الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE **DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار .عنابة.

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR.ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire

en vue de l'obtention du Diplôme De Magistere en Biologie

Option: T**OXICOLOGIE** F**ONDAMENTALE ET** A**PPLIQUEE**

THEME

Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Etudes des facteurs de dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Essais insecticides contre les insectes du gland.

Présenté par:

M^{elle} Adjami Yasmine

Devant la commission d'examen:

Président:	Mr. Soltani N	Professeur	Université d'Annaba
Directeur de Recherche:	Mr. Ouakid M.	Maître de conférences	Université d'Annaba
Examinateur:	Mr. Benslama M	Maître de conférences	Université d'Annaba
Examinatrice:	Mme. Bendali F	Maître de conférences	Université d'Annaba

2007/2008

REMERCIMENTS

Au terme de ce travail, j'exprime ma profonde gratitude à ***Mr SOLTANI Noureddine****, Professeur à l'Université d' Annaba, d'avoir accepté de juger ce travail et de m'avoir bien accueilli dans son laboratoire.*

Je tiens particulièrement à remercier mon directeur de mémoire ***Mr OUAKID Mohamed Laîd****, Maître de conférence à l'Université d'Annaba, de m'avoir offert l'opportunité de travailler avec lui, ma reconnaissance pour ces précieux conseils, son esprit critique et sa rigueur scientifique. Je le remercie d'avantage pour sa patience, sa gentillesse et sa confiance en moi, qui m'ont donné la force d'être à la hauteur de ses espérances.*

Tous mes remerciements à ***Mr BENSLAMA Mohamed*** *Maître de conférence à l'Université d' Annaba, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Je remercie également ***Mme BENDALI Fatiha*** *de faire partie de cet honorable jury.*

Dédicace

Je profite de cette honorable occasion pour dédier ce mémoire à mes parents; ma mère qui a fortement participé à ma réussite, dont j'essaierai de lui faire toujours honneur et mon père qui ma toujours encouragé.

A ma sœur unique Nadjet

A mes frères Abdelhak, Mohamed ainsi que sa femme Nani

A mes adorables neveux Rami et Azyadé

A mes oncles Nouri, Abdou et Mohamed, qu'ils n'ont pas cessé de m'encouragé

A tout les membres de ma famille grands et petits "Belhani"

A ma tente Aicha baya

Je la dédie à mes amis et mes collègues: Hanene, Chahra, Mohcen, Houssem, Wafa, Moussa, Amel, Ibtissem, Zahra, Sousou, Rosa, Meriem, Hanene, Gata, Noura, Ramsi, Kimou et a tout le reste de l'écologie animale.

A mes amis de lycée Mounia, Moudi, Sameh, Feriel.

Ainsi à qu'a toute ma promotion de toxicologie

Yasmine

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION……1

2. MATERIEL & METHODES……..5

2.1. Présentation de la zone d'étude……5

2.1.1. Caractéristiques géographiques…….5

2.1.2. Caractéristiques climatiques……..7

2.1.2.1. Température……7

2.1.2.2. Précipitations……..8

2.1.2.3. Humidité……8

2.1.2.4. Vents……..9

2.1.3. Caractères bioclimatiques……..9

2.1.4. Biodiversité de la région……..11

2.1.4. 1. Richesse faunistique……11

2.1.4.2. Richesse floristique……...12

2.2. Présentation des sites d'étude……..13

2.3. Le chêne-liège……16

2.3.1. Aire de répartition du chêne-liège……...16

2.3.2. Caractère botanique…….17

2.3.3. Ecologie du chêne-liège……..19

2.3.4. Importance économique……..20

2.4. L'étude sanitaire du chêne-liège…….21

2.4.1. Relevés caractéristiques des arbres…….22

2.4.2. Relevés stationnels……..22

2.4.3. L'examen de la cime……...23

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

2.4.7. Traitement insecticide…….30

2.4.7.1. Présentation des l'insecticides utilisés……..30

2.4.7.2. Préparation des doses utilisées et traitement……33

2.4.6.3. Effet du traitement insecticide sur la germination des glands traités……33

2.5. Analyse statistique……34

2.5.1. Analyse en composantes principales (ACP)……...34

2.5.2. Test de Kruskall-Wallis……...34

3. RESULTATS……..35

3.1. Relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons……35

3.2. Relevés stationnels……37

3.2.1. Relevés sylvicoles……...37

3.3. Etat de la cime……..38

3.3.1. Evolution de la défoliation……..38

3.3.2. Evolution de la décoloration……38

3.3.3. Evolution de l'indice de dépérissement pendant les années d'étude…...39

3.4. Etat du tronc, l'écorce et la zone sous corticale…….40

3.5. Interaction des facteurs responsables du dépérissement……..53

3.5.1. Interaction de tous les relevés effectués dans les 3 sites pendant les 3 années d'étude……...53

3.5.2. Interaction des relevés fortement corrélés effectués dans les 3 sites pendant les 3 années d'étude…….55

3.5.3. Test de Kruskal Wallis sur les 21 variables…….57

3.6. Etude des feuilles……..59

3.6.1. Feuilles saines……..59

3.6.2. Etude des feuilles endommagées…….63

3.7. Etude des glands sains et troués……..68

3.7.1. La glandée……...67

3.7.2. Biométrie des glands sains……..67

3.7.3. Etude des insectes des glands……..70

3.7.3.1. Biométrie des glands troués…….70

3.7.3.2. Détermination des insectes des glands……73

3.7.4. Evolution de l'attaque des insectes des glands……...79

3.7.4.1 Glands récoltés de l'arbre……..79

3.7.4.2 Glands récoltés au sol……...80

3.8. L'effet du traitement sur les insectes des glands……...90

3.8.1. L'effet du RH-0345…….90

3.8.2. L'effet de l'Imidaclopride sur les insectes des glands…….95

3.8.3. Effet du RH-0345 sur la germination des glands traités…….99

3.8.4. Effet de l'Imidaclopride sur la germination des glands traités……..100

4. DISCUSSION……102

5. CONCLUSION…….115

RESUMES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Liste des Figures

N°	Titres	Page
1	Localisation géographique du Parc National d'El-Kala (Benyacoub et *al*, 1998)	6
2	Position de la région d'El-Kala sur le diagramme d'Emberger (1955) et répartition bioclimatique du chêne-liège.	10
3	Proportion des différentes essences forestières du P.N.E.K (B.N.E.F, 1984).	12
4	Présentation des sites d'étude	15
5	Répartition de la surface couverte par le chêne-liège dans le bassin méditerranéen (Yessad, 2000).	16
6	Les principales catégories d'arbres atteints selon les proportions de feuillage affecté	24
7	Les différents groupes de régulateurs de croissance (Soltani &t *al.*, 2000).	32
8	Structure du RH-0345.	33
9	Structure de l'imidaclopride	34
10	Evolution de l'indice de dépérissement (ID) des trois subéraies étudiées en 2005, 2006 et 2007.	41
11	Arbres morts du site Sanaoubari en 2006	48
12	Différents descripteurs du tronc	52-53
13	Répartition des différents relevés sur les axes de l'analyse en composantes principales.	54
14	Premier plan de l'Analyse en Composantes Principales calculée en utilisant comme variables les relevés effectués en 2005, 2006 et 2007 dans les 3 sites d'étude (El Mellah, Sanaoubari et Brabtia)	55
15	Classification Ascendante Hiérarchique, avec le calcul du coefficient de corrélation de Pearson, sur tous les relevés réalisés en 2005, 2006 et 2007 dans les sites d'étude.	56
16	Répartition des 8 relevés fortement corrélés sur les axes de l'analyse en composantes principales.	57
	Premier plan de l'Analyse en Composantes Principales calculée en utilisant	58

