrosées dans ce site d'études est hétérogène.

Tableau. 21: Surface (cm^2) des feuilles nécrosées récoltées dans le site d'El-Mellah.

Surface (cm^2)	Moyenne	Ecart-type	Variance estimée	Médiane	Etendu
El Mellah	12,85	6,59	43,43	11,74	2,48 - 32,26

Dans ce site, on note que plus que la moitié des feuilles nécrosées récoltées des arbres échantillons sont de petites surface de classe 1 avec un taux de 54% variant de $2,48$ à $12,41 \text{ cm}^2$, alors que 36% de feuilles de classe 2 avec un étendu de $12,41$ à $22,33 \text{ cm}^2$, et enfin 10% de feuilles dont l'étendu est de $22,33$ à $32,26 \text{ cm}^2$ en classe 3. (Tableau. 22)

Tableau. 22: Distribution des fréquences de la surface des feuilles nécrosées du site El-Mellah.

Classe	Borne inférieure	Borne supérieure	Fréquence
1	2,48	12,41	54
2	12,41	22,33	36
3	22,33	32,26	10

3.4.6 Evaluation de la surface nécrosée des feuilles d'El-Mellah

Dans ce site les feuilles faiblement nécrosées de la classe 1 sont dominantes avec 86%, pendant que les feuilles moyennement nécrosées présentent 10%, enfin les feuilles fortement nécrosées de la classe 3 sont de très faible taux de 4%. (Figure.16)

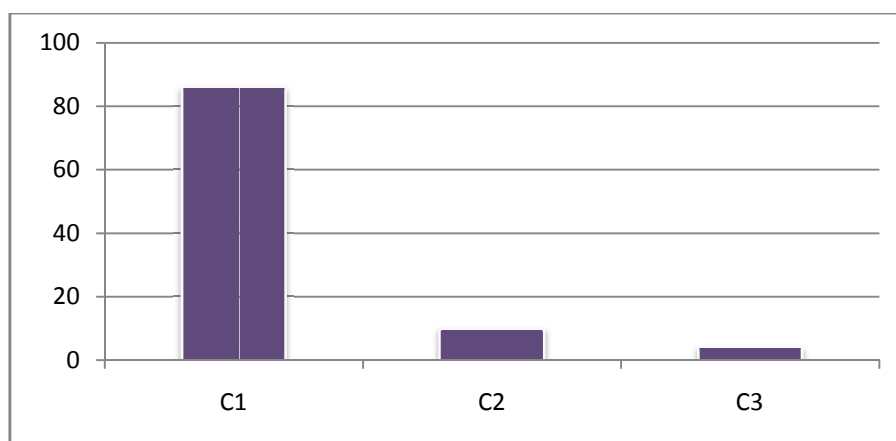


Figure. 16: Evolution du taux (%) de la surface foliaire perdue des feuilles endommagées du Site El-Mellah.

3.4.7 Etude des feuilles présentant des galles

On distingue trois formes de galle sur les feuilles du chêne-liège au niveau de notre site d'études suivantes: des galles de forme *Neuroterus minutulus*, la forme *Dryomyia lichtensteini* et la forme *Neuroterus glandiformis*. (Figure. 17)



Dryomyia lichtensteini



Neuroterus minutulus



Neuroterus glandiformis

Figure. 17: Les différentes formes des feuilles galles récoltées de notre site d'études.

Sur les 100 feuilles galles récoltées sur ce site, on note que les feuilles ayant des galles *Dryomyia lichtensteini*, présentent un taux de 37 %, une abondance très remarquable des feuilles présentant des galles de forme *Neuroterus minutulus* avec 79% , le reste 6% des feuilles ayant de forme *Neuroterus glandiformis*. (Figure. 18)

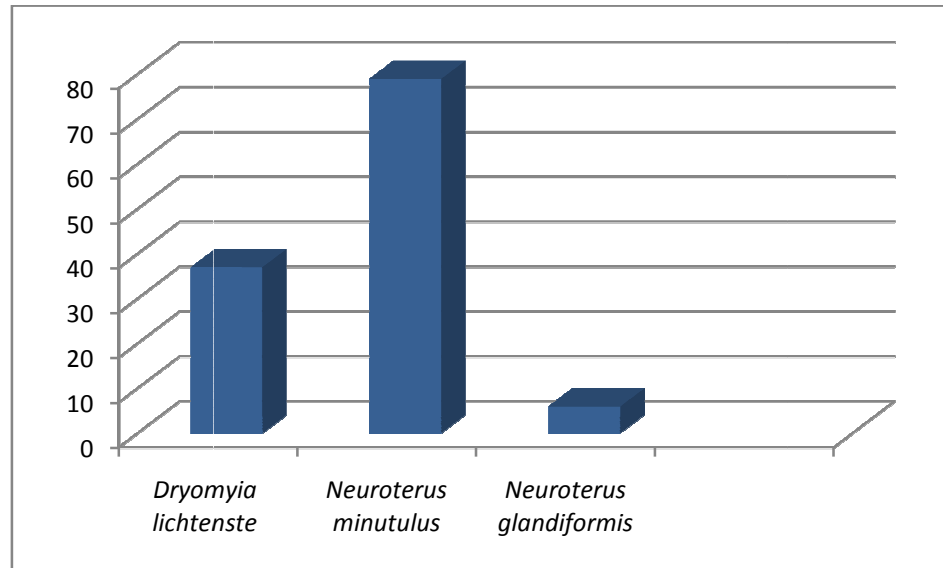


Figure. 18: les différentes formes de galles présentes sur les feuilles du site El-Mellah.

Dans ce site la surface moyenne est de $14,43 \pm 6,40 \text{ cm}^2$ sur un étendu de 2,96 à 34,69 cm^2 . (Tableau. 23). Ces résultats montrent que la surface des feuilles présentant des galles semble hétérogène.

Tableau. 23: Surface (cm^2) des feuilles présentant des galles récoltées dans le site du PNEK.

Surface (cm^2)	Moyenne	Ecart-type	Variance estimée	Médiane	Etendu
El-Mellah	14,43	6,40	40,92	14,18	2,96 - 34,69

Dans les 100 feuilles galles récoltées du site d'El-Mellah, on distingue 3 classes de feuilles, dont la classe 1 des petites feuilles avec un taux de 47%, avec une surface foliaire varie entre 2,96 et 13,54 cm², la deuxième classe regroupe les feuilles moyennes avec un pourcentage 46% ayant une surface comprise entre 13,54 et 24,11 cm², le reste de la totalité des feuilles avec un taux de 7% présentant les grandes feuilles dont la surface mesurant jusqu'à 34,67 cm². (Tableau. 24)

Tableau. 24: Distribution des fréquences de la surface des feuilles présentant des galles du site El-Mellah

Classe	Borne inférieure	Borne supérieure	Fréquence
1	2,96	13,54	47
2	13,54	24,11	46
3	24,11	34,67	7

3.5. Etude des glands

3.5.1. La glandée

Les résultats présentés dans le tableau (25) montrent que l'indice d'abondance de la glandée de l'année 2008 pour les 3 sites est de 0,29 à Brabtia, 0,31 à Sanaoubari ce qui indique une glandée faible et 1,29 à El-Mellah correspond à une glandée moyenne. Pour l'année suivante les chiffres augmentent un peu mais restent dans les mêmes intervalles; glandée faible pour Sanaoubari et Brabtia avec 0,75 et 0,39 et une glandée moyenne pour El-Mellah avec 1,89. Ce dernier diminue faiblement en 2012 avec 1,45 mais présente toujours une glandée moyenne.

Tableau. 25 : L'indice d'abondance de la glandée (Ia) pour les 3 sites d'étude.

Sites Année	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia
2008	1,29	0,31	0,29
2009	1,89	0,75	0,39
2012	1,45	/	/

3.5.2. Biométrie des glands

-Biométrie des glands récoltés au mois d'Octobre

- *Site Sanaoubari:*

Les glands récoltés au sol des arbres échantillons (100 glands) ont une longueur moyenne de $2 \pm 0,03$ cm, un minimum de 1cm et un maximum de 3,7 cm. La variance est de 0,27 tandis que le coefficient de variation est de 26,18 %; ce qui montre que la longueur des glands récoltés dans le site du Sanaoubari est homogène.

Le diamètre moyen de ces glands est de $1,26 \pm 0,02$ cm; celui ci varie entre un minimum de 0,8cm et un maximum de 3,7 cm, ainsi on a obtenu une variance de 0,06 et un coefficient de variation de 19,64 %. Ceci montre que le diamètre des glands de ce site est homogène.

La moyenne du poids des glands récoltés est égale à $1,96 \pm 0,11$ g entre un minimum de 0,26 g et un maximum de 6,31 g. La variance est ainsi égale à 1,29 et le coefficient de variation égale à 57,94 %. L'échantillon présente une hétérogénéité du poids (Tableau. 26).

Tableau. 26 : Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site Sanaoubari.

	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
Longueur (cm)	2	0,05	0,27	26,18	1	3,7
Largeur (cm)	1,26	0,02	0,06	19,64	0,8	6,31
Poids (g)	1,96	0,11	1,29	57,94	0,26	6,31

- **Site Brabtia:**

Dans le site de Brabtia; les glands récoltés au sol (100 glands) ont une longueur moyenne de $2,83 \pm 0,06$ cm; variant entre un minimum de 1,3 cm et un maximum de 4 cm. La variance présente une valeur de 0,36 et le coefficient de variation une valeur de 21,19 %. La longueur de notre échantillon est homogène.

Le diamètre moyen de ces glands est de $1,57 \pm 0,02$ cm avec un diamètre minimal de 1cm et un diamètre maximal de 2 cm. Une variance d'une valeur de 0,04 et un coefficient de variation de 12,63 %. Selon ces données; ceci explique que l'échantillon est encore homogène.

Le poids moyen des glands récoltés est de $4,79 \pm 0,2$ g, un minimum de 0,53 g et un maximum de 9,83 g; ainsi on note une variance de 4,2 et un coefficient de variation de 42,77% (Tableau. 27).

Tableau. 27: Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site Brabtia.

	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
Longueur (cm)	2,83	0,06	0,36	21,19	1,3	4
Largeur (cm)	1,57	0,02	0,04	12,63	1	2
Poids (g)	4,79	0,2	4,2	42,77	0,53	9,83

- **Site El-Mellah:**

Les 100 glands récoltés au sol du site El-Mellah présentent une longueur moyenne de $2,93 \pm 0,08$ cm, un minimum de 1,4cm et un maximum de 4,1 cm. La variance de cette longueur est de 0,64 et le coefficient de variation est de 27,33 %; ceci montre que notre échantillon est homogène.

Le diamètre moyen présente une valeur de $1,47 \pm 0,02$ cm, le diamètre minimal de ces glands est de 0,9 cm et maximal de 1,9cm, avec une variance de 0,04 et un coefficient de variation de 14,24 %. Ce qui explique selon les données que l'échantillon est encore homogène.

Les glands récoltés au sol ont un poids moyen de $4,3 \pm 0,21$ g, un minimum de 0,39 g et un maximum de 8,95 g; la variance est de 4,34 et le coefficient de variation est de 48,43 %. L'échantillon présente une variabilité importante (Tableau. 28).

Tableau. 28: Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site El-Mellah.

	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
Longueur (cm)	2,93	0,08	0,64	27,33	1,4	4,1
Largeur (cm)	1,47	0,02	0,04	14,24	0,9	1,9
Poids (g)	4,3	0,21	4,34	48,43	0,39	8,95

-Biométrie des glands récoltés au mois de Novembre:

• **Site Sanaoubari:**

Pour le site Sanaoubari, les 100 glands récoltés ont une longueur moyenne de $2,59 \pm 0,06$ cm, entre un minimum de 1,4 cm et un maximum de 4,6 cm. La variance est de 0,34 et le coefficient de variation est de 22,53 % ce qui montre que notre échantillon est homogène.

Le diamètre de ces glands présente une moyenne de $1,38 \pm 0,02$ cm, un minimum de 1cm et un maximum de 2,8 cm, la variance est de 0,05 et le coefficient de variation est de 16,28%, notre échantillon est homogène.

Leur poids moyen est de $3,31 \pm 0,17$ g entre un minimum de 0,93 g et un maximum de 0,4 g. La variance est de 0,17 et le coefficient de variation 51,59 %, ce qui représente une importante variabilité (Tableau.29).

Tableau. 29: Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site Sanaoubari.

	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
Longueur (cm)	2,59	0,06	0,34	22,53	1,4	4,6
Largeur (cm)	1,38	0,02	0,05	16,29	1	2,8
Poids (g)	3,31	0,17	3,21	51,59	0,93	0,4

- **Site Brabtia:**

Dans le site Brabtia les glands récoltés ont une longueur moyenne de $3,09 \pm 0,05$ cm entre un minimum de 2 cm et un maximum de 4,4 cm. La variance est de 0,26 et le coefficient de variation est de 16,53% ce qui montre que la longueur des glands récoltés de notre site est homogène.

Ces glands ont un diamètre moyen de $1,63 \pm 0,02$ cm avec un minimum de 1,1 cm et un maximum de 2,2 cm. La variance est de 0,05 et le coefficient de variation est de 13,53 % ce qui explique l'homogénéité de notre échantillon.

Concernant le poids ; la moyenne est de $5,42 \pm 0,23$ g, avec un minimum de 1,46 g et un maximum de 11,69 g. La variance est de 5,4 et le coefficient de variation est de 42,83 % donc notre échantillon est homogène (Tableau. 30).

Tableau. 30 : Analyse statistique descriptive des mensurations des glands récoltés au site Brabtia.

	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
Longueur (cm)	3,09	0,05	0,26	16,53	2	4,4
Largeur (cm)	1,63	0,02	0,05	13,53	1,1	2,2
Poids (g)	5,42	0,23	5,4	42,83	1,46	11,69

- **El-Mellah:**

Les glands récoltés du sol du site El-Mellah ont une longueur moyenne de $2,66 \pm 0,05$ cm avec un minimum de 1,7 cm et un maximum de 3,9 cm. La variance est de 0,22 et le coefficient de variation est de 17,82%, ce qui indique que la longueur des glands est homogène.

Leur diamètre moyen est de $1,51 \pm 0,02$ cm avec un minimum de 1,1 cm et un maximum de 1,9 cm et un minimum de 1,1 cm et un maximum de 1,9 cm, la variance est de 0,03 et le coefficient de variation est de 12,14 %, ce qui signifie que notre échantillon est homogène.

Le poids de ces glands est d'une moyenne de $3,82 \pm 0,15$ g, avec un minimum 0,92 g et un maximum de 7,83 g avec une variance de 0,15 et un coefficient de variation de 40,1 % ce qui présente une importante variabilité (Tableau. 31).

Tableau. 31: Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site El-Mellah.

	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
Longueur (cm)	2,66	0,05	0,22	17,82	1,7	3,9
Largeur (cm)	1,51	0,02	0,03	12,14	1,1	1,9
Poids (g)	3,82	0,15	3,54	40,1	0,92	7,83

-Biométrie des glands récolté au Site El-Mellah 2012

En 2012, les 100 glands récoltés au sol du site El-Mellah présentent une longueur moyenne de $2,40 \pm 0,53$ cm, un minimum de 1,5 cm et un maximum de 3,7 cm. La variance de cette longueur est de 0,28 et le coefficient de variation est de 22,17 %; ceci montre que notre échantillon est homogène.