17	comme variables les 8 relevés fortement corrélés effectués en 2005, 2006 et 2007 dans les 3 sites d'étude (El Mellah, Sanaoubari et Brabtia).	
18	Résultats du Test de Kruskal Wallis sur les 21 variables (Seules les variables dont le test est significatif sont représentées)	59
19	Evolution de la surface foliaire des feuilles saines du site El-Mellah durant les années 2005, 2006 et 2007	60
20	Evolution du Poids des feuilles saines du site El-Mellah durant les années 2005, 2006 et 2007	61
21	Evolution de la surface foliaire des feuilles saines du site Sanaoubari durant les années 2005, 2006 et 2007	61
22	Evolution du Poids des feuilles saines du site Sanaoubari durant les années 2005, 2006 et 2007	62
23	Evolution de la surface foliaire des feuilles saines du site Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007	63
24	Evolution du Poids des feuilles saines du site Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007	63
25	Evolution de la surface foliaire des feuilles endommagées du site El-Mellah durant les années 2005, 2006 et 2007.	64
26	Evolution de la surface foliaire des feuilles endommagées du site Sanaoubari durant les années 2005, 2006 et 2007.	65
27	Evolution de la surface foliaire des feuilles endommagées du site Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007	66
28	Feuilles saines et endommagées	67
29	Insectes ravageurs des glands (Carpophagous Insects).	76-77
30	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site El-Mellah en 2005.	82
31	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site El-Mellah en 2005.	83
32	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site El-Mellah en 2007.	84
33	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site El-Mellah en 2007.	85

34	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site Sanaoubari en 2005.	85
35	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site Sanaoubari en 2005.	86
36	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site Sanaoubari en 2007.	87
37	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site Brabtia en 2005.	87
38	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés du sol du site Brabtia en 2005	88
39	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site Brabtia en 2007	89
40	Evolution du taux d'attaque des glands récoltés du sol du site Brabtia en 2007	89
41	Glands sains et troués	90
42	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 25 mg/l du RH-0345	91
43	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 50 mg/l du RH-0345	91
44	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 100 mg/l du RH-0345	92
45	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 150 mg/l du RH-0345	92
46	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 200 mg/l du RH-0345	93
47	Effet du RH-0345 sur les insectes des glands	95
48	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 25 mg/l de l'imidaclopride	96
49	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 50 mg/l de l'imidaclopride	96
50	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 100 mg/l de l'imidaclopride	97
51	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 150 mg/l de l'imidaclopride	97
52	Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 200 mg/l de l'imidaclopride	98

Liste des Tableaux

N°	Titres	Page
1	Précipitations moyennes annuelles durant quatre périodes (d'après la station météorologique d'El-Kala)	8
2	Humidité moyenne atmosphérique à El-Kala exprimée en pourcentage (Boumezbeur, 1993 ; Station météo El-Kala, 2007)	9
3	Répartition et superficies des peuplements de chêne-liège en Algérie (Yessad, 2000).	17
4	principaux descripteurs des relevés sylvicoles	23
5	Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres atteints	25
6	Classes de décoloration des feuilles	25
7	Principales catégories de dépérissement du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de le « ID»	26
8	Différents descripteurs utilisés dans l'examen du tronc et branches	27
9	Classes de notation de la déhiscence du liège	28
10	Echelle de notation de la glandée.	29
11	Relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons des trois sites d'études, El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia (m± s, max, min)	37
12	Principales caractéristiques sylvicoles des sites d'étude	38
13	Evolution de la défoliation des trois sites d'étude El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007	39
14	Evolution de la décoloration des trois sites d'étude El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007	40
15	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.	43-44
16	Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Sanaoubari durant les 3 années d'étude.	46-47
17	Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Brabtia durant les 3 années d'étude.	50-51

18	Evolution du taux (%) de la surface foliaire perdue des feuilles endommagées des trois sites d'étude El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia, durant les années 2005, 2006 et 2007.	66
19	L'indice d'abondance de la glandée durant les 3 ans pour les 3 sites d'études	68
20	La longueur moyenne (m± s) en cm, des glands sains récoltés sur les 3 sites d'étude. (n=100/site/an).	69
21	Le diamètre moyen (m± s) en cm, des glands sains récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an)	70
22	Le poids moyen (m± s) en g, des glands sains récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an).	71
23	La longueur moyenne (m± s) en cm, des glands troués récoltés sur les 3 sites d'étude. (n=100/site/an).	72
24	Le diamètre moyen (m± s) en cm, des glands troués récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an).	73
25	Le poids moyen (m± s) en g, des glands troués récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an).	74
26	Liste des insectes trouvés à l'intérieur des glands du chêne-liège	75
27	Evolution du taux d'attaque des insectes des glands récoltés des arbres des 3 sites d'étude	80
28	Taux d'attaque initiale et final sur les glands récoltés du sol des 3 sites d'étude	81
29	Mortalité cumulée après 15 jours du traitement par le RH-0345	94
30	Mortalité cumulé après 15 jours du traitement par l'Imidaclopride	99
31	Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses du RH-0345.	100
32	Différentes étapes de germination des glands témoin après 4 semaines de traitement par RH-0345**.**	101
33	Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de faibles doses du RH-0345.	101
34	Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de fortes doses du RH-0345.	101

35	Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses d'imidaclopride.	102
36	Différentes étapes de germination des glands témoin après 4 semaines**.**	103
37	Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de faibles doses de l'Imidaclopride.	103
38	Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de fortes doses de l'Imidaclopride.	103

1.1-INTRODUCTION

La forêt est un écosystème complexe et riche, offrant de nombreux habitats à de nombreuses espèces et populations animales, végétales, fongiques et microbiennes entretenant entre elles, pour la plupart, des relations d'interdépendance. Elle est devenue un lieu de détente et de loisir. C'est aussi un lieu de production et de valorisation économique, mais le plus important la forêt est devenue un espace de vie.

Les forêts méditerranéennes se caractérisent par une grande hétérogénéité qui favorise l'adaptation de multiples formations végétales, elle demeure cependant soumise à un climat irrégulier et à des perturbations fréquentes qui entrainent une certaine fragilité de ses écosystèmes. Cette situation se complique davantage du fait de l'extension des activités humaines en forêts telles que l'agriculture, l'élevage, l'urbanisation qui conduit inéluctablement au recul du couvert forestier à la réduction de sa biodiversité (Naggar, 1999)

Les forêts méditerranéennes couvrent environ 81million 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 million d'hectare : 33% au Portugal, 23% en Espagne, 1% France, 10% en Italie, 15% en Maroc, 21% en Algérie, 3% en Tunisie.

Le chêne-liège est considéré comme l'une des essences forestières dont l'aire, naturellement inextensible est étroitement limitée au bassin méditerranéen occidental (Boudy, 1950). Ses forêts produisent une grande quantité de liège (environ 300million de Kg par an) dont 87% vient d'Europe (55% Portugal, 28%Espagne, 1%France, et 3% en Italie) et le reste d'Afrique de nord **(**4% du Maroc, 6% d'Algérie, 3% Tunisie) (Lopes ; 1996).

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 les dépôts de bois issus de la taille, qui sont utilisés pour la production du bois de chauffage ou du charbon, sont une ressource fondamentale pour certaines communautés rurales (De Sousa, 2005).

Mais les forêts de chêne-liège sont aussi un écosystème très riche en termes de biodiversité, abritant des milliers d'espèces dont certaines sont emblématiques des espaces méditerranéens et en danger, tel que le Lynx ibérique, l'Aigle royal ibérique ou le Cerf de

Berbérie. Ces forêts rendent de nombreux services environnementaux (protection contre les incendies, protection des eaux) (Orts & Vallauri, 2006).

Les subéraies algériennes sont constituées de nombreuses essences, essentiellement le chêne-liège (*Quercus suber*), le chêne-zeen (*Quercus fagiea*) et le chêne-kermès (*Quercus coccifera*). Comme elles constituent un élément essentiel de l'équilibre physique, climatique et surtout socio-économique des populations des zones rurales et du pays en général.

Les forêts algériennes de chêne-liège sont comprises entre les frontières marocaines et tunisiennes et s'étendent du littoral méditerranéen au nord jusqu'aux chaînes telliennes au sud et représentent un peu moins du quart des superficies forestières mondiales (entre 429000 et 480 000 ha selon les inventaires et les auteurs) (Boudy, 1955 ; Valette, 1992 et Zine, 1992).
La production nationale du liège a connu des fluctuations annuelles parfois importantes, pendant l'époque coloniale, elle oscillait en moyenne entre 9000 tonnes (1867 et 1925) et 32.000 tonnes (1930-1960) (MARC, 1916 ; G.G.A., 1927 ; NATIVIDADE, 1956). Après l'indépendance, cette production a nettement régressée pour des raisons diverses et le volume annuel est devenu en effet assez irrégulier et varie de 8 à 35 000 tonnes, soit une moyenne de l'ordre 14.000 tonnes ce qui correspond à une réduction d'environ 60 % par rapport à la phase précédente (D.G.F., 1999). Plusieurs facteurs sont à l'origine de cette situation, le plus important étant la dégradation sanitaire des subéraies.

Le problème de la dégradation sanitaire des écosystèmes forestiers (feuillus et conifère) est connu depuis la fin du 19ème siècle. Il s'est accru dans de nombreux pays au début du siècle dernier, en Europe notamment, mais aussi en Amérique du Nord. L'apparition de phénomène spectaculaire connu sous le nom de «déclin» ou dépérissement n'a pris un caractère vraiment inquiétant qu'au début des années 1980 (Delatour, 1983; Bonneau & Landmann, 1988). Cette dégradation, caractérisée par des anomalies diverses, a été signalée pour la première fois par (Flack, 1924) puis plus tard, par de nombreux autres auteurs comme (Chararas, 1980; Lohele, 1988). Plusieurs facteurs défavorables ont été impliqués dans ce processus qui présente souvent deux phases : une phase d'affaiblissement suivie d'une phase de dépérissement proprement dite (Bouhraoua, 2005). Ce phénomène peut être divisé en deux groupes interdépendants. Le premier, difficilement contrôlable, englobe les problèmes liés à la physiologie et l'écologie de l'arbre, comme le vieillissement et l'irrégularité des glandées (Sork & Bramble, 1993) et le second concernant certaines contraintes, abiotiques comme les

conséquences de la sécheresse, l'absence de sylviculture, les incendies, le surpâturage, ainsi que l'action de l'homme et biotiques empêchant la régénération naturelle**,** notamment la prédation exercée sur chaque partie de l'arbre (le tronc, les branches, les feuilles, les rameaux et les fruits (glands)) par les champignons et les insectes (Lorimeer et *al., 1998*; ASMRFC, 1998).

« 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 adverse, abiotiques et biotiques. Les infections causées par ces derniers peuvent être si fortes qu'elles empêchent la reprise végétative des arbres atteint 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 disparaitre (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 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 (Kalla, 2006; Merabet, 2006; Adjami, 2006; Satouh, 2007).

Nous avons mis en place durant 3 ans (2005- 2007) un réseau de surveillance permanant constitué de trois stations d'observation, au niveau de la région d'El-Kala qui permet d'étudier l'état sanitaire des subéraies et les différents facteurs du dépérissement du chêne-liège. Cette étude est divisée en deux parties.

La première concerne l'évaluation de l'état sanitaire du peuplement de chêne-liège à travers l'examen de la cime, du tronc, les feuilles, les rameaux et les fruits (glands).

La deuxième partie est un essai insecticide contre les insectes du gland, pour cela nous avons utilisé le Halofénozide RH-0345, un insecticide de nouvelle génération, de la classe des dibenzohydrazines agoniste des ecdystéroïdes qui perturbe le processus normal de la mue, il exerce une action active contre les Lépidoptères, Coléoptères, Homoptères et les Diptères (Smagghe, 1995). Nous avons testé aussi l'imidaclopride (IMI), un pesticide de la famille des néonicotinoides, qui perturbe le système nerveux des insectes. Nous étudierons les différents taux de mortalité en fonction des doses pour chaque espèce ravageur des glands, (*Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana*, *Curculio sp*), ainsi que l'évaluation de son effet différé sur la germination des glands après traitement.

2. MATERIEL & METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

La présente étude a été réalisée au niveau du Parc National d'El-Kala (P.N.E.K) qui est l'un des plus grands parcs nationaux d'Algérie et de Méditerranée occidentale, crée en 1983, il constitue un laboratoire naturel pour de nombreux chercheurs. Sa richesse biologique et paysagère lui a valu d'être érigé en réserve de biosphère par l'UNESCO. D'une superficie d'environ 80 000 ha, le Parc National d'El-Kala se situe à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, inclus administrativement dans la Wilaya d'El-Tarf. Il côtoie la mer méditerranéenne au Nord, les monts de la Medjerda (Djebel Ghorra) au Sud, les frontières algéro-tunisiennes à l'Est et les plaines d'Annaba à l'Ouest (Figure.01). Le Parc National d'El-Kala se caractérise par une hétérogénéité éco-systémique concrétisée dans la grande diversité géomorphologique, édaphique et climatique (De Belair, 1990).