Le diamètre moyen présente une valeur de $1,44 \pm 0,21$ cm, le diamètre minimal de ces glands est de 1,1 cm et maximal de 2,2cm, avec une variance de 0,05 et un coefficient de variation de 14,90 %. Ce qui explique selon les données que l'échantillon est encore homogène.

Les glands récoltés au sol ont un poids moyen de $3,07 \pm 1,76$ g, un minimum de 0,79 g et un maximum de 10,44 g; la variance est de 3,11 et le coefficient de variation est de 57,5 %. L'échantillon présente une variabilité importante (Tableau. 32).

Tableau. 32: Analyse statistique des mensurations des glands récoltés au site El-Mellah en 2012.

	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
Longueur (cm)	2,40	0,53	0,28	22,17	1,5	3,7
Largeur (cm)	1,44	0,21	0,05	14,9	1,1	2,2
Poids (g)	3,07	1,76	3,11	57,5	0,79	10,44

3.5.3. Etude de l'attaque des glands:

Les résultats présentés dans le tableau (33) montrent que les glands du mois d'octobre sont plus infestés que ceux du mois de novembre. L'infestation du mois d'octobre du site Sanaoubari (55%) est plus élevée que celle des deux autres sites Brabtia (22%) et El-Mellah (36%), par contre au mois de novembre on remarque une diminution de l'infestation au niveau du site El-Mellah (23%) et Sanaoubari (20%), alors que les glands du site Brabtia présentent une progression de l'attaque qui atteint 31%.

Pour le mois d'octobre les glands du chêne-liège sont attaqués par les lépidoptères plus que les coléoptères, contrairement au mois de novembre, on remarque une fluctuation pour les deux ordres d'insectes.

Tableau. 33: Taux total d'infestation des glands par les coléoptères et les lépidoptères durant le mois d'octobre et novembre pour les 3 sites d'étude.

	Taux total d'infestation			Lépidoptères			Coléoptères		
	E	S	B	E	S	B	E	S	B
Octobre	36	55	22	30	43	13	6	12	9
Novembre	23	20	31	20	8	15	3	12	16

E: El-Mellah, S: Sanaoubari, B: Brabtia

- ***El-Mellah (Octobre 2012)***

Les résultats présentés dans le tableau (34) montrent que le taux d'infestation des glands est (63%); ce taux à augmenter par rapport aux deux années d'étude (2008, 2009).

On note que les glands du chêne-liège sont attaqués par les lépidoptères plus que les coléoptères, on remarque une fluctuation pour les deux ordres d'insectes.

Tableau. 34: Taux total d'infestation des glands par les coléoptères et les lépidoptères durant le mois d'Octobre sur site El-Mellah.

	Taux total d'infestation			Lépidoptères			Coléoptères			Espèce inconnu		
	E	S	B	E	S	B	E	S	B	E	S	B
Octobre 12	63	/	/	37	/	/	7	/	/	12	/	/

***Cydia fagiglandana* Z. (Lepidoptera-Tortricidae)**

Parmi les tordeuses des glands, l'espèce polyphage *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 ont une envergure de 16mm, les 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. Les larves sont facilement reconnaissables par la couleur rosâtre et mesurent 10 à 15mm au terme de leur développement.

Les dégâts se traduisent par une perte germinative du gland; les fruits attaqués se caractérisent par des orifices de 2mm de diamètre. Les œufs sont généralement déposés 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 des galeries pour pénétrer dans les fruits qui se trouvent à un stade de maturité avancée. En creusent des galeries, elles se nourrissent de substances riches en amidon et remplissent les galeries de leurs excréments granules.

***Cydia splendana* (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.

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 anale 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.

A la fin de son développement (de la fin septembre à la mi-novembre), la chenille abandonne le fruit en faisant un trou de 2 à 3 mm de diamètre et se confectionne dans la terre une coque soyeuse dans laquelle elle hiverne. Dans le Sud de la France, elle se nymphose en juillet et les papillons apparaissent durant la 2^{ème} quinzaine du mois d'Août. Il y a une génération par an.

***Curculio elephas* G. (Coleptera-Curculionidae)**

De même que pour *Cydia fagiglandana*, l'espèce *Curculio elephas* se développe à partir des glands de divers chênes. Elle est fréquente dans les chênaies des zones humides et sub-humides. Quand les conditions sont favorables à son développement. Les adultes des espèces du genre *Curculio* sont connus sous le nom de Balanus, ils ont une forme élancée, un rostre mince et filiforme et développé. Ils mesurent 4 à 8 mm de longueur. L'espèce *Curculio elephas* se caractérise par une couleur cendrée.

Les œufs sont en effet déposés au sein même des glands, à raison d'un par fruit (rarement 2 œufs). La femelle devant préalablement perforer les enveloppes plus ou moins boiseuses des fruits, ce qu'elle fait en usant de son rostre, et moyennant beaucoup de temps et de persévérance. Le développement embryonnaire est rapide chez le *Balaninus elephas*, et la croissance larvaire n'est pas en reste, le tout se déroule en 5 à 6 semaines.

La nymphose se fait dans le sol. En règle générale elle s'y effectue à faible profondeur, de l'ordre de quelques centimètres; après avoir perforé l'enveloppe extérieure du fruit. La nymphose proprement dite a lieu courant juillet, l'émergence des adultes intervenant le plus souvent en septembre.



Cydia fagiglandana



Curculio sp



Cydia splandana



Espèce Inconnu

Figure. 19: Insectes ravageurs des glands.

- **Site El-Mellah:**

Le taux d'infestation total des glands du mois d'octobre du site El-Mellah est de 54%, alors que pour le mois de novembre elle diminue à 45% (Figure.20).

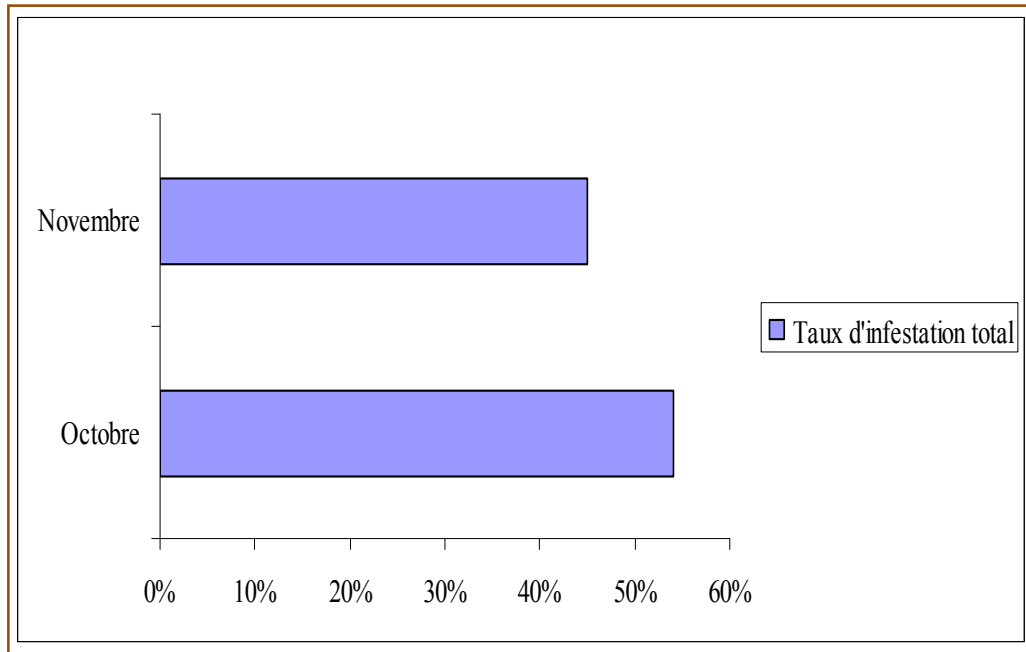


Figure. 20: Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site El-Mellah.

-Le taux d'infestation par espèce:

Au mois d'octobre, l'activité des insectes des glands est élevée par rapport au mois de novembre, l'attaque de *Cydia splendana* est presque égale durant les deux mois (16%, 17%), contrairement à celle du 2^{ème} lépidoptère *Cydia fagiglandana* étant beaucoup plus élevé au mois d'octobre que novembre. Concernant l'activité des coléoptères (*Curculio sp*); elle est supérieure au mois d'octobre que novembre (6%, 3%). On a observé la présence d'une espèce qui reste inconnue, mais assez fréquente au mois de novembre puisque elle atteint un taux de 6% et 3% au mois précédent (Figure. 21).

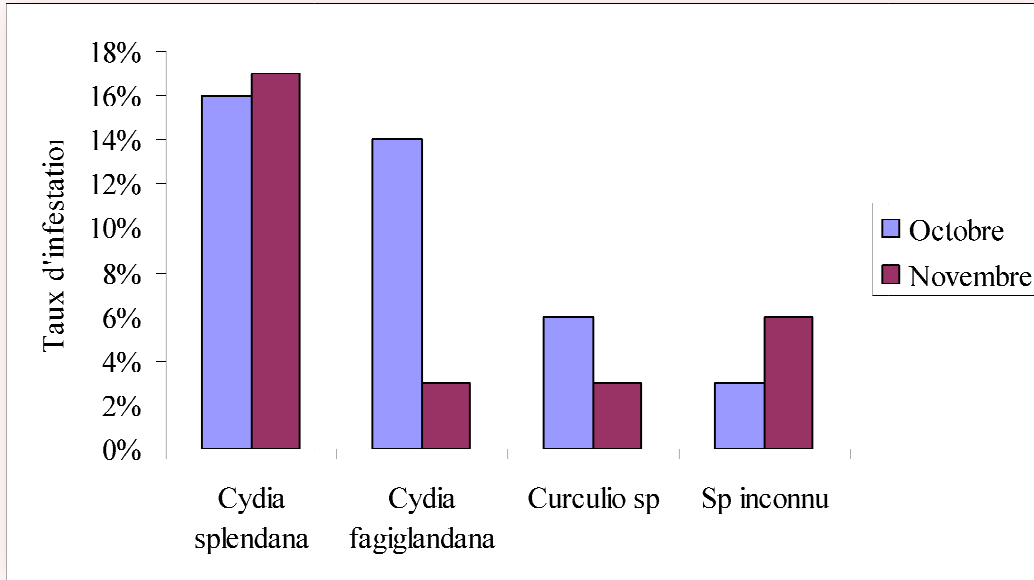


Figure. 21 : Taux d'infestation des glands par espèce durant le mois d'octobre et novembre pour le site El-Mellah (Année 2008,2009).

- **Site Sanaoubari :**

Contrairement aux résultats obtenus au site d'El-Mellah, le taux d'infestation total des glands du mois d'octobre du site Sanaoubari est inférieur au taux d'infestation du mois de novembre (56%, 61%) (Figure. 22).

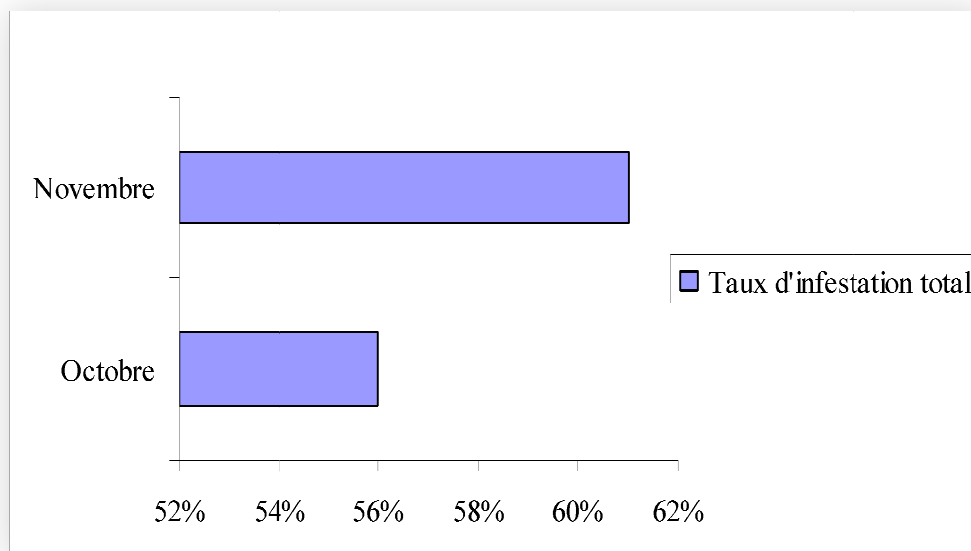


Figure. 22: Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site Sanaoubari.

-Le taux d'infestation par espèce:

D'une vue globale on constate que le taux d'attaque des insectes du site Sanaoubari est plus important au mois d'octobre. L'infestation par les lépidoptères (*Cydia splendana* et *Cydia fagiglandana*) est remarquablement supérieure au premier mois (19%, 26%) par rapport à celle enregistrée au mois suivant qui est de 6% et 2%. L'attaque de *Curculio sp* est égale dans les deux mois (12%) (Figure. 23).

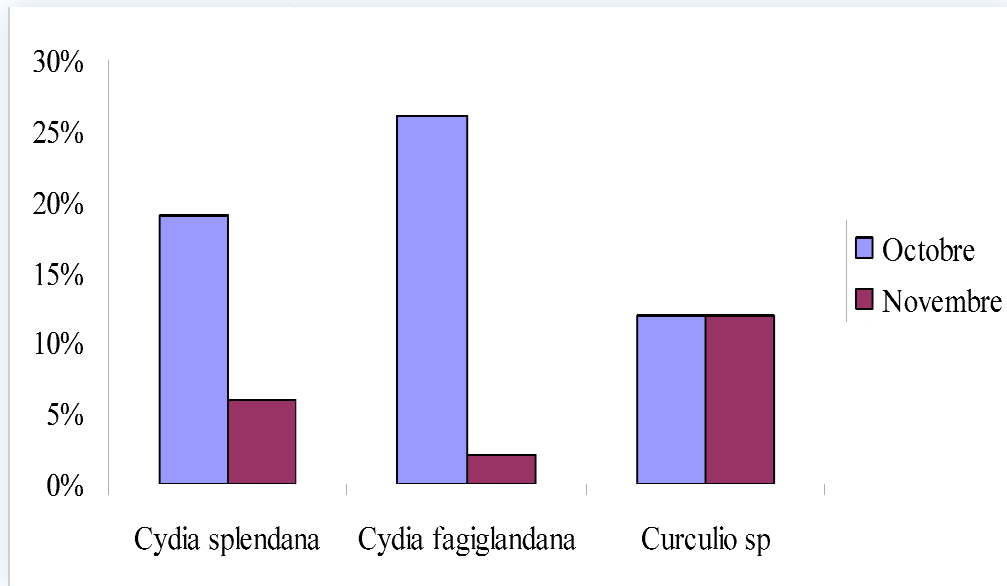


Figure. 23: Taux d'infestation des glands par espèce durant le mois d'octobre et novembre pour le site Sanaoubari.

• **Site Brabtia :**

Dans ce site, nous avons observé un taux d'infestation plus important au mois de novembre qu'au mois d'octobre (56%, 33%) (Figure. 24).