2.1.1. Caractéristiques géographiques

Le relief du Parc National d'El-Kala se caractérise par les différentes formations géographiques qui se composent d'une juxtaposition de dépression, dont le front est occupé par des formations lacustres ou palustres et des hautes collines aux formes variées (dôme, escarpement, alignement des crêtes) couvertes par une végétation plus au moins dense (De Belair, 1990). En partant de la mer (0 m d'altitude) jusqu'aux monts de Djebel Ghorra (1200 m d'altitude) on observe plusieurs formations géographiques : un cordon dunaire au Nord sur les côtes qui s'étend d'Ouest en Est sur une longueur de 40 km et se prolonge vers le Sud jusqu'à 24 km à l'intérieur des terres (De Belair, 1990).

De plus, le relief du P.N.E.K se caractérise par un pendage important. Il est constitué de 9% de pentes faibles, 10% de pentes moyennes et 80 % de pentes fortes à très fortes. La région d'El-Kala est marquée essentiellement par les deux ensembles structurables formés lors des deux époques : Tertiaire et Quaternaire. L'actuelle structure morphologique résulte donc d'une activité tectonique datant du Tertiaire (il y'a 65 millions d'années) et du Quaternaire (il y a 2 millions d'années). Cette structure à été soumise à une érosion intense à la fin du Miocène, et se poursuit jusqu'à présent notamment grâce à une pluviométrie importante (Benyacoub, 1993).

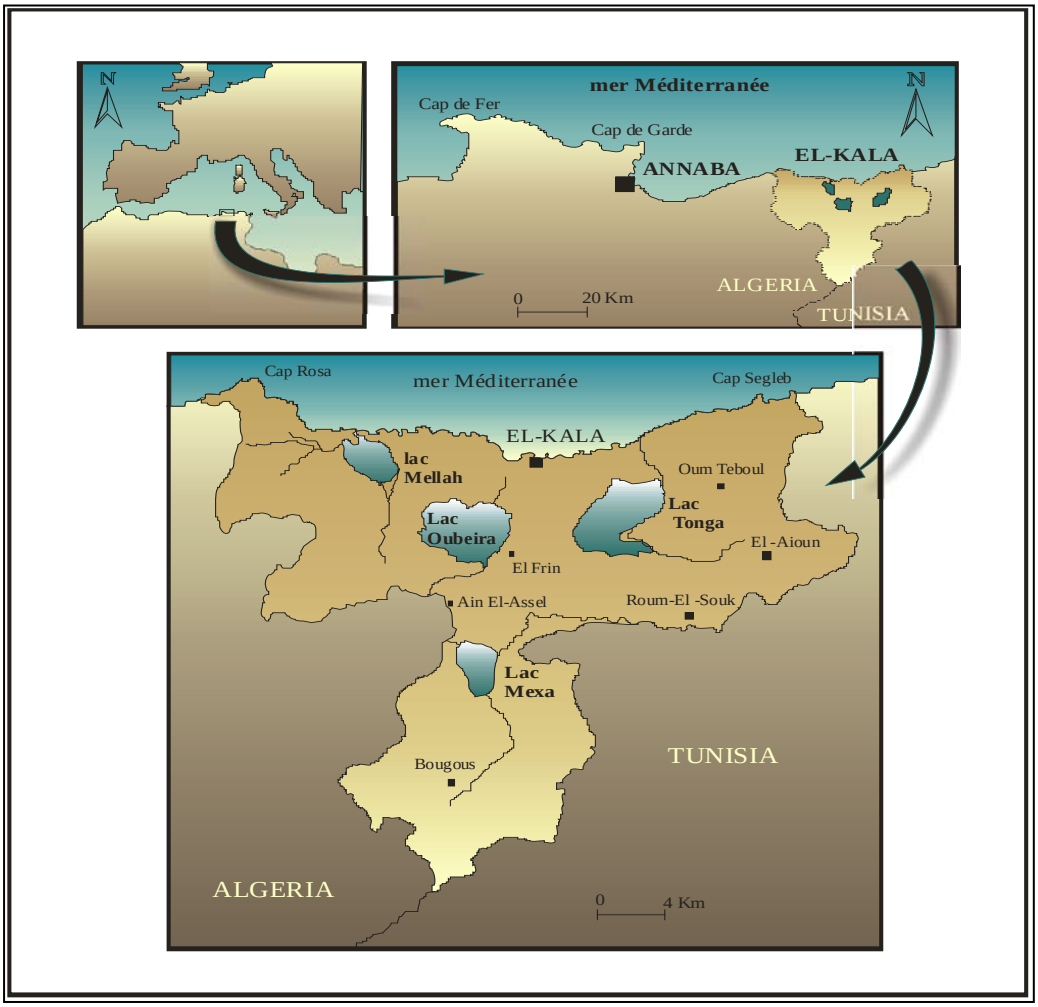


Figure. 1: Localisation géographique du Parc National d'El-Kala

(Benyacoub et *al*, 1998)

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 fin, graviers, cailloux, ainsi que des affleurements rocheux formés principalement de grés.

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 (2700 ha), Oubeïra (2200 ha), El-Mellah (800 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 ºC. Les mois les plus froids sont Janvier et Février, alors que Juillet et Août sont les mois les plus chauds (28 ºC et 79 ºC). Durant cette période, les températures élevées sont généralement dues au sirocco (De Blair, 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 apparait 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, pire encore pour la période comprise entre 1986-2006 où les moyennes mensuelles ont beaucoup chutées jusqu'à atteindre 61,44 mm seulement, soit un déficit de 848,56 mm, 706,86 mm et 610 mm respectivement par rapport aux trois périodes précédentes (1913- 1935, 1950-1988, 1986- 1992). 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).

Tableau. 1: Précipitations moyennes annuelles durant quatre périodes (d'après la station météorologique d'El-Kala)

Années	P. moyenne mm
1913- 1935	910
1950- 1988	768,3
1986- 1992	672,4
1989- 2006	61,44

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% et74% où le maximum est enregistré en début de l'hiver et en fin d'été. (Tableau. 2).

Tableau. 2: Taux d'humidité relative moyen de la station El-Kala. (Boumezbeur, 1993 ; Station météo El-Kala, 2007)

Mois / Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
1913-1936	78	78	74	75	75	78	72	73	75	77	75	78	**76**
1950-1988	72	71	71	71	73	68	70	75	74	73	71	75	**72**
1991-2006	74	72	69	67	68	66	65	67	65	68	70	71	**68,5**

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).

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 sub-humide à hiver chaud**.** D'après le climagramme d'Emberger (1955), la région d'El-Kala se situe dans un étage bioclimatique sub-humide caractérisé par un hiver chaud (Figure. 2).