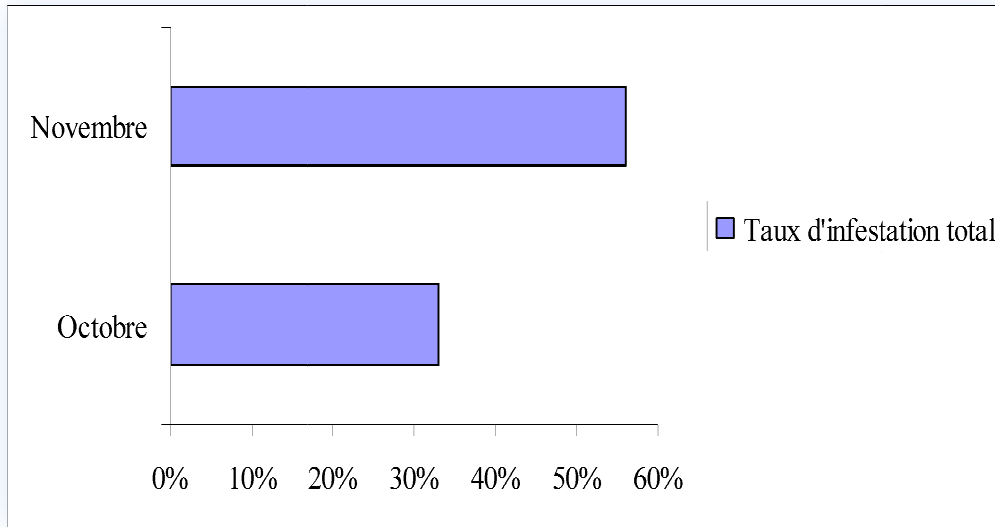


Figure. 24 : Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site Brabtia.

-Le taux d'infestation par espèce:

Le taux d'attaque des insectes du site Brabtia est élevé au mois d'octobre que novembre. L'activité de *Cydia splendana* est égale dans les deux mois et atteint 12%, ce taux semble plus important que celui de *Cydia fagiglandana*; il est de 1% au mois d'octobre et 2% au mois de novembre. Le taux d'attaque de *Curculio sp* au mois d'octobre est de 9% et atteint presque le double au mois de novembre (16%) (Figure. 25).

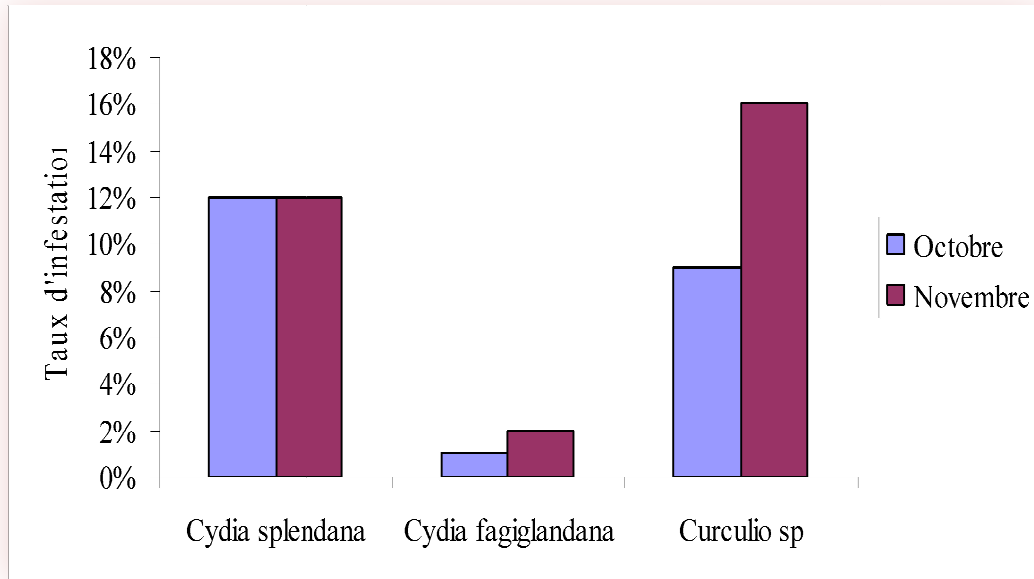


Figure. 25 : Taux d'infestation des glands par espèce durant le mois d'octobre et novembre pour le site Brabtia.

- **Site El-Mellah (Octobre 2012)**

Le taux d'infestation total des glands du mois d'octobre du site El-Mellah est de 63% (Figure. 26).

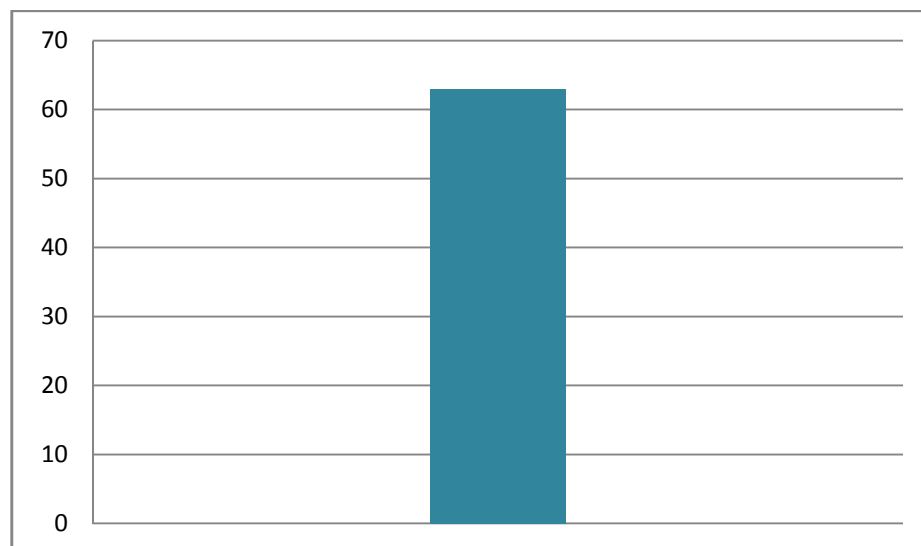


Figure. 26 : Taux d'infestation total des glands durant le mois d'octobre et novembre pour le site El-Mellah.

-Le taux d'infestation par espèce (El-Mellah 2012)

On note que le pourcentage d'attaque des glands par *Cydia splendana* est de 22% et par le 2^{ème} lépidoptère *Cydia fagiglandana* 15%, tandis que le taux d'attaque par coléoptères (*Curculio sp*) 7%. On a observé la présence d'une espèce qui reste inconnue atteint un taux de 12% (Figure.27).

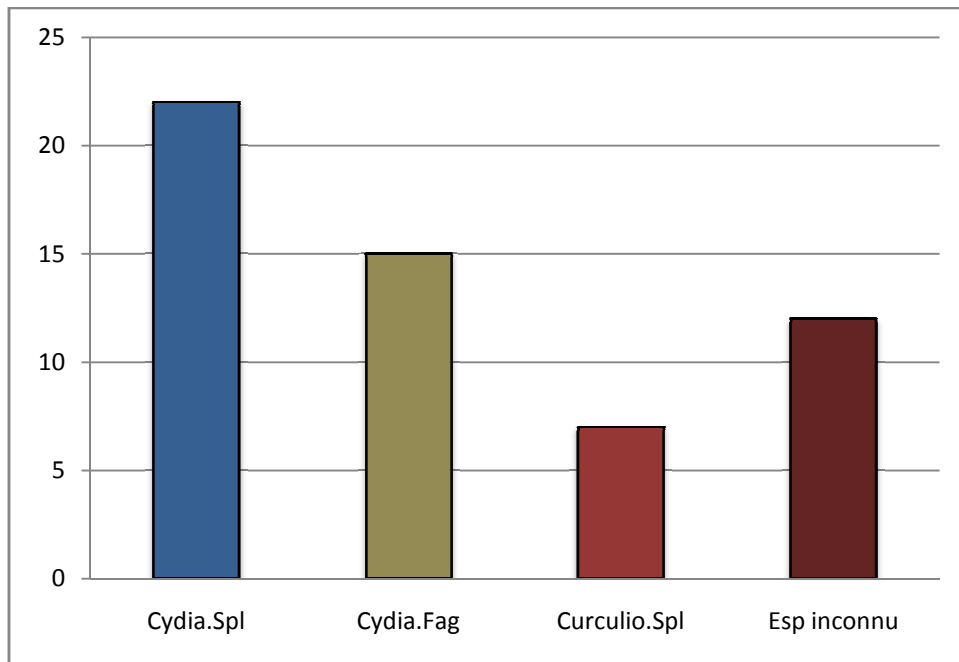


Figure. 27: Taux d'infestation des glands par espèce pour le site El-Mellah.

3.5.4. Etude des glands infestés

Les résultats consignés dans le tableau (35) montrent que le taux d'infestation des glands par les deux ordres d'insectes (Lépidoptères et Coléoptères) est plus important au mois d'octobre qu'au mois de novembre. L'attaque des insectes lépidoptères au mois d'octobre est nettement plus élevée au site Sanaoubari, elle atteint 70,42%; elle affecte presque la moitié des glands à Brabtia (48,33%) et à El-Mellah atteint 59%, par contre au mois de novembre on remarque une forte diminution de l'attaque dans les deux sites: Sanaoubari (19,04%) et Brabtia (2,53%), elle est de 43,63% au site d'El-Mellah.

(Tableau. 35).

Concernant l'attaque des coléoptères, on remarque une fluctuation durant les deux mois. En Octobre, les glands du site Sanaoubari présentent un taux d'infestation légèrement élevé (26,76%) comparant à ceux d'El-Mellah (10%) et de Brabtia (18,33%). En novembre; c'est au niveau du site Brabtia qu'on note une progression du taux d'infestation (24,05%) et une diminution du site Sanaoubari (20,76%). Quant au site d'El-Mellah; on peut dire que le taux d'infestation n'a pas changé (9,09%) (Tableau. 35).

Tableau. 35: Taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés des 3 sites d'étude.

	Lépidoptères (%)			Coléoptères (%)		
	E	S	B	E	S	B
Octobre	59	70,42	48,33	10	26,76	18,33
Novembre	43,63	19,04	2,53	9,09	20,23	24,05

- **Site El-Mellah :**

Selon les résultats obtenus à l'étude des glands infestés du site El-Mellah, on remarque que l'activité des lépidoptères (*Cydia splendana* et *Cydia fagiglandana*) est plus importante au mois d'octobre que novembre, contrairement à celle des coléoptères (*Curculio sp*) qui est presque égale (10%; 9,09%) dans les deux mois, et pour l'espèce inconnu on remarque une progression de l'attaque (6%; 10,9%) (Figure. 28).

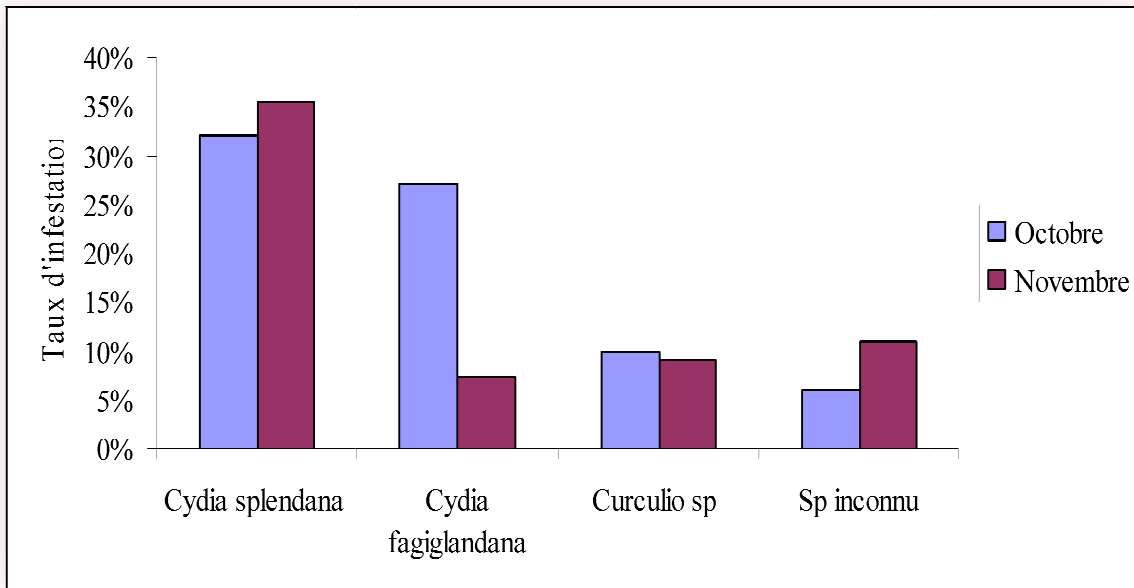


Figure. 28: Taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site El-Mellah durant le mois d'octobre et novembre.

- **Site Sanaoubari :**

Pour le mois d'octobre on remarque un taux élevé de l'infestation soit pour les lépidoptères; *Cydia splendana* (29,57%; 14,11%) et *Cydia fagiglandana* (43,66%; 4,70%) ou les coléoptères (26,76%; 20%) (Figure. 29).

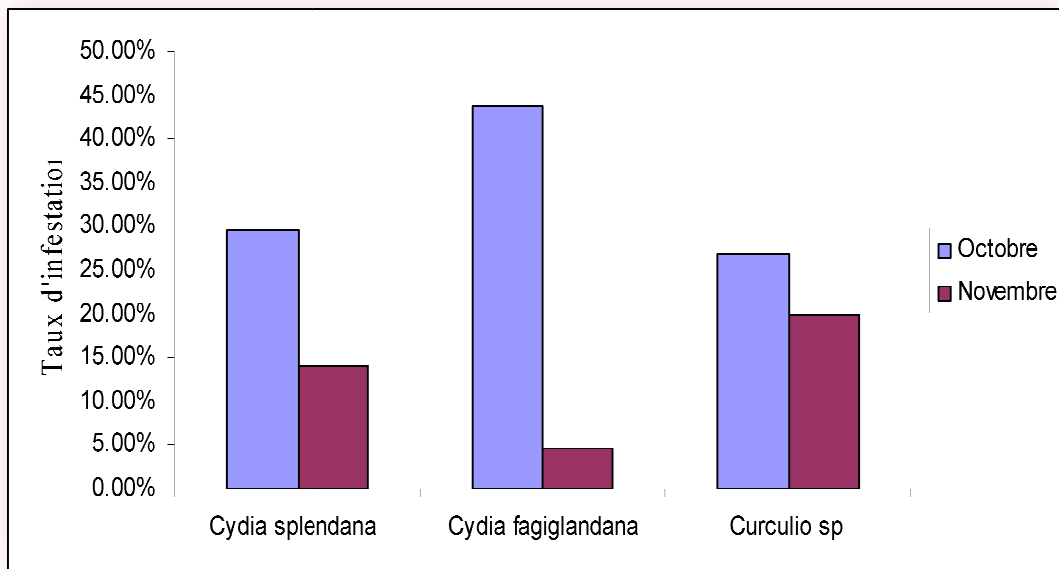


Figure. 29: Taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site Sanaoubari durant le mois d'octobre et novembre.

- **Site Brabtia :**

Comme pour le site de Sanaoubari; l'attaque des lépidoptères est plus importante au mois d'octobre que novembre, par contre l'infestation des coléoptères est plus importante au mois de novembre qu'octobre (Figure. 30).

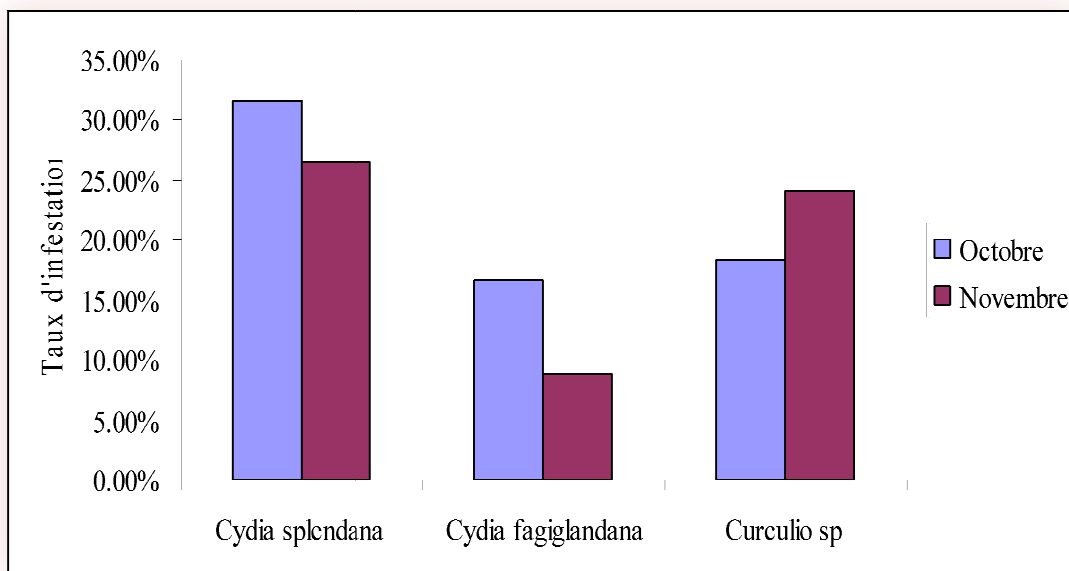


Figure. 30: Taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site Brabtia durant le mois d'octobre et novembre.

• **Site El-Mellah 2012**

Les résultats obtenus montrent que le taux d'infestation des glands par les deux ordres d'insectes (Lépidoptères et Coléoptères) est plus important que l'attaque des insectes coléoptères.

Tableau. 36: Taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site EL-Mellah.

	<i>Cydia Splendana</i>	<i>Cydia Fagiglandana</i>	<i>Curculio Sp</i>	Espèce inconnue
Taux d'infestation	37	8	30	25

Selon les résultats obtenus à l'étude des glands infestés du site El-Mellah, on remarque que l'activité des lépidoptères (*Cydia splendana* et *Cydia fagiglandana*) d'un taux de 67% est plus importante que celle des coléoptères (*Curculio sp*) qui est égale à 8%, et pour l'espèce inconnue on note un taux d'attaque de 25% (Figure. 31).

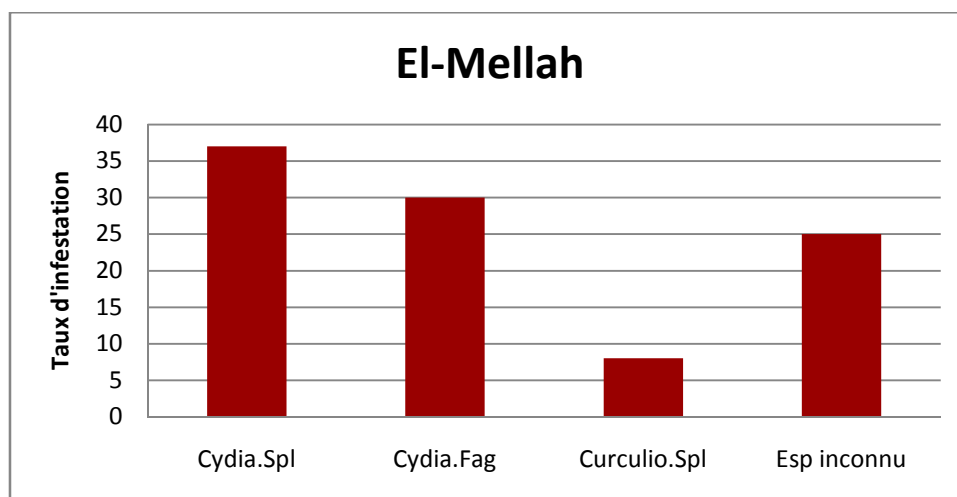


Figure. 31: Taux d'attaque des glands par les lépidoptères et les coléoptères sur les glands infestés du site El-Mellah.

3.5.5. Le taux d'infestation par le nombre de larves dans chaque gland

Les glands récoltés dans nos sites d'étude sont attaqués par un nombre de ravageurs assez important; ce nombre varie entre 4 classes.

Il ressort du tableau ci-dessous que la classe 1 (glands très faiblement attaqués par les insectes) est la plus présentée pour les 3 sites d'étude en comparaison avec les autres classes et ce pour le mois d'octobre et novembre, excepté pour le site Brabtia où la classe2 (glands faiblement attaqués) est la plus présentée (12%) (Tableau. 37).

***Site El-Mellah:** 14% des glands récoltés sont représentés par la classe 2 et 1% par la classe3 pour le mois d'octobre, tandis que pour le mois de novembre 8% des glands sont faiblement attaqués (classe 2) et 3% sont moyennement attaqués (classe 3), avec 2% qui présentent la classe 4 (glands très fortement attaqués) (Tableau. 37).

***site Sanaoubari:** la classe des glands très faiblement attaqués est la plus représentée pour les deux mois avec 35% au mois d'octobre et 20% en novembre, suivie de la classe 2; celle des glands faiblement attaqués par les insectes avec 13% au mois d'octobre et 7% en novembre, la classe des glands moyennement attaqués (classe 3) est présente sur 1% du nombre total des glands infestés en mois d'octobre et 2% en mois de novembre, tandis que la classe des glands très fortement attaqués (classe 4) est dominante au mois d'octobre (4%) (Tableau.37).

***Site Brabtia:** les différentes données obtenues au mois d'octobre et novembre indiquent que la classe des glands très faiblement attaqués est la plus dominante, suivie de celle des glands faiblement attaqués avec 12% au mois d'octobre et 7% au mois de novembre. 3% des glands présentent la classe 3 des glands moyennement attaqués et 5% présentent la classe 4 des glands très fortement attaqués et ce pour le mois d'octobre, tandis que pour le mois de novembre; les deux dernières classes (3 et 4) sont les moins abondantes (1%) (Tableau. 37).

Tableau 37 : Classes des glands infestés par le nombre de larves durant le mois d'Octobre et Novembre pour les 3 sites d'étude.

Classes	Sites	El-Mellah		Sanaoubari		Brabtia	
	Mois	Octobre	Novembre	Octobre	Novembre	Octobre	Novembre
Classe 1(%)		25	17	35	20	10	27
Classe 2(%)		14	8	13	7	12	7
Classe 3(%)		1	3	1	2	3	1
Classe 4(%)		0	2	4	1	5	1

Le nombre de glands infestés du site El-Mellah représente 4 classes; la classe 1 est la plus dominante au mois d'octobre avec 48%, suivie de la classe 2 avec 18% et enfin la classe 3 avec 1%, au mois de novembre on retrouve des glands de classe 1 et de classe 2 avec 29% et 23,62%, tandis que le taux des deux dernières classes (3 et 4) est faible (5,43% ; 3,62%) (Tableau. 38)

Pour le site Sanaoubari durant le mois d'octobre; 67,60% sont des glands très faiblement attaqués par les larves (classe 1); 19,70% appartiennent à la classe 2 des glands faiblement attaqués et pour la classe 3 des glands moyennement attaqués; elle est de 1,40% suivie de la dernière classe qui représente 5,63%. Durant le mois de novembre, les glands infestés de la classe 1 sont les plus fréquents avec 38,09%, les glands moyennement infestés de la classe 2 atteint 15,47% et les glands infestés de la classe 3 et 4 représentent un taux très faible de 2,38% et 4,76% (Tableau.38).

Au mois d'octobre, sur le total des glands infestés du site Brabtia; 38,33% présentent la classe des glands très faiblement attaqués (classe 1), avec 21,66% appartenant à la classe des glands faiblement attaqués et uniquement (classe 2), 6,66% pour les glands moyennement infestés, et pour la dernière classe; on obtient un taux de 15%. Le mois qui suit, on note un taux élevé de la classe 1 (49,36%) et 15,17% de la classe 2 (glands très faiblement attaqués) et on remarque une diminution de la classe 3 et 4 (2,52%; 2,53%) (Tableau.38).

Tableau. 38 : Classes des glands infestés (troués) par le nombre de larves durant le mois d'octobre et novembre pour les 3 sites d'étude.

	El-Mellah		Sanaoubari		Brabtia	
	Octobre	Novembre	Octobre	Novembre	Octobre	Novembre
Classe 1 (%)	48	29	67,60	38,09	38,33	49,36
Classe 2 (%)	18	23,62	19,7	15,47	21,66	15,17
Classe 3 (%)	1	5,43	1,40	2,38	6,66	2,52
Classe 4 (%)	0	3,62	5,63	4,76	15	2,53

*** El-Mellah 2012**

Le nombre des glands infestés du site El-Mellah représente 3 classes; la classe 1 est la plus dominante 75%, suivie de la classe 2 avec 24% et enfin la classe 3 avec 1%, on remarque l'absence des glands très fortement attaqués (classe 4) (Figure. 32).

Tableau. 39: Classes des glands infestés par le nombre de larves pour le site El-Mellah.

	Classe 1 (%)	Classe 2 (%)	Classe 3 (%)	Classe 4 (%)
El-Mellah	75	24	1	0

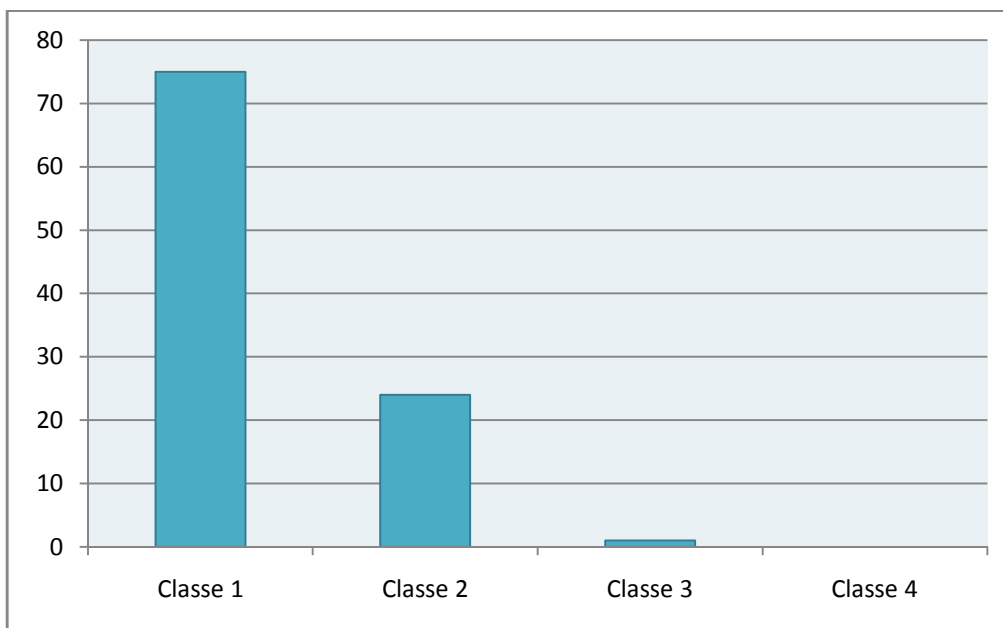


Figure. 32: Classes des glands infestés par le nombre de larves pour le site El-Mellah.

3.6. Caractéristiques physico-chimiques du sol:

Les résultats concernant les analyses physico-chimiques du sol sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau. 40 : caractéristiques physico-chimiques du sol de trois sites.

Sites Paramètres	El- Mellah	Sanaoubari	Brabtia
pH_{eau}	5,62±0,03	5,69±0,12	6,69±0,06
pH_{kcl}	4,73±0,04	5,06±0,05	6,41±0,02
Conductivité (µs/m)	56,50±15	75,83±6,56	149,76±15,19
H (%)	0,24±0,31	0,07±0,015	0,06±0,015
MO	0,22±0,03	0,25±0,005	0,25±0,05
Dr	2,28±0,05	2,31±0,10	2,30±0,03
Da	1,35±0,04	1,62±0,42	1,70±0,36
Porosité (%)	41±2	40,33±3,05	36±8,18
Calcaire total	-	-	+
Texture	Limono-sableuse	Limono-argileuse	Limono-argileuse

Nous remarquons que :

-Le pH eau des sites El-mellah et Sanaoubari sont moyennement acides alors que le site Brabtia est moins acide ou près du neutre > 6,5. Le pH kcl qui exprime l'acidité d'échange ou l'acidité potentielle est dans les normes □ à 7 et □ au pH eau.

- La conductivité électrique n'est pas similaire au niveau des trois sites, elle est moyenne au site El mellah, élevée au site Sanaoubari est plus élevée au site Brabtia avec 149,76 ms.

- L'humidité est considérée comme faible pour les trois sites mais elle est plus élevée au site El mellah

- Le taux de la matière organique est faible et presque similaire au niveau des trois sites.

- Pour la densité réelle et la densité apparente, pas de différences significatives d'un site à un autre surtout pour la densité réelle, ces deux paramètres sont mesurés pour calculer la porosité du sol qui est plus élevée au site El mellah qu'au deux autres sites.
- La texture du sol est identique pour les sites Sanaoubari et Brabtia (Limonos-argileuse) mais elle est Limonos-sableuse pour le site El mellah.
- Le dosage du calcaire a montré une réaction négative au site El mellah et Sanaoubari et une réaction positive au site Brabtia

3.7. Inventaire des champignons:

Nous avons effectué deux sorties au niveau des trois sites d'études pour la recherche des macromycètes durant l'année 2010, la première au printemps où nous n'avons rien trouvé et la deuxième pendant l'automne au mois d'octobre où on a trouvé les champignons que nous avons prélevés à des fins d'identification.

En effet nous avons recensé uniquement 10 espèces sur les trois sites d'étude; 9 au niveau du site El-Mellah; 5 au site Brabtia et seulement 1 au site Sanaoubari. Un autre prélèvement a été effectué au printemps 2012 où on a trouvée uniquement 3 espèces au niveau du site el mellah. Le site Sanaoubari a été supprimé à cause des aménagements du parc zoologique de Brabtia d'où une grande partie de ce dernier a été touché par ces travaux.

L'identification des champignons est faite à l'aide des guides de champignons suivants: Lamaison (1998); Lemoine (1996); Laurent (2003) et Eyssartier et al. (2004) ainsi qu'à des sites d'Internet et aussi on a comparé nos espèces par les espèces identifiées précédemment dans le mémoire de Adouane (2008) mais tous nos remerciements retournent à Mr Ouakid et Mademoiselle Djelloul Radia qui par ses connaissances grâce et son travail sur les champignons nous a permis d'identifier la majorité des espèces de champignons carpophores. Sur les 10 espèces récoltées nous avons pu identifier 7 espèces (tableau. 41).

Tableau.41: La répartition des espèces de champignons en fonction des sites d'étude.