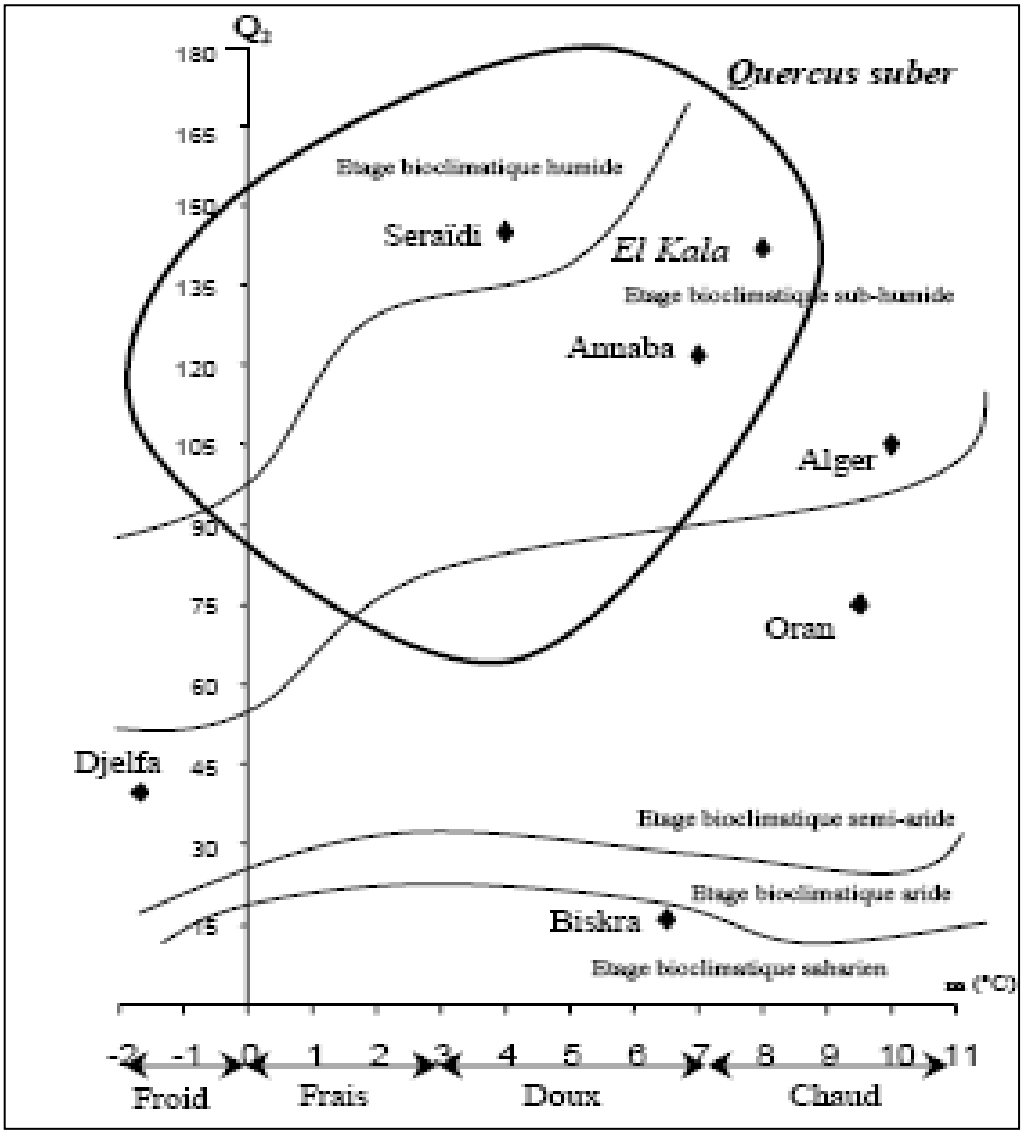


Figure. 2: Position de la région d'El-Kala sur le diagramme d'Emberger (1955) et répartition bioclimatique du chêne-liège.

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 sub-humide à hiver chaud : il se trouve dans la partie Nord du Parc au niveau des pleines alluviales. Le cordon dunaire et les collines sublittoraux se caractérisent par l'aire de l'Oléolentisque à Caroubier au niveau altitudinal supérieur (Toubal, 1986).

Etage humide à hiver chaud à tempéré : se trouve au-delà de la pleine 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 groupement 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 500et 700 m.

Etage humide à hiver chaud à tempéré à frais : il se manifeste au-delà de 800m 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

Le Parc National d'El-Kala comporte une série d'écosystèmes marins, lacustres et forestiers. Cette diversité écologique lui confère une valeur patrimoniale élevée tant au point de vue biodiversité que du point de vue agronomique (Oulmouhoub & Laboudi, 1999). Parmi les groupes systématiques rencontrés au sein du Parc, ce sont incontestablement les oiseaux qui constituent la richesse faunistique la plus spectaculaire avec 191 espèces d'oiseaux (Benyacoub & Chabi, 2000). Ce chiffre constitue environ 47% du nombre total d'espèces aviennes que compte le pays soit 404 espèces (Moali, 1998 *in* Oulmouhoub & Laboudi, 1999). Cette richesse confère par ailleurs, à certains sites du Parc, les zones humides, le statut d'importance internationale (Dziri, 2000).

Selon Benyacoub & *al*, (1998), la faune mammalienne du Parc compte 37 espèces dont les plus abondantes sont : le Sanglier, le Chacal, la Mangouste, et le Cerf de Barbarie qui est le mammifère le plus précieux de la région (Alleg, 1986). L'entomofaune reste à inventorier.

2.1.4.2. Richesse floristique

Riche d'environ 850 espèces, la flore du P.N.E.K. se caractérise par une grande diversité structurale ainsi qu'un haut degré d'endémisme. Avec 231 espèces rares et très rares, appartenant à 62 familles et représentant 27% de la flore du parc, soit 15% de la flore rare à l'échelle nationale. Cependant, on compte 550 Spermaphytes et 300 Cryptophytes dont 25 Fougères, 110 Champignons, 40 Mousses, 65 Algues et 50 Lichens (De Belair, 1990).

D'après le B.N.E.F.*in* (Oulmouhoub & Laboudi, 1999), l'écosystème forestier du P.N.E.K. comporte six séries de formations végétales faisant toute l'originalité et la mosaïcité paysagère de la région d'El Kala (Figure. 03).

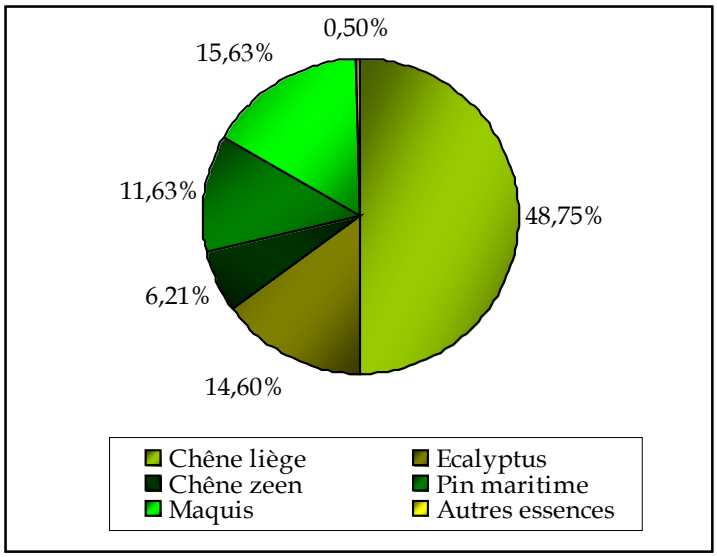


Figure. 3: Proportion des différentes essences forestières du P.N.E.K (B.N.E.F, 1984).

Benslama (1999) classe la végétation de la région en cinq principales séries :

La série de chêne-liège : *Quercus suber*, elle s'étend entre 400m et 500m d'altitude. Le cortège floristique qui accompagne cette série est composé de : *Erica arborea*, *Pistacia lentiscus*, *Phellyrea anagustifolia* et *Cytisus triflorus*.

La série de chêne-zeen : *Quercus faginea*, cette série est limitée au niveau des stations fraîches et humides. Son cortège est composé essentiellement de : *Ilex aquifolium, Erica arborea, Cytisus triflorus, Crataegus mongyna, Myrtus communis* et *Laurus nobilis*.

La série de chêne kermès : *Quercus coccifera*, cette série occupe surtout les dunes littorales. Son cortège floristique est composé de : *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Halimium halimifolium* et *Chamerops humilis*.

La série de Pin maritime : Cette essence est rencontrée surtout dans les collines sub-littorales, souvent en mélange avec *Quercus suber*, *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Phellyrea angustifolia*, *Cytus salvifolus* et *Arbutus unedo*.

La série de plantes de milieu humide : Elle s'étend le long des berges des lacs et des cours d'eau, ainsi que dans les dépressions humides. La stratification horizontale fait apparaître des groupements évoluant en fonction du degré de saturation. La succession est la suivante : végétation aquatique, végétation amphibie, végétation hydrophile et la végétation hérophile.

2.2. Présentation des sites d'étude

Pour évaluer l'état sanitaire des forêts, le choix de cette station à été basé sur les critères suivantes : la possibilité d'accéder à la station, la présence d'une subéraie homogène, surpâturage entraînant la dégradation de la végétation et des sols.

***Site El-Mellah*:** Au bord de la route départementale n°109, 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 15 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. 4). Elle est constituée de trois strates :

La strate arborée monospécifique 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 Oubeira et au Sud-Est du lac Mellah, l'altitude est de 15m, 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. 4)

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 angustifoliés, Pistacia lentiscus, Rubus ulmifolius, Crataegus monogyna, Erica arboria, Erica scoparia*…ces espèces forment un enchaînement de rameaux, de branches et lianes qui peuvent atteindre 4m de haut et se confondre avec les branches basses des arbres (Figure. 4)

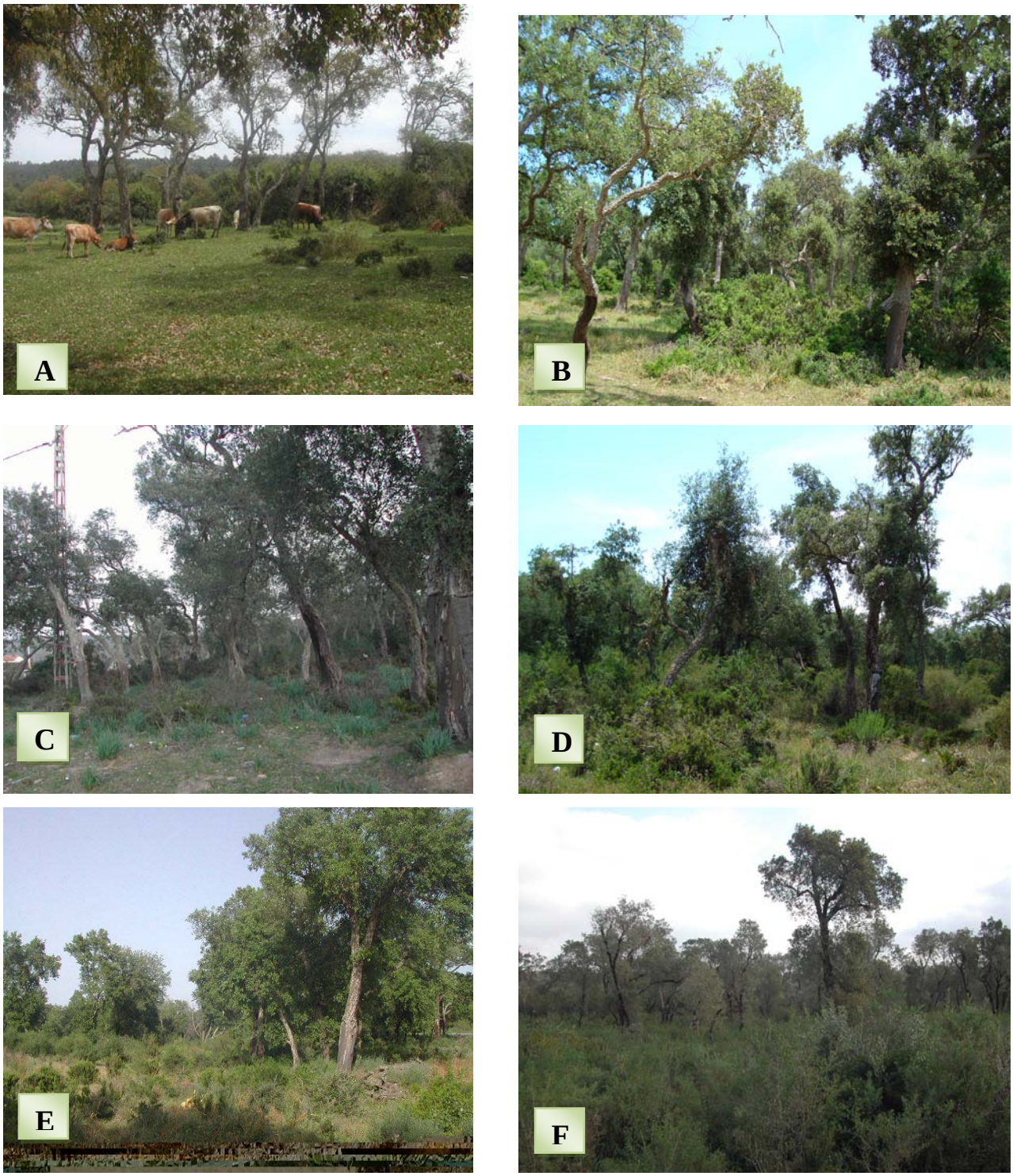


Figure. 4: Présentation des sites d'étude

(A) : Le pâturage dans le site d'El-Mellah, (B): La présence d'un sous bois réduit au niveau du site El-Mellah, (C): A la lisière du site Sanaoubari le sous bois est moyen, (D): A l'intérieur du site Sanaoubari le sous bois est dense pénétrable, (E): Au niveau de la réserve de Brabtia le sous bois est moyen, (F): Derrière la réserve de Brabtia le sous bois est dense impénétrable

2.3. Le chêne-liège

Le chêne-liège (*Quercus suber L*) est une essence endémique du bassin méditerranéen, cette espèce, dont l'origine remonte au tertiaire (Natividade, 1956), est un descendant de la flore pliocène supérieure (Boudy, 1950 ; Quezel, 2000), appartient à l'ordre *des Fagales*, à la famille des *Fagaceae* et à la sous-famille des *Quercineae* ou *Quercoidées*, le genre *Quercus*, très répandu dans l'hémisphère nord, renferme de très nombreuses espèces; on en compte en effet jusqu'à 500 selon Warburg (Natividade, 1956).