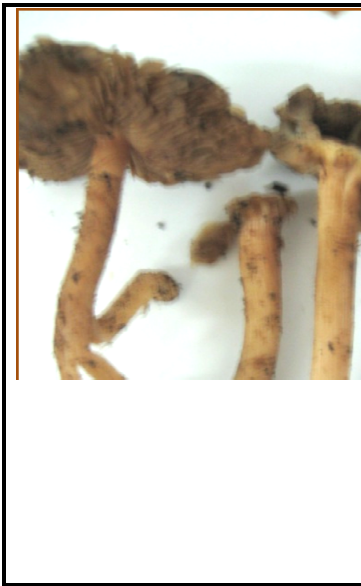
Espèces récoltés	2009			2012	
	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	El-Mellah	Brabtia
<i>Gymnopilus spectabilis</i>	×		×		
<i>volvariella gloiocephala</i>			×		
<i>Amanita virosa</i>	×			×	
<i>Boletus</i>	×				
<i>Pisolithus tinctorius</i>	×				
<i>Psathyrella candolleana</i>	×			×	
<i>Hydnaceae</i>	×				
Espèce inconnu 1	×		×		
Espèce inconnu 2	×	×		×	
Espèce inconnu 3			×		



Figure.33 : Ensemble des champignons récoltés au site El-Mellah.



Figure.34 : Ensemble des champignons récoltés au site Brabtia.





Amanita virosa



Boletus sp



Pisolithus tinctorius



Psathyrella candolleana



Hydnum sp



Espèce inconnu 1



Espèce inconnu 2



Espèce inconnu 3

3.8. L'observation des ectomycorhizes:

L'observation des échantillons racinaires des arbres de chêne liège sur les trois sites d'étude nous a permis de détecter la présence des champignons ectomycorhizogènes au niveau des trois sites et nous avons réussi à décrire 12 morphotypes.

Fiches des ectomycorhizes

Mycorhize 1:

❖ **Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)**

Forme : mycorhize non ramifiée.

Longueur : 2 à 5 mm.

Fréquence des ramifications : pas de ramification.

Morphologie des apex : droites (linéaire).

Couleur du manteau : jaune.

Transparence du manteau : pas transparent.

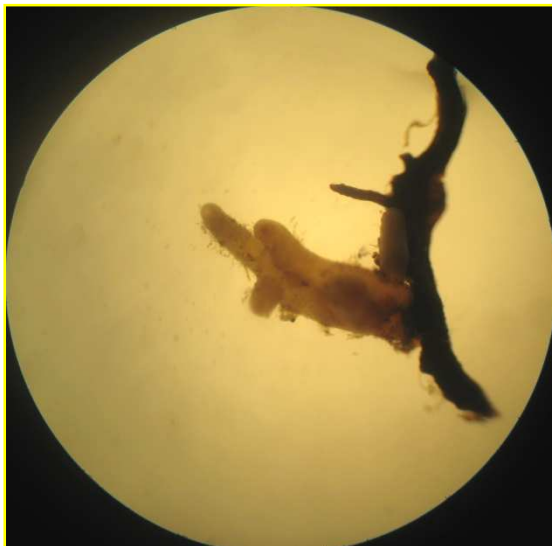
Couleur des apex (des extrémités) : orange.

Couleur des parties les plus anciennes : /

La texture de la surface du manteau : lisse/vaguement laineuse.

Présence ou absence des hyphes extramatriciels : absentes.

Fréquence des hyphes extramatriciels : /



G×4



G×4

Mycorhize 2 :

❖ Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)

Forme : mycorhize monopodiale ou irrégulière pennée.

Longueur : 1 à 5 mm de long.

Fréquence des ramifications : peu abondantes.

Morphologie des apex : droites et un peu sinueux.

Couleur du manteau : brun- orange.

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : /

Couleur des parties les plus anciennes : /

La texture de la surface du manteau : granuleuse et peu cotonneuse.

Présence ou absence des hyphes extramatricielles : absentes.

Fréquence des hyphes extramatricielles: /



G×4 × 1,5



G×4 × 1,5

Mycorhize 3 :

❖ Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)

Forme : mycorhize dychotomique ou monopodiale pyramidale.

Longueur : 1 à 12mm.

Fréquence des ramifications : abondantes.

Morphologie des apex : sinueuses.

Couleur du manteau : brun foncé ou noire

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : noire ou brun foncé.

Couleur des parties les plus anciennes : /

La texture de la surface du manteau : lisse.

Présence ou absence des hyphes extramatricielles : absentes.



Gx4 x 1,5



Gx4 x 3

Mycorhize 4 :

❖ **Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)**

Forme : irrégulière pennée

Longueur : 1 à 5 mm.

Fréquence des ramifications : peu abondantes.

Morphologie des apex : sinueuses.

Couleur du manteau : brun orange.

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : orange.

Couleur des parties les plus anciennes : / brun foncé

La texture de la surface du manteau : lisse.

Présence ou absence des hyphes extramatricielles : absentes.



G×4 ×1,5



G×4 ×1

Mycorhize 5 :

❖ Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)

Forme : mycorhize irrégulière pennée

Longueur : de 2 à 15 mm de long.

Fréquence des ramifications : abondantes.

Morphologie des apex : droites et sinueuses.

Couleur du manteau : jaune- orange.

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : /

Couleur des parties les plus anciennes : brun foncé.

La texture de la surface du manteau : granuleuse et laineuse à la base.

Présence ou absence des hyphes extramatriciels : présentes de couleur marron.

Fréquence des hyphes extramatriciels : peu abondantes.



G×4



G×4

Mycorhize 6 :

❖ Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)

Forme : non ramifiée ou monopodiale pennée

Longueur : de 1 à 11 mm de long.

Fréquence des ramifications : en petites nombre

Morphologie des apex : droite (linéaire).

Couleur du manteau : marron foncé ou noire.

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : /

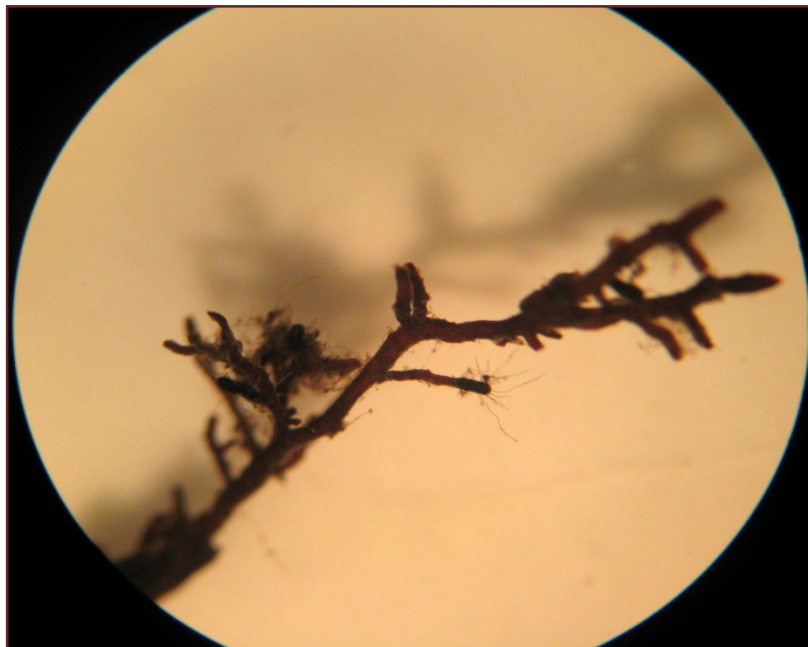
Couleur des parties les plus anciennes : noire.

La texture de la surface du manteau : laineuse/en feutrage.

Présence ou absence des hyphes extramatriciels : noires comme des soies.

Fréquence des hyphes extramatriciels : abondantes.

Cette ectomycorhize est formée par le champignon *Cenococcium geophilum*
(Adouane, 2008).



G×4

Mycorhize 7 :

❖ **Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)**

Forme : comme les tresses.

Fréquence des ramifications : pas de ramification.

Morphologie des apex : courbées.

Couleur du manteau : brun foncé.

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : /

Couleur des parties les plus anciennes : /

La texture de la surface du manteau : cotonneuse.

Présence ou absence des hyphes extramatriciels : absentes.

Fréquence des hyphes extramatriciels : /



G×4 × 1,5



G×4 × 1,5

Mycorhize 8 :

❖ **Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)**

Forme : globuleux ou coralloïde

Fréquence des ramifications : abondantes

Morphologie des apex : apex plus large que la base

Couleur du manteau : jaune ou gris

Transparence du manteau :

Couleur des apex (des extrémités) : jaune Claire ou grise

Couleur des parties les plus anciennes : brun foncé

La texture de la surface du manteau : laineuse et cotonneuse

Présence ou absence des hyphes extramatriciels : présente

Fréquence des hyphes extramatriciels : peu abondantes



G×2



G×4 × 2

Mycorhize 9 :

❖ **Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)**

Forme: mycorhize non ramifié

Longueur : de 0,2 à 5mm de long.

Fréquence des ramifications: absentes.

Morphologie des apex: droite ou sinueuse.

Couleur du manteau: brun-orangé.

Transparence du manteau: pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : / oranges.

Couleur des parties les plus anciennes : /

La texture de la surface du manteau : en feutrage et un peu laineuse.

Présence ou absence des hyphes extramatriciels: présentes de couleur brun clair.

Fréquence des hyphes extramatriciels: peu abondantes.



G×2 ×1,5



G×2 ×1,5

Mycorhize 10 :

❖ **Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)**

Forme: mycorhize non ramifié.

Longueur: 0,1 à 10 mm.

Fréquence des ramifications: pas de ramification.

Morphologie des apex: droites.

Couleur du manteau: jaune-orange.

Transparence du manteau: pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités): orange ou marron claire.

Couleur des parties les plus anciennes: /

La texture de la surface du manteau: en feutrage et laineuse à la base.

Présence ou absence des hyphes extramatriciels: présentes et de couleur beige.

Fréquence des hyphes extramatriciels: abondantes en forme de masse.



G×4



G×2 × 1,5

Mycorhize 11 :

❖ **Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)**

Forme : mycorhize non ramifié.

Longueur : 0,1 à 3mm.

Fréquence des ramifications : pas de ramification.

Morphologie des apex : droites et un peu gonflés.

Couleur du manteau : brun rouge.

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : /

Couleur des parties les plus anciennes : /

La texture de la surface du manteau : granuleuse et peu laineuse.

Présence ou absence des hyphes extramatricielles : absentes.

Fréquence des hyphes extramatricielles : /



Gx2 x 1,5



Gx4 x 1,5

Mycorhize 12 :

❖ Caractères macroscopiques : (sous la loupe binoculaire)

Forme : mycorhize non ramifié.

Fréquence des ramifications : pas de ramifications.

Morphologie des apex : courbées.

Couleur du manteau : beige ou jaune argenté.

Transparence du manteau : pas transparent.

Couleur des apex (des extrémités) : /

Couleur des parties les plus anciennes : /

La texture de la surface du manteau : granuleuse et laineuse

Présence ou absence des hyphes extramatricielles : présentes
argenté.

Fréquence des hyphes extramatricielles : très peu abondantes.



G×4 × 1,5

G×4 × 2

Tableau. 42 : Les morphotypes d'ectomycorhizes rencontrés dans les trois sites d'étude.

Les different morphotypes	2009			2012	
	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	El-Mellah	Brabtia
Mycorhize 1		+		+	+
Mycorhize 2			+		+
Mycorhize 3	+		+		
Mycorhize 4			+	+	
Mycorhize 5			+		
Mycorhize 6		+	+	+	+
Mycorhize 7			+		
Mycorhize 8	+				
Mycorhize 9	+	+		+	
Mycorhize 10	+	+	+		
Mycorhize 11	+				
Mycorhize 12	+				+

D'après les résultants présents dans le tableau.42, nous remarquons que:

Le chêne liège forme 9 ectomycorhizes dans le site El-Mellah, 4 dans le site Sanaoubari et 9 au niveau du site Brabtia.

Donc les ectomycorhizes sont présents dans les trois sites d'étude et on remarque une biodiversité assez importante et elle est plus remarquable au site d'El-Mellah et Brabtia et une diversité plus faible au site Sanaoubari, dans la limite des résultats obtenus.

Certains morphotypes n'ont été observés que dans un seul site comme par exemple les mycorhizes: 8, 11 qui sont rencontrés uniquement au site El-Mellah, et autres espèces sont trouvé sur deux sites tel que les mycorhize 6, 9 et 12.

On a remarqué aussi la présence d'un même mycorhize dans les trois sites d'étude; par exemple le mycorhize 10 et le mycorhize 6 qui se trouve au site El-Mellah et Sanaoubari avec une fréquence assez élevée.

Discussion

En Algérie le peuplement du chêne-liège présente des signes de dépérissement inquiétants qui se manifestent par des altérations de couleur et de forme qui progressent visiblement et qui en même temps dépendent étroitement des modifications invisibles du métabolisme, mais partout détectables (Hartman et *al.*, 1991). A des stades plus avancés le dépérissement menace l'existence même de l'arbre lorsque la dégradation atteint la totalité de ses tissus et de ses organes (Abdendi, 2007).

Etant donné que la manifestation extérieure de l'affaiblissement de l'arbre réside plus dans la perte de ses feuilles que dans la décoloration du feuillage (Bonneau et Landmann, 1988), on a calculé l'indice de dépérissement d'après les classes de la défoliation, et selon les résultats obtenus durant les deux années d'études (2008 et 2009); on remarque une augmentation nette de cet indice au niveau des 3 sites (ID > 3) en 2009 par rapport à l'année précédente où les arbres des deux sites Brabtia et El-Mellah sont en début de dépérissement, et le site de Sanaoubari présente un état de dépérissement assez grave avec un ID égale à 2,27 passe de la classe 1 et 2 à la classe 3; l'indice augmente encore en 2009 et révèle un dépérissement grave. En 2012, l'indice augmente encore au niveau du site El-Mellah jusqu'à 3,12 ce qui signifie que la subéraie est en dépérissement grave. En comparant avec les trois années précédentes (2005 – 2007) (Adjami, 2009) l'état sanitaire des peuplements s'améliore avec la diminution de l'indice de dépérissement.

Dans nos sites d'étude, on remarque une défoliation et une décoloration élevée par rapport aux années précédentes. Cette aggravation de la défoliation intervenue en quelques années s'explique en partie par les conditions estivales très défavorables.

Le dépérissement peut s'expliquer par divers agents pathogènes qui sont susceptible d'agir de manière complexe.

Les facteurs prédisposant: Ce sont des facteurs qui exercent leur action de façon permanente pendant une bonne partie de la vie de l'arbre, durant la quelle sa sensibilité envers l'action d'autres facteurs s'accroît. Parmi les principaux facteurs prédisposant, nous citerons les facteurs édaphiques, climatiques et sylvicoles (Maugard, 1992).

Les facteurs édaphiques: s'expriment par une déficience hydrique du sol (Méthy et *al.*, 1996; Oliveira et *al.*, 1992) qui est la conséquence d'une réduction des précipitations printanière (David et *al.*, 1992).

Les facteurs climatiques: Ce sont les facteurs écologiques qui provoquent la déstabilisation des écosystèmes forestiers et le déclenchement de phénomènes de dégradation

de leur état sanitaire. Les précipitations jouent un rôle primordial dans l'alimentation hydrique des arbres. Les changements climatiques semblent jouer un rôle dans l'évolution annuelle et même saisonnière de l'état de la cime des arbres (Bouhraoua, 2003).