2.3.1. Aire de répartition du chêne-liège

Le chêne-liège occupe dans le monde une aire naturelle relativement restreinte. En effet, sa répartition se limite au bassin méditerranéen occidental, tous en débordant sur les côtes Atlantiques. La surface totale occupée par le chêne-liège est de 2 280 000 ha environ (Benabid, 1989), D'après Yessad (2000), le chêne-liège occupe 1 704 000 ha, réparti dans 7 pays: le Portugal, l'Espagne, l'Algérie, le Maroc, la Tunisie, l'Italie et la France **(**figure. 5).

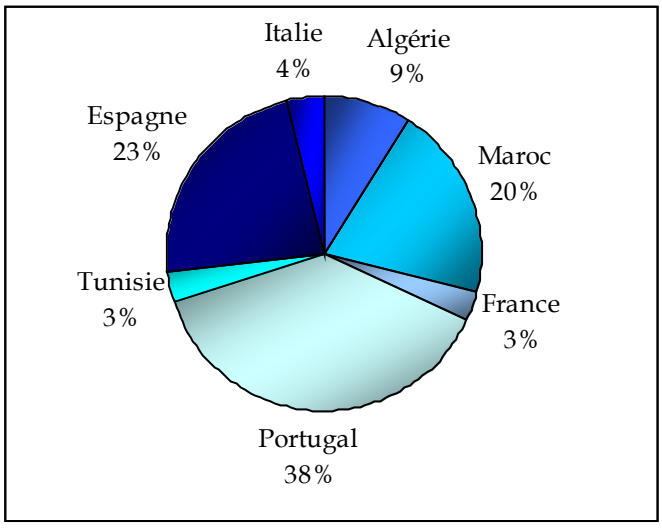


Figure. 5: Répartition de la surface couverte par le chêne-liège dans le bassin méditerranéen (Yessad, 2000).

Certains pays comme les U.S.A., L'U.R.S.S., le Japon et l'Uruguay ont tenté d'introduire cette essence pour son liège, mais sans grand succès semble-t-il (Natividade, 1956).

Le chêne-liège est une espèce forestière principale en Algérie tant en raison des superficies occupées que de son importance économique. Il est présent sur 450 000 ha, mais ne constitue de véritable subéraies que sur 150 000 ha. Celles-ci y couvrent trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard (Yassed ; (2000), (Tableau. 3).

Tableau. 3: Répartition et superficies des peuplements de chêne-liège en Algérie (Yessad, 2000).

Subéraie orientale	Skikda	40 000 ha
	Jijel - El-Milia	40 000 ha
	Guelma	20 000 ha
	Annaba - El-Tarf	30 000 ha
	Tizi-ouzou	10 000 ha
	Bouira	1 5 00 ha
Subéraie occidentale	Tlemcen	2 000 ha
	Chleff	3 000 ha
	Médéa	200 ha
	Blida	1 000 ha

2.3.2. Caractère botanique

C'est une espèce très polymorphe dont on a différencié de nombreuses formes botaniques (Natividade, 1956); l'arbre peut atteindre 10 à 20 m de haut, rarement plus. En peuplement serré, l'accroissement se fait plutôt en hauteur, alors qu'à l'état isolé, la cime est

largement étalée en largeur, le couvert est assez léger, ce qui explique l'abondance du sous bois.

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 du sol est de 70cm entre 27et 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 que l'arbre produit originellement est appelée liège mâle, liège vierge ou liège naturel, c'est l'écorce qui se développe naturellement sur le tronc et les branches de l'arbre et ce dés la 2ème année de la vie du végétal (Bouchafra et fraval, 1991). Il se crevasse fortement en vieillissant, ce qui lui confère une valeur commerciale quasiment nulle. Il est enlevé lors de l'opération appelée démasclage. Le liège femelle qui se développe après le démasclage est, contrairement au liège mâle, moins crevassé plus homogène et plus élastique. Ce liège est exploitable au bout de 8-15 ans. (Bouhraoua, 2003).

Les bourgeons, de forme ovoïde et légèrement allongés sur les rameaux stériles, poilus à écailles peu nombreuses portant des poils sur le dos et les bords. Ils sont protégés par des écailles plus développées dans les bourgeons terminaux, ces derniers participent à l'accroissement en longueur des branches (Natividade, 1956). Ce mode d'accroissement des branches est à l'origine de la forme sinueuse qui caractérise la ramure de cette essence.

Les rameaux jeunes sont assez fins, de couleur blanchâtre à grisâtre; en se lignifiant, ils deviennent robustes, lisses et noueux, âgés de 3 ans et plus, ils sont couverts d'une couche de liège; mince et de couleur rosée, elle s'épaissit avec l'âge et devient grisâtre sous l'action des intempéries. L'épaisseur de la couche subéreuse augmente au fur et à mesure que l'on s'approche de la branche et du tronc.

Les feuilles 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, non publ.). 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).

Le chêne liège est un arbre monoïque : les fleurs mâles sont regroupées en grappes, appelés «chatons", quand aux fleurs femelles, elles poussent isolément à la base des feuilles du même individu. D'après (Lamey, 1983), le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence dés l'âge de 12-15 ans et se déroule entre la fin Avril et la fin Mai (Piazzetta, 2005).

Quand 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). Le fruit ou gland 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.

La production des glands par arbre est très variable, de 1 à quelques dizaines de kilogrammes, selon l'âge, l'état sanitaire de l'arbre et les conditions climatiques. (Camus ,1935; Natividade, 1956). Le gland est riche en amidon et constitue une nourriture traditionnelle des animaux sauvages. Il peut en temps de famine se révéler une alimentation acceptable pour les humains, mais la présence de tanins, substance astringente, en quantité appréciable en limite naturellement l'absorption. Ils sont convoités par de nombreux consommateurs, Oiseaux, Insectes, Vertébrés, en plus de l'Homme. Si les glands amers sont réservés au bétail, les glands doux servent à l'alimentation humaine et font l'objet d'un actif commerce.

2.3.3. Ecologie du chêne-liège

Le chêne-liège est une essence méditerranéo-atlantique. La répartition géographique de l'espèce est définie par ses exigences écologiques qui sont de quatre ordres : exigence en lumière, chaleur, humidité et refus des sols calcaires (Piazzetta, 2005). Selon le même auteur, le chêne-liège est une essence héliophile. La cohabitation avec d'autres essences à la cime peu

compacte, tels que le Pin maritime (*Pinus pinaster*) ou le Pin parasol (*Pinus pinea*) est possible, mais c'est en peuplement pur, voire en lisière des parcelles qu'il se développera le mieux.

Le chêne-liège est thermophile: il pousse donc sous des climats tempérés (températures moyennes annuelles comprises entre 13°C et 16°C) à hivers doux car il craint les fortes gelées persistantes et a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer. Dans les régions chaudes (Andalousie, Maghreb), cet arbre peut monter jusqu'à 1000 m, voire 2000 m dans l'Atlas marocain.