Les facteurs sylvicoles: l'âge, le surpâturage, la densité et la concurrence avec d'autres essences sont parmi les principales contraintes sylvicoles avancées par de nombreux auteurs pour expliquer la prédisposition des arbres au phénomène de dépérissement (Bouhraoua, 2003)

L'âge des arbres "le vieillissement" entraîne la diminution des capacités physiologiques de défenses qui facilitent l'installation d'insectes nuisibles et de diverses maladies, une diminution quantitative et qualitative des glandées, à un âge avancé, limitant de ce fait la régénération naturelle de cette espèce.

Le surpâturage, entraîne une diminution de la régénération naturelle, un compactage du terrain et une réduction de sa perméabilité. De plus la disparition de la strate arbustive favorise une augmentation de l'ensoleillement au niveau du sol (Ruiiu, 2005). Le pâturage dans le site d'El-Mellah et au niveau de la réserve de Brabtia peut avoir un impact négatif dans les subéraies étudiées, surtout quand la charge de bétail est excessive. La régénération naturelle dans les trois sites d'étude est rare même pour les sites qui ne présentent pas une activité de pâturage importante (Sanoubari et Brabtia), au niveau de la région d'étude aucun travail sylvicole n'a été fait (Adjami, 2009). L'absence totale de certains travaux sylvicoles indispensables au chêne-liège a contribué largement à la prédisposition des peuplements à l'action des facteurs déclenchants (Bouhraoua, 2003).

La forte densité des peuplements accroît souvent la concurrence des arbres pour l'eau et les éléments minéraux et le soleil. Elle intervient aussi sur l'architecture des houppiers Cette concurrence qui conduit à l'affaiblissement progressive des arbres, qui finissent souvent par disparaître à la suite de périodes de sécheresse.

Les facteurs déclenchants: Ce sont des facteurs qui agissent sur la physiologie des arbres et interviennent indépendamment de leurs états de santé apparente, ils sont de nature abiotiques (sécheresse) mais aussi, biotiques et anthropiques.

La sécheresse; est un principal facteur déclenchant où il existe une relation entre la perte foliaire et les déficits pluviométriques printaniers (Bouhouara, 2003).

L'embroussaillage; c'est la présence de sous bois abondant qui semble avoir un effet négatif sur la vigueur des peuplements; il entre en concurrence avec les arbres pour l'eau et les éléments minéraux.

Les incendies; un autre facteur déclenchant du phénomène d'affaiblissement et de dépérissement des subéraies. Les agents biotiques parmi les quelles On peut citer les insectes xylophages représentés par les défoliateurs (Delatour, 1983).

Concernant les facteurs biotiques, on cite les insectes phytophages primaires représentés par les défoliateurs, ce sont les plus souvent évoqués dans la littérature (Delatour, 1983) tel que les chenilles de *Lymantria dispar* qui occasionnent des dégâts considérable qui conduisent à la défoliation complète de l'arbre, *L. dispar* supprime la glandée et réduit la croissance de l'arbre (Villemant et Fraval, 2002, Ouakid, 2005), et de la tordeuse verte *Tortrix viridana* qui provoque une réduction de la surface foliaire (déséquilibre physiologique) mais également par la destruction des bourgeons, ce qui entraîne une carence de la régénération suite à l'attaque. Tandis que les défoliations suivies de la mort des branches sont dues à divers coléoptères, parmi lesquels *Cerambyx cerdo mirbecki* responsable de 60% de la mortalité des branches. Un autre facteur biotique c'est la flore lichénologique, dont les organes atteints ont souvent perdu leurs feuilles ce qui donne à la cime une certaine transparence. Les arbres affaiblis ou dépérissants appartiennent en général aux classes de défoliation 2 ou 3 (Bouhraoua, 2003).

Dans les subéraie d'El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia, la flore lichénologique est omniprésente puisqu'elle recouvre presque tous les arbres. Elle est fréquemment observée à M'sila, (Oran) mais absente dans les subéraies de Hafir et Zariéffet (Tlemcen) (Bouhraoua, 2003).

Les facteurs aggravants

Ce sont des facteurs qui entraînent leur action en phase terminal de dépérissement, sur les arbres profondément stressés, dont l'action engendre le plus souvent la mort des arbres. Ces facteurs sont essentiellement d'origine biotique (xylophage secondaire, pathogène de faiblesse) mais aussi anthropique (qualité de l'exploitation du liège).

Un cortège assez riche de xylophages s'installe dans les arbres de chêne-liège profondément stressés, ces xylophages peuvent soit affaiblir l'arbre, soit accélérer sa mort. Le plus remarquable est *Platypus cylindrus* qui s'attaque au tronc démasclé (Housson, 1955 ; Balachowsky, 1963 ; CTBA, 2000), l'activité de ce xylophage est très importante au Portugal (Sousa, 1996) au Maroc (El Antry, 1994). En Algérie, les premiers dégâts importants ont été observés à l'ouest (Bouhraoua, 2003).

A l'est de l'Algérie, on constate que 90% des arbres des 3 sites d'étude montre une forte présence d'insectes xylophages. En 2006 dans le site de Sanaoubari la mortalité de quelques arbres (5% de l'effectif) est liée aux xylophages associés au niveau du tronc à des champignons, non identifié. Par contre certains arbres morts du site Brabtia sont attaqués seulement par des insectes xylophages dont les trous sont de dimensions variables (Adjami, 2009).

La présence d'un abondant cortège de xylophages secondaires a un impact négatif non seulement sur la qualité du liège dont elles favorisent la déhiscence mais aussi sur la santé des arbres (Bouhraoua & Villement, 2005).

La déhiscence du liège présente des résultats fluctuants pour le site El Mellah et Sanaoubari ; par contre un faible pourcentage pour le site Brabtia et la déhiscence ne touche pas tous les arbres du site. La quasi-totalité des arbres échantillons des 3 sites étudiés présente un liège de bonne qualité.

Le pourcentage des crevasses retrouvées durant les deux années d'étude est plus élevé par rapport aux 3 années précédentes; 40% pour les 2 sites Brabtia et Sanaoubari en 2008, cette proportion augmente en 2009 à 52% pour Brabtia et 90% pour Sanaoubari et augmente aussi au site El-Mellah de 33% à 46% et augmente encore à 67% durant l'an 2012.

Les arbres qui présentent des crevasses constituent des abris favorables à différents insectes, qui pondent leurs œufs dans le liège et les larves se développent dans la petite couche vivante qui se trouve juste sous l'écorce, là où circule la sève et où se fabrique le liège, comme pour *Lymantria dispar* (pontes, chenilles âgées et chrysalides) (Villemant & Fraval, 1993 in Adjami, 2009).

En ce qui concerne les suintements noirâtres, ils sont présents sur les sujets de nos 3 sites d'étude, ils touchent presque la moitié des arbres du site El-Mellah et Sanaoubari mais ce taux diminue en 2009 jusqu'à 16%, et reste stable en 2012 au niveau du site El-Mellah. Au site Brabtia 25% des arbres sont atteints et diminue en 2009 à 17%. Concernant l'écoulement d'origine divers, sa présence est faible pour les trois sites, mais sa présence est élevée pour le site Sanaoubari pendant la 2^{ème} année d'étude.

La croûte carbonneuse d'origine fongique est faible au niveau d'El-Mellah ; atteint 22% en 2012, elle est moyenne au niveau de Brabtia et touche plus de la moitié des arbres au niveau du site Sanaoubari.

Les nécroses sont totalement absentes au niveau des trois sites.

Le Charbon de la mer «*Hypoxylon mediterraneum*» est le seul champignon d'altération signalé en Algérie à un niveau épidémique (Abbas *et al.* 1988). Ce champignon a été signalé à la forêt domaniale de Beni Salah (commune de Bouchagouf) dont il a entraîné le dépérissement de plus de 12000 sujets, dont les symptômes commencent par un jaunissement de quelques feuilles, qui s'étend au rameau, à la branche et enfin l'ensemble du houppier et ce dans un laps de temps très court (01 à 02 semaines), sur les branches et le tronc des arbres ainsi dépéris on peut observer l'éclatement de l'écorce sous la poussée de chancre noir qui prolifère entre l'écorce et le bois ; d'où la première conclusion que la maladie est d'origine cryptogamique (DGF, 2002).

Dans nos sites d'étude l'apparition de *Hypoxylon mediterraneum* est quasiment absent au niveau des 3 sites d'étude, il en est de même pour le Polypore et l'Armillaire.

L'action de l'homme est liée à la façon dont le liège a été exploité, qui demande beaucoup de précaution. La récolte du liège est un stress pour l'arbre, qui peut occasionner des blessures plus ou moins importantes et quelques fois irréversibles (Cantat & Piazzetta, 2000). Sur nos sites d'étude on a marqué quelques blessures et des déliègeage illicite sur quelques arbres de chaque site ; le taux de ces derniers augmente en 2012 au niveau du site El-Mellah surtout le taux des blessures qui atteint 45,16%.

Concernant les relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons des nos 3 sites semblent homogène, la circonférence des arbres varie de 0,7 à 2,7 m, en comparaison avec l'année 2005 elle est en légère accroissement et l'exploitation des arbres reste la même que les 3 années précédentes de 1 à 3 fois et le démasclage est moyennement respecté.

A M'Sila, dans l'ouest algérien, les jeunes sujets n'ayant pas atteints encore la dimension d'exploitation < 60 cm de circonférence et ont subi entre 1 à 2 voire 4 récoltes (Bouhraoua, 2003). La hauteur totale des sujets varie de 6 à 12 m, la hauteur d'écorçage varie entre 1 et 2.4 m, selon Boudy (1950) cette hauteur ne doit pas dépasser 2,5 m. nous considérons que les consignes de la récolte sont respectées, mais la hauteur de la première branche présente une hétérogénéité qui varie de 1,4 m à 7 m. Le coefficient d'écorçage calculé pour nos 3 sites d'étude montre que les consignes d'exploitation des arbres sont respectés; puisque il varie de 1,06 m à 1,41 m.

Les feuilles

L'étude réalisée sur les feuilles récoltées du site El-Mellah, montre que l'état sanitaire des feuilles n'était pas vraiment bon cette année avec un taux plus ou moins faible des feuilles saines (20,8%)

En outre, nous avons noté une forte action des insectes phyllophages puisque environ 80% des feuilles du chêne-liège sont endommagées, elles sont soit attaquées, soit nécrosées, soit présentant des galles, on trouve aussi des feuilles qui prennent à la fois plusieurs aspects.

Concernant les feuilles attaquées, on remarque que il semble que les insectes phyllophages exploitent généralement les feuilles du chêne liège en les décapants puisque elles sont majoritairement attaquées en décapouse. La plupart des feuilles récoltées sont moyennement endommagées.

Les galles ou cécidies sont des structures végétales anormales provoquées par des parasites suite à une injection dans les tissus de l'hôte des substances analogues aux auxines. Elles se rencontrent sur nombreux végétaux dont plus de 50% sur les Fagacées. Il existe plus de 200 galles sur le genre *Quercus* et tous les organes sont atteints avec des degrés différents : 2% sur les fleurs, 4% sur les glands, 22% sur les bourgeons et 63% sur les feuilles (Dajoz, 1980). En Algérie, un assez grand nombre de cécidies se développent sur divers chênes dont on compte 37 espèces appartenant à 3 ordres systématiques. Excepté, les espèces *Dryomyia Lichtensteini* sur chêne vert et liège et *D. Dryomyia cocciferae* sur chêne kermès (Diptera, Cecidomyiidae) qui forment de petites bourses sur la face inférieure des feuilles et *Psylla ilicina* (Homoptera, Psyllidae) sur chêne vert, toutes les autres cécidozoaires appartiennent à la famille des Cynipidae. Celle-ci compte 34 espèces (soit 92% du total). La majorité des Cynipidés évolue sur les chênes à feuilles caduques (chêne zeen et afares) où 21 types de galles (soit 62%) ont été récoltées et identifiées. Le reste des galles ont été spécifiquement prélevées du chêne-liège (5 espèces), chêne kermès (6 espèces) ou du chêne vert (2 espèces). Nombreuses espèces produisent leurs galles sur les bourgeons exclusivement du chêne zeen (12 espèces, soit 40%) parmi lesquelles on cite *Cynips (Andricus) hispanicus* et *Cynips quercus-tozae*. Sur les feuilles, on note la présence de 11 espèces (37% du total) évoluant sur tous les chênes mais surtout le chêne zeen (avec 7 espèces) comme *Neuroterus quercus-baccarum* et *N. albipes*. Les autres organes sont aussi attaqués par divers autres insectes tels que *Plagiotrochus fusifex* (sur chatons du chêne

kermès), *Synophrus Olivieri* (sur rameau du chêne-liège) et *Cynips Panteli* (sur cupule des glands de chêne-zeen).

Au niveau de nos trois sites d'études, on a rencontré trois espèces de galles dont deux appartiennent au même genre (*Dryomyia lichtensteini*, *Neuroterus minutulus*, *Neuroterus glandiformis*). Les galles de *Neuroterus* sont surtout abondantes sur les jeunes arbres en bordure du peuplement. On peut trouver les galles de plusieurs espèces sur la même feuille, Dans certains cas de 80 à 90% de la surface de la feuille sont recouverts par les galles et une telle densité explique l'apparition de la compétition intra et interspécifique (Dajoz, 1998).

Dans notre travail, les galles de *Dryomyia lichtenstein* sont les plus abondantes, elles représentent 90% à la subéraie de Brabtia, 75 % à El.Mellah et 67% à Sanaoubari. Sur les feuilles de la subéraie d'El-Mellah, coexistent plusieurs espèces de galles dont le pourcentage est faible. 2% *Neuroterus glandiformis* et *Neuroterus minutulus*, 3% *Neuroterus glandiformis* et *Dryomyia lichtenstein* et 4% *Neuroterus minutulus* et *Dryomyia lichtenstein*.

L'infestation des glands

Le chêne-liège se multiplie de deux façons, l'une naturelle et l'autre artificielle. La multiplication ou la régénération naturelle se fait soit par semis (glands tombés) soit par rejets de souches. La régénération par semis naturels dépend étroitement de plusieurs facteurs : quantité, vigueur et faculté de germination des glands d'une part, conditions du milieu physique et action de l'homme, d'autre part (Boudy, 1950; Bouchafra et Fraval, 1991).

L'étude faite sur les glands des trois sites d'étude El-Mellah, Brabtia et Sanaoubari a montré un faible indice d'abondance de la glandée au niveau des sites Sanaoubari et Brabtia sur les années 2008 et 2009 et les arbres de ces forêts sont globalement inféconds traduisant une mauvaise année de production. Au niveau du site El-Mellah ; les résultats des trois années d'étude correspondent à une glandée moyenne. A Tlemcen, les glandées abondantes sont très rarement observées, beaucoup d'arbres n'ont été féconds qu'une seule année sur plusieurs années d'observations (Bouhraoua, 2003). Au Maroc dans la forêt de Mamora, la glandée n'est pas régulière, elle a lieu tous les 2 à 5 ans, en Mamora nord-occidentale peu d'arbres produisent des glands et ils le font irrégulièrement (Fraval, 1991).

Les résultats de mensurations morpho-métriques des glands montrent que les glands du site Brabtia récoltés durant les deux mois (octobre et novembre) sont plus grands que ceux d'El-Mellah et Sanaoubari., on note aussi que les glands de Brabtia et Sanaoubari du

mois de novembre sont plus grand que ceux d'octobre. Concernant le site El-Mellah on remarque une diminution du poids des glands au mois de novembre comparativement au mois d'octobre. Le poids des glands du site El-Mellah diminue encore en 2012 ; on a même remarqué ça au moment de la récolte.

Sur les quantités importantes de semences récoltées, une grande partie est perdue ou altérée, ces pertes sont dues à des causes multiples telles que les champignons *Ciboria batshiana* responsable de la pourriture noire des glands et *Myrioconium castanea* (Khaladi & al., 1999), ainsi que les ravageurs du glands, et toute attaque des insectes peut diminuer la régularité et l'abondance de la glandée.

Cependant les insectes évoluant à l'intérieur des glands du Nord Est algérien dans la région d'El-Kala sont des Lépidoptères de la famille des Tortricidae (*Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana*), et un coléoptère de la famille des Curculionidae *Curculio* sp., ce dernier est un important ravageur des glands de *Quercus* (Coutin, 1960 ; Bovey et al., 1975 ; Bellal, 2008 ; Adjami, 2009).

Le taux d'infestation des glands des trois sites d'étude du mois d'Octobre sont plus infesté ; les plus attaqués par les lépidoptères et les coléoptères que ceux du mois de Novembre.

On liant l'infestation à la biométrie, il ressort que les petits glands sont les plus infestés.

Selon les résultats de l'infestation des glands, on remarque qu'au mois d'octobre les glands du site Sanaoubari sont les plus attaqués par les lépidoptères que les autres sites, au mois de novembre c'est le site d'El-Mellah qui est le plus infestés par les lépidoptères, par contre pour les coléoptères c'est le site de Brabtia qui présente le taux d'infestation le plus élevé. L'infestation augmente au niveau du site El-Mellah et effectivement le taux des lépidoptères et des coléoptères plus la présence remarquable d'une espèce inconnue.

A l'ouest du pays, 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. A l'intérieur des glands provenant de M'sila et Nesmoth, s'est développé un autre papillon, *Pyrallis farinalis* (la pyrale de la farine) (Bouhraoua, 2003).

Les glands de chêne-liège sont riches en métabolites surtout quand ils ne sont pas attaqués. Le contenu lipidique est très important surtout au niveau de l'amende, ce contenu diminue de huit fois lorsque les glands sont fortement attaqués. A côté d'une richesse en lipides des glands de chêne-liège, les quantités de sucres ne sont pas négligeables surtout au

niveau de l'amende mais il semble que l'attaque des glands ne perturbe pas le métabolisme glucidique. De très petites quantités de protéines ont été dosés dans les glands, ces quantités décroissent nettement en fonction de l'attaque des insectes (Adjami et al, 2009).

Le taux d'attaque des glands par le nombre d'insectes est répartis en 4 classes; dont la classe 1 représente l'infestation par une larve et pour la classe 2 l'infestation se limite de 2 à 5 larves, c'est deux dernières sont les plus représentées comparativement aux autres classes, mais les glands attaqués par une seule larve sont les plus fréquents. Le taux d'attaque le plus élevé est celui de Sanaoubari puis d'El-Mellah et de Brabtia.

Selon Balachowsky (1963) le trou de ponte de *Balaninus elephas* est assez large pour que l'ovipositeur puisse s'y engager convenablement. Il mentionne que deux œufs peuvent être pondus dans le même temps; dans ce cas la pression exercée par la poussée du second favorise l'enfoncement du premier. Le nombre plus élevé des larves, se trouvant dans le même fruit, explique les cas de nanisme fréquents observés chez les adultes, consécutifs à une carence alimentaire.

Les champignons

Concernant notre étude sur les champignons qui a compris la recherche des champignons macromycètes, le prélèvement des échantillons racinaires pour la recherche des ectomycorhizes et un prélèvement du sol pour effectuer les analyses physico-chimiques du sol. Pour les macromycètes; 7 espèces uniquement sont identifier : un nombre faible faute peut être au pâturage au niveau du site El-Mellah et au sous bois très dense aux sites Sanaoubari et Brabtia. Pour les ectomycorhizes, leurs présence n'est pas assez importante (12 morphotypes) et sont difficiles à les identifier. Ce déficit peut expliquer la régression de l'état sanitaire des arbres par ce que la présence abondante des champignons ectomycorhizogènes donne beaucoup de bénéfice à l'arbre et l'inverse.

Selon Machado et Santos (2002), la comparaison entre arbres sains et dépérissants, montre que la quantité totale de mycorhize est maximale chez ces derniers du fait de l'abondance des mycorhizes noirs de *Cenococcum geophilum*.

Les ectomycorhizes de ce champignon sont abondantes lorsque l'espèce hôte est à la limite de son aire de répartition, sous stress ou se développant sur sols secs (Abourouh, 1996).

De ce fait, nous pensons que la présence permanente de *Cenococcum geophilum* indique un état de stress chez le chêne-liège (Adouane, 2008).

Les analyses du sol nous ont permis de faire une carte d'identité du sol sur lequel en travail.

CONCLUSION

D'après nos résultats et à travers les relevés et les observations réalisés au niveau des trois subéraies du Parc National d'El-Kala, nous avons obtenus des résultats qui nous ont permis de cerner l'état sanitaire des forêts de la région. Nous avons mis en évidence à travers l'évolution de l'indice de dépérissement un état sanitaire en début de dépérissement pour les sites Brabtia et El-Mellah et un dépérissement assez grave pour le site Sanaoubari, ainsi que site El-Mellah en 2012. Le feuillage des trois sites d'étude présente une décoloration et une défoliation élevée qui nous a permis de montrer une régression de l'état sanitaire des 3 sites d'étude en comparaison avec les 3 années précédentes.

- L'étude de l'état sanitaire des feuilles montre que la majorité des feuilles (80%) sont endommagées ; attaquées, présentent des nécroses ou des galles.

Les feuilles sont attaquées par un ensemble d'insectes phyllophage appartenant à deux ordres : Coléoptères, Lépidoptères. Les feuilles décapées sont les plus représentés avec un pourcentage avoisinant 80%.

- Concernant l'attaque des insectes xylophages, nous avons enregistré une forte présence qui atteint presque tous les arbres échantillons des forêts, de même pour la flore lichénologique. Les suintements noirâtres et les croûtes charbonneuses sont aussi observés. Les crevasses semblent être importantes sur la majorité des arbres échantillons, par ailleurs ; nous n'avons enregistré aucun départ de gourmands. Quelques blessures sont à remarquer sur presque le quart des arbres des trois subéraies et augmente au niveau du site El-Mellah 2012 presque à la moitié, tandis que les traces d'incendies ne sont visibles qu'à la subéraie de Brabtia.
- L'examen de la zone sous corticale des arbres des forêts montre que la qualité du liège est bonne.

L'indice d'abondance de la glandée calculé pour les deux sites Brabtia , Sanaoubari montre que les arbres sont globalement inféconds traduisant ainsi une mauvaise année de production. El-Mellah présente toujours une glandée moyenne. Les mensurations morphométriques des glands récoltés au sol montrent que les glands du site Brabtia sont les plus grands alors que ce sont ceux de Sanaoubari qui sont les plus petits. Ces glands sont attaqués par des lépidoptères et coléoptères, cette attaque perturbe et diminue la régularité et l'abondance de la glandée, ce

qui a une incidence directe sur la capacité germinative et par conséquent sur la régénération naturelle de l'essence.

L'observation de ces sites mérite d'être continuée à travers le dispositif déjà mis en place afin de suivre l'évolution de l'état sanitaire, mais surtout voir l'infestation des glands en étudiant les cycles des différents ravageurs. Une étude de l'entomofaune de la région est aussi à mener.

- La biodiversité fongique n'est pas très importante dans les trois sites d'étude, sur les 10 espèces ; 7 uniquement sont identifier. Il serait intéressant de compléter cette étude par d'autres inventaires successifs durant les années suivantes, car d'année en année, le développement des champignons supérieurs est soumis aux conditions variables du milieu et par conséquent il y aura peu ou beaucoup de fructifications qui s'édifieront.

Parmi les espèces fongiques récoltés : *Gymnopilus spectabilis*, *volvariella gloiocephala*, *Psathyrella candolleana*, et certains sont connues pour être mycorhizogènes telle que *Pisolithus tinctorius* ...

- Il est possible et bénéfique d'en cultiver certaines au laboratoire et de pratiquer des inoculations artificielles sur des jeunes plants de chêne liège pour suivre la croissance et le rendement de celui-ci en raison de les faire transmettre en pépinière forestière pour améliorer l'état sanitaire et le rendement des subéraies.
- Pour ce qui est de l'état mycorhizien du chêne liège, nous nous sommes intéressées à l'observation de racines d'arbres adultes issues dans nos sites d'étude ;

12 morphotypes ectomycorhiziens ont été décrits, ceci montre que le chêne liège peut être colonisé par plusieurs espèces de champignons différents. Des morphotypes existent sur au moins deux sites et le mycorhize de *Cenococcum geophilum* connue pour indiquer un état de stress chez les arbres qu'elle infecte. Quant au statut mycorhizien, il est important dans le site El-Mellah, moyen dans le site de Brabtia et faible au site Sanaoubari.

- En préservant ou en restaurant la subéraie, il ne s'agit pas seulement de conserver un écosystème intéressant mais aussi une sylviculture originale.

L'intérêt porté à la subéraie en temps qu'élément du paysage, en tant qu'habitat ou habitat pour de nombreuses espèces, ne fait que renforcer l'image de la subéraie et ouvrir d'autres portes pour pérenniser son entretien. Il faut donc souligner cette convergence d'intérêts vers la conservation d'un système centré sur le Chêne-liège.

RESUME

Notre présente étude consiste à évaluer l'état phytosanitaire des subéraies d'El-Kala, nous avons mis en place un dispositif qui permet d'étudier les différents facteurs du dépérissement du chêne-liège, et ce au niveau de trois stations d'observation (El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia). Nous avons pu évaluer l'état sanitaire du peuplement de chêne-liège à travers divers relevés (dendrométriques et d'exploitations). Les observations effectuées ont surtout concerné l'examen du houppier, du tronc, des branches, des feuilles, des rameaux et des fruits (glands).

Les sujets étudiés dans nos trois sites présentent une forte défoliation accompagnée d'une coloration anormale (vert clair). Outre ces deux indicateurs, nous avons également calculé l'indice de dépérissement (ID) qui exprime d'une façon directe l'état général du peuplement de chêne-liège, indiquant un état de dépérissement assez grave pour nos trois subéraies.

Les observations de cette année montrent que sur les trois sites étudiés, l'action des insectes xylophages et de la flore lichénologique est importante. La présence des suintements noirâtres, des croûtes charbonneuses, des crevasses et des surfaces de liège déhiscent est également observée. L'action de l'homme reste limitée dans nos sites d'études malgré un déliègeage illicite et des blessures sur les arbres.

Concernant les fruits, les glands des arbres étudiés ont été fortement attaqués par les lépidoptères et les coléoptères (*Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana*, *Curculio sp.*).

Pour la recherche des champignons, nous avons pu estimer l'état mycorhizien (ectomycorhizes) des subéraies des trois sites d'étude et le mettre en relation avec l'état sanitaire des arbres des subéraies. Nos observations, nous ont permis de découvrir une diversité fongique assez importante (12 formes d'ectomycorhize dont la plus fréquente est celle de *Cenococcum geophilum*).

Mots-clés : subéraie, dépérissement, glands, infestation, lépidoptères, coléoptères, champignons, ectomycorhizes.

ABSTRACT

Our present study consists in estimating the state phytosanitary El-Kala's cork oak, we set up a device which allows to study the various factors of the decline of the cork oak, and it at the level of three stations of observation (El-Mellah, Sanaoubari and Brabtia). We were able to estimate the sanitary state of the populating cork oak through different statements (dendrometric and of exploitation). Made observations especially concerned the exam of the three, the trunk, the branches, the sheets, the twigs and the fruits (acorns).

Subjects studied in our tree sites present a strong defoliation accompanied with a (light green) abnormal coloring. Besides these two indicators, we also calculated the indication of decline (ID) which expresses in a direct way general state of the populating cork oak, indicating a state of rather grave decline for our three cork oak.

The observations of this year show that on three studied sites, the action of xylophagous insects and the lichenologic flora is important. The presence of the blackish seepage, the sooty crusts, the cracks and the surfaces of bad cork is also observed. The action of the man remains limited in our sites of studies in spite of an illicit work and wounds on trees.

Concerning fruits, the acorns of the studied trees were strongly attacked with Lepidoptera and beetles (*Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana*, *Curculio sp.*).

For the detection of fungi, we estimated the mycorrhizal status (ectomycorrhizae) of cork oak forests of the three study sites and put in relation with the health status of cork oak trees. Our observations have allowed to find enough important fungal diversity (12 types of ectomycorrhizae, the most frequent is that of *Cenococcum geophilum*).

Keywords: cork oak, decline, acorns, infestation, lepidoptera, beetles, fungi, ectomycorrhizae.

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى معايرة الوضع الصحي لغابات البلوط الفليني لمنطقة القالة. تم وضع شبكة للمراقبة المستمرة للحالة الصحية لثلاثة محطات مختلفة من غابات القالة و هي : الملاح - الصنوبري و برابطية.

تم تسجيل جميع الملاحظات الخاصة بورق الاشجار الاغصان جذوع الاشجار و فاكهة البلوط. يظهر على الاشجار المغروسة تساقط كبير للاوراق متزامن مع ظهور فتور في لون الاوراق و تسمح هتين الظاهرتين بحساب عامل السقم (ID) الذي يحدد بدقة الحالة الصحية للغابة و الذي يبين حالة صحية خطيرة في الثلاث غابات المدروسة و بينت الملاحظات ان هناك تاثير كبير للحشرات اكلات الحطب و الاشنية طما لاحظنا سيولات سوداء وقشور فحمية و بقع كبيرة للفلين الغير الجديد و يبقى تاثير الانسان محدود في هذه الغابات.

في ما يخص فاكهة البلوط يبدو أنها مهاجمة من طرف حشرات *Cydia fagiglandana* *Cydia splendana* et *Curulio* sp.

للكشف عن الفطريات قمنا بتقدير الحالة الميكوريزية لغابات البلوط الفليني في مواقع الدراسة الثلاث وربطه مع الحالة الصحية لأشجار البلوط الفليني .

قد كشفت ملاحظتنا على وجود تنوع فطري هام (12 نوع من إكتوميكوريزا) و التي من بينها ميكوريزا *Cenococcum geophilum* المتواجدة بكثرة.

Références bibliographiques

Abbas M, 1988 : Rapport de la mission effectuée dans les wilayas d'Oran, de Relizane, Tiaret et de Chlef du 29 Mai au 4 Juin 1988. Inst. Nat. Rech. For., Alger, 8p.

Boudjemaa S, 2007 : Contribution à l'étude des propriétés des sols de la région d'Annaba. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.

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. Université d'Annaba.

Abdendi Z. E, 2007 : Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte: Science et changement planétaire/ Sécheresse. Volume 14. Numéro 4. 209- 18, synthèse.

Abourouh M, 1996: Les ectomycozites du chêne-liège /Caractérisation et rôle possible dans la régénération. Centre National de la Recherche forestière b.p.763

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. Université d'Annaba.

Adjami Y, 2009 : Etat sanitaire des subérais 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 Université de Annaba. 120p.

Adjami Y ; Ouakid M. L ; Saouli A ; Farine J.P ; Hayouni E. A and. Everarts , 2009: Evaluation of Antioxidant Activity, Antimicrobial and Fungicidal Effect of Organic Extracts of Cork Oak Acorns Attacked With Insects.

Adouane M, 2008: Etat mycorhizien du chêne-liège (*Quercus suber* L.) et influence des acacia et eucalyptus sur son développement dans la region d'El-Kala (cas du Canton Boumalek). Mémoire d'Igénieur en Ecologie et Environnement. Université de Annaba.

Al Abras K, 1985: L'évolution des types de mycorhizes de l'Epicéa commun en fonction de l'âge, mémoire de D.E.A. Université de Nancy I.

Alleg O, 1986 : Etude du Cerf de Barbarie- *Vervus elephatus* (Benett, 1833) dans le parc national d'El-Kala. Thèse. Ing. INA. Alger. 75p.

Anonyme, 1914 b: La réchesse de 1913 et les forêts algériennes. Bull.Stat.Rech.Forest.N.Afr., 1 (2): 54-65.

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.

Balachowsky, A.S, 1963 : Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, 1 (2). Masson et Cie, Paris, 627p.

Battistini E, 1938 : Les forêts de chêne-liège de l'Algérie. Imp. Victor Heintz, Alger, 197p.

Beddiar A, 2003: Les symbioses racinaires chez les principales essences forestières spontanées ou introduites dans le Nord-est algérien (étude particulière de la symbiose quadripartite chez l'aulne glutineux). Thèse de doctorat d'état. Université de Badji Mokhtar. Algérie.

Bellal W, 2008: Inventaire de l'entomofaune du chêne-liège dans la subéraie du Nord-est Algérien. Mémoire de magistère. Université d'Annaba.

Benseghir L.A, 2002: Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne-liège: conteneurs-substrats-nutrition minérale. Mémoire de magistère. Université d'Annaba.

Benyacoub S & AL, 1998 : Plan directeur de gestion du parc national d'El Kala et de complexe de zones humides. Projet J. E. F. Banque Mondiale, 220 p + 28 cartes.

Benyacoub S & Chabi Y, 2000 : Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, statut de répartition. Synthèse n : 7 Juin 2000. Revue des sciences et technologie, Univ. Annaba.

Benyacoub S, Brahmia Z, Rouag R, Ziane NN et Boulabal R, 2007 : " Inventaire de l'avifaune, de l'herpétofaune et des Chiroptères de la région d'El-Kala – Annaba : statut et répartition par type d'habitat". Projet Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement .40/2004. 03 tomes - Texte 425 p.

Bonneau M & Landmann G, 1988 : Dépérissement des forêts en Europe. La recherche, 205 (19). Décembre 1988 1542-1556.

Bouchafra A et Fraval A, 1991: Présentation du chêne-liège et de la subéraie. In Villemant C. et Fraval A. : la faune du chêne-liège. Actes Edition, Rabat, 1-26.

Boudy P, 1950: Economie forestière nord-africaine. Larose, Paris, 172-180p.

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 : étude particulière des problèmes posés par les insectes-Thèse d'état, département de foresterie, faculté des sciences, université de Tlemcen.

Bouhraoua R.T & Villement C, 2005 : Mécanisme généraux de l'altération sanitaire des peuplements de chêne-liège de l'Algérie nord- occidentale.- IOBC/wprs Bull. 28 (8) : 1- 7.

Bovey P, Linder A et Müller O, 1975 : Recherches sur les insectes des châtaignes au Tessin (Suisse). *Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen* 126 : 781-820.

Camus A, 1935 : Les chênes. Encycl. Econ. Sylviculture, 4, Paul Le chevalier, Paris.

Cantat R et Piazzetta R, 2005 : Le levé du liège, ce qu'il faut savoir sur l'exploitation du chêne-liège, Guide technique et de vulgarisation. Institut méditerranéen du liège. 45 p.

Chabi Y, 1998 : Biologie de la reproduction des mésanges dans les chênaies du Nord-est de l'Algérie. Thèse de doctorat. Université d'Annaba, 162p.

Chalabi B, 1990 : Contribution à l'étude des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune, cas du lac tonga, Parc national d'El-Kala. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach.

Coutin R, 1960 : Estimation de l'importance des populations d'imagos de *Balaninus elephas* Gyll. Dans une châtaigneraie cévenole. *Revue de zoologie Agricole et Appliquée* 59.

C.T.B.A, 2000 : Insectes et champignons du bois. 2^{ème} édition, Paris, 116p.

David, T. S ; Cabral, M. T; Sardinha, R. M. A, 1992 : a mortalidade dos sobreiros e a seca.- *Finisterra* 27:17-24.

Dajoz R, 1980 : Ecologie des insectes forestiers. Ecologie fondamentale et appliquée. Ed. Gauthier-Villard, Paris, 489 p.

Dajoz R, 1998 : Les insectes et la forêt. Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. Ed. Technique et Documentation, Paris, 594 p.

Damay, N et J.L Julien, 1995 : Chaulage dans les sols cultivés : importance du pouvoir tampon. Station agronomique de l'Aisne.

De Belair G, 1990 : Structure et fonctionnement et perspectives de gestion de quatre éco complexe lacustre et marécageux (El-Kala, est Algérien), *thèse Doct- Univ.U..S.T.L.Monpellier France.*

- Delatour C, 1983** : Le dépérissement des chênes en Europe. R. F. F., 35(4) :255-281.
- Dénarié J, 2000** : Le monde végétal. (Du génome à la plante entière), Editions TEC et DOC Pp 147-158.
- Dessain G, 1992** : Historique de l'utilisation de liège. Acte de colloque « les subéraies méditerranéennes », Vives 1992 : 35-39.
- D.G.F, 2002** : Rapport sur le dépérissement du chêne-liège. Conservation des forêts de Guelma. 1-4 p.
- Djouda H, 2005** : Extraction des huiles essentielles d'une plante aromatique : de la région d'El-Kala (*Mentha pulegium* L) Mémoire d'ingénieur en biologie. Université d'Annaba.
- D. S. F, 1991 : b-** Le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L). Information santé des forêts, 7, Janvier 1991, 3p.
- Duhoux E et Nicole M, 2004** : Biologie végétale (Associations et interactions Chez les plantes, IRD éditions, p 166.
- Duthil J, 1971** : Elément d'écologie et d'agronomie. Ed. J.B. Baillièrre et fils. Paris. Dunod.
- Dziri H, 2003** : Les chiroptères de la région d'El-Kala : Biologie des peuplements et sélection de l'habitat. Mémoire Magister. Université Annaba. 91p. p4.
- El Antry S, 1994** : Le Grand Capricorne du chêne liège. In: Ravageurs et maladies des forêts au Maroc, eds El Hassani, Graf, Harrachi, Messaoudi, Mzibri and Stiki, D.P.V.C.T.R.F: 119-121 p.
- Emberger L, 1955** : Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Geo. Zool*; Fac. Sci. Univ. Montpellier, Fasc. 1 – 43p.
- Emberger L, 1971** : Travaux de Botanique et d'Ecologie. Masson et Compagnie, Paris.
- Eyssartier G et al, 2004** : Larousse des champignons Ed. Larousse. 408p.
- Franceschini A et al, 1993**: Funghi segnalati sulla quercia da sughero (*Quercus suber* L.). *Collana Biologica* n°3, Sassari, Italy.
- 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.
- Garbaye J, 1989** : Les plantations forestières tropicales : un champ d'application privilégié pour la mycorhization contrôlée. *Bois et forêts des tropiques*. 216, 23-34.
- Gianinazzi P & Trouvelot A, 1982**: Mycorrhizae, an integral part of plants: biology and perspectives of their use. INRA –Presses, Paris-France.
- Gobat J.M; Anagno M & Matthey W, 1998**: Le sol vivant (Bases de pédologie, Biologie des sols) ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. P 519. Pp 442-464.

- Goumand B & Peyre S, 1992** : Le liège dans les Pyrénées Orientales. Acte du colloque « les Subéraies méditerranéennes, Vives 1992 : 40-45.
- Harley J.L et Smith S.E, 1983**: Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London. 482p.
- Hartman G ; Nienhaus F& Butin H, 1991** : Les symptômes de dépérissement des arbres forestiers: 9- 10 p.
- Housson R, 1955** : Sur la biologie du Coléoptère xylophage «*Platypus cylindrus* Fabr.». Ann. Univ. Sarav.- Scienta, 4 : 348- 355.
- Kadid Y, 1989** : Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga (PNEK). Thèse. Ing. INA, 100p.
- Khalla A, 2006**: Etude des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-Est Algérien): cas de la subéraie de Sanaoubari. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- Kouritchev, 1980** : Précis en agronomie Ed, mir.
- Lamaison J.L, 1998**: le livre des champignons. Ed. Solar, 350p.
- Lamey A, 1983** : *Chêne-liège : sa culture et son exploitation*. Levraut et C^{ie}, Nancy : 168-209 p.
- Landmann G, 1988** : Le dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique à longue distance : Les réseaux d'observation et le programme interministériel de forpa. La santé des forêts (France) en 1988, Min. Agri. For. (DERF), Pari;13-51 p.
- Langlois C.G, 1990**: Les ectomycorhizes: biologie et utilisation. Cours n°7. Division de R-D sur les semences, boutures et plants. Service. De l'amélioration des arbres, Direction de la recherche et du développement. Ministère de l'Energie et des Ressources. 12p.
- Lanier L; Joly P; Bondoux P & Bellmère A, 1976**: Mycologie et pathologie forestières (Tome II: pathologie forestière. Edt : Masson, paris. 478p, pp206.
- Laurent P, 2003**: Regard sur les champignons. Connaissances, identification, cueillette. Ed. Solar, 350p.
- Le Tacon F, 1978** : La mycorhization contrôlée et ses possibilités d'application. Les progrès réalisés aux Etats-Unis. Revue Forestière Française XXX. 5, pp 353-362.
- Lemoine C, 1996**: Nouveau guide des champignons. Ed. Ouest France, 447p.
- Machado H et Santos M.N, 2002**: La symbiose ectomycorhizienne du chêne-liège dans les plantations portugaises: synthèse des connaissances et perspectives. Integrated Protection in oak fousts. IOBC / wprs Bull. 25 (5). 2002 pp.61-62.
- Marc M, 1916** : Notes sur les forêts de l'Algérie. Typographie, Adolphe Mémoire de magister. Université Annaba. 148 p.

- Maugard, 1992** : L'action des pathogènes d'équilibre sur les jeunes peuplements en état de faiblesse. La santé des forêts (France) en 1992, Min. Agri. Pêche (D E R F), Paris : 43-44 p.
- Merabet F, 2006**: Etude des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-Est algérien). Cas de subéraie Brabtia. Ing. Université d'Annaba.
- Messaoudene M, 2000**: Réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège; 32p.
- Methy M; Damesin F.C. & Rambal S, 1996**: Drought and photosystem. II activity in tow mediterranean oaks.-Ann.Sci.For.53 :255-262p.
- Metro A, 1958** : *Forêts. Atlas du Maroc*. Institut Scientifique Chérifien, Rabat, 157p.
- Moneville, 1944 in Harrieche O, 2004** : Impact du Cadmium et l'interaction Cadmium-Calcium sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Dest.,Variété Vitron). Effet sur le respiration des racines. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- Mugnossa G et al, 2000**: Forests of the Mediterranean region: Gaps in Knowledge and research needs. For. Ecol. Manag. 132: p 97-109.
- Munoz M.C et al, 1996**: Micoflora y patologia del alcornoque (*Quercus suber*. L).A.P.A. (Nancy), 303p.
- Natividade J.V, 1956** : Subericulture. ED Française de l'ouvrage Portugais subériculture E.N.E.F. (Nancy), 303p.
- Oliveira G; Coreira O.A; Martins-Loução M.A. & Catarino F.M, 1992**: Water relations of cork oak (*Quercus suber* L.) under natural conditions.-Vegetatio 99-100:199-208.
- Ouakid M.L, 1991** : Etude d'un ravageur des forêts: *Lymantria dispar* (Lepidoptera, Lymantriidae). Bio-écologie dans la forêt de la Gourrah. Action des facteurs écologiques et activité du Thuricide HP et du Dimilin. Thèse de Magister, Université d'Annaba, Algérie,87p.
- Ouelmouhoub S, 2005**: Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Série « Master of Science » n°78.
- Oulmouhoub S. & Laboudi B, 1999** : Etude synchronique et diachronique d'une subéraie incendiée dans la région d'El-Kala. Thèse. Ing. Agro. INA. Alger. 86 p + annexes.
- Piazzetta R, 2005** : La levée du liège, Guide technique et de vulgarisation. Institut Méditerranéen du liège. 23p.
- Polese J.M, 2000**: Le mini-guide des champignons. Ed. Kônemann, 381p.
- Ruiu P.A, 2005** : Création d'un réseau de surveillance du dépérissement des subéraies en Sardaigne et analyse des premiers résultats. IOBC/ Bull. 28(8): 45-51 p.
- Satouh R, 2007**: Etude des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-Est algérien). Cas de subéraie d'El-Mellah. Mémoire d'Ingénieur à l'Université d'Annaba.

Selosse M.A & Le Tacon, 1995 : Les associations mutualistes entre champignons et phototrophes : leur diversité et leur rôle dans la colonisation du milieu terrestre. *Cryptogamie, Mycol.* 16 (3). P141-183.

Seltezer, 1946 in Boumezbeur A, 1993 : Caractérisation de l'avifaune aquatique nicheuse de la région d'Annaba, El-Kala. Thèse de Magistère, Univ. Annaba. 56p.

Sousa E.M.R, 2005: Le déclenchement des perturbations physiologiques des peuplements de chêne-liège: une synthèse des relations agent/hôte. *IOBC/wprs Bull.* 28 (8).

Sousa, E.M.R, 1996: Contribution à l'étude de la biologie de population de *platypus cylindrus* (coleoptera, playpodidae) dans les peuplements de chêne liège au Portugal. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, 163 p.

Strullu D.G ; Perrin R ; Plenchette C & Garbaye J, 1991 : Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Ed : Tec et Doc- Lavoisier.

Tlili N, 2003 : Etude synchronique de la dynamique post-incendie dans les subéraies de plaine du parc national d'El-Kala (Wilaya d'El Tarf). Mémoire Ing. Agro. Univ d'El Tarf. 53P+annexes.

Toubal B.O, 1986 : Phytoécologie, biogéographie et dynamique et principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord Orientale). Cartographie au 1/25000. U.S.T.M Univ. Grenoble. thèse. doct. 3^{ème} cycle.

Villemant C & Fraval A, 1993 : La faune entomologique du chêne-liège de la Mamora (Maroc). *Ecol. Medit.*, 19 (3/4) 1993 : 89-98 p.

Villemant C. & Fraval A, 2002 : les gradations de *Lymantria* disparu en Europe et en Afrique du Nord. *IOBC/ Bull.* 22(3): 71-79 p.

Wilcox H.E, 1996: Mycorrhizae. In: *plant Roots: the hidden half – second edition.* Waisel and unpolluted soils. *Plant and soil.* 167.189-196p.

Zeraïa L, 1983: Liste et localisation des espèces assez rares et rarissimes. INF. Alger. 136 p.

Ziane N, 1999 : le peuplement d'Anatidés hivernants dans la région d'El-Kala ; Chronologie d'hivernage et rythme d'activité. Mémoire de Magistère. Université d'Annaba, 107 p.

Zine M, 1992 : Situation et perspectives d'avenir du liège en Algérie. Actes du colloque « des (*Quercus suber L.*) en Algérie. *La forêt algérienne*, 3, 5-9.