L'humidité est également un facteur limitant, car bien qu'étant xérophile, le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60 %, même en saison sèche, et d'une pluviométrie allant de 500 à 1200 mm/an. Ces conditions ne se rencontrent que près de la mer en région méditerranéenne, et jusqu'à 200 ou 300km à l'intérieur des terres sur la façade atlantique. Ces exigences varient néanmoins selon les particularités des stations qu'il colonise: exposition (Nord/Sud), topographie (sommet, fond de vallon), proximité de la mer, ...

Le dernier facteur n'est pas le moindre, il s'agit du sol. Le chêne-liège est une espèce calcifuge stricte se plaisant sur tous les substrats siliceux et acides (schistes, grès, gneiss, granite), et craignant l'hydromorphie. Il s'accommode de sols peu fertiles, superficiels ou lourds (riches en argiles), mais recherche plutôt des textures légères (sables), biens aérées et riches en matière organique.

2.3.4. Importance économique

L'importance économique du 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 conductible 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).

En Algérie les forêts de chêne-liège tenaient et tiennent toujours une place primordiale dans la vie socio-économique. Après l'indépendance (1962), la superficie productive de liège a régressé considérablement pour atteindre actuellement près de la moitié, soit 220 000 hectares. Cette situation, qui a pesé lourdement non seulement sur l'économie forestière du pays mais aussi sur le milieu naturel, est le résultat logique de l'influence de plusieurs causes adverses, d'ordre historique, politique, technique, sylvicole, humain et naturel (Bouhraoua, 2003).

2.4. L'étude sanitaire du chêne-liège

Afin de caractériser le peuplement de chêne-liège de nos sites d'étude, nous avons effectué sur terrain et au laboratoire 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-échantillions (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. Et quand l'arbre d'un taillis est formé de plusieurs brins, nous n'avons retenu pour chaque cépée que la plus grosse.

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), la circonférence à hauteur d'homme (1,70m) et le coefficient de démasclage « Cd ». Cet indice s'obtient en divisant la hauteur démasclée par la circonférence à hauteur d'homme.

Cd = hauteur démasclée / 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 de 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. 4).

Tableau. 4: 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. 6). 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. 5).

Tableau. 5: 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 défolie	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

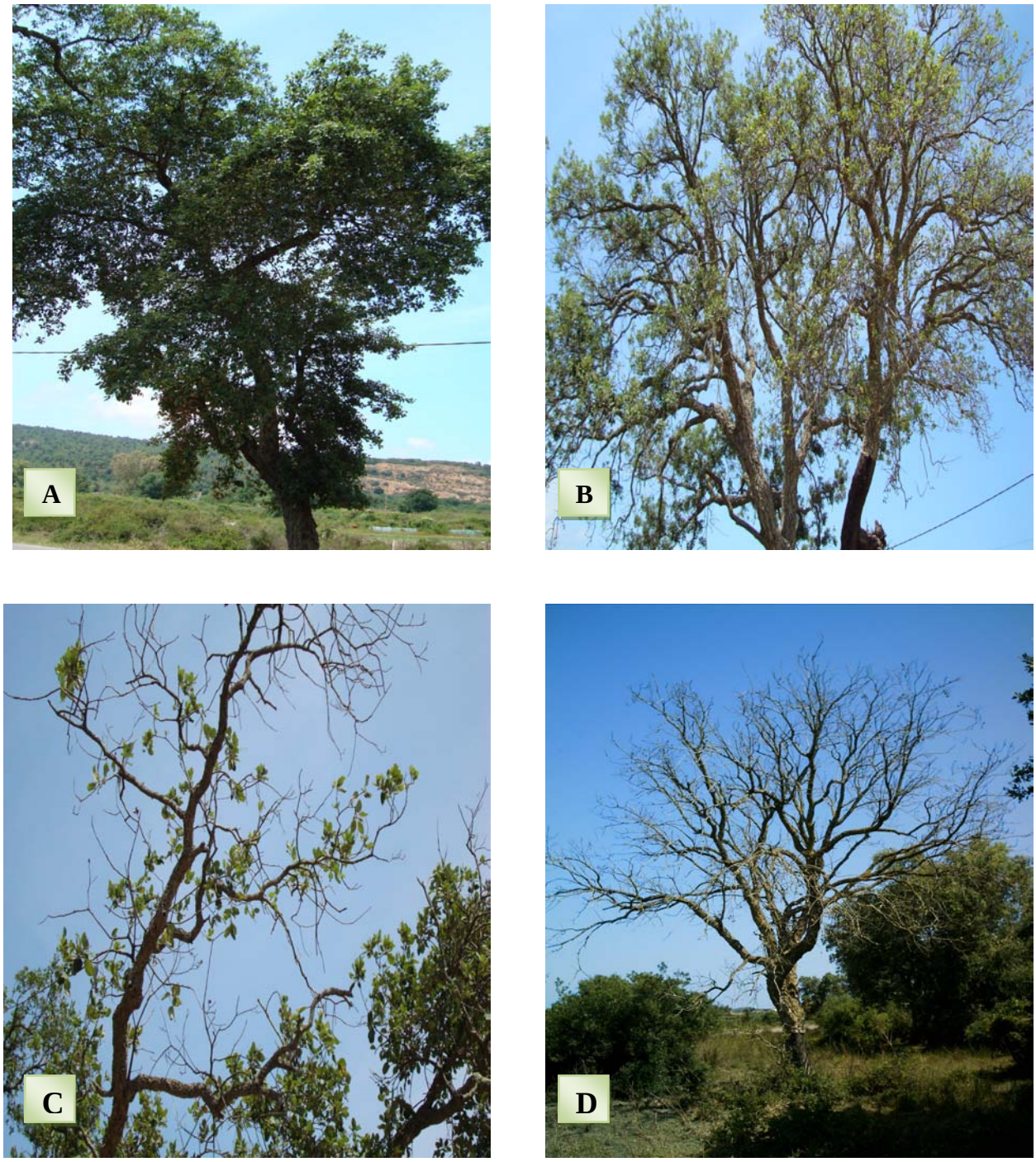


Figure. 6: Les principales catégories d'arbres atteints selon les proportions de feuillage affecté

(A): Arbre sain (classe 1 de défoliation), (B): Arbre affaibli (classe 2 de défoliation),

(C): Arbre dépérissant (classe 3 de défoliation), (C): 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. 6) (Bouhraoua, 2003).

Tableau. 6: 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. 7).

Tableau. 7: Principales catégories de dépérissement du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de l' « ID».

Indice de dépérissement (ID)	Statut sanitaire
I D < 1,5	Non dépérissant ou sain
1,6 < I D < 2,0	En début de dépérissement
2,1 < I D < 2.5	En dépérissement assez grave
I D > 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.8.

Tableau. 8: 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 charbonneuses 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. 9).

Tableau. 9: 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

On a procédé comme suit: au niveau de la partie inférieure de chaque arbre, 4 rameaux feuillés de 10 cm ont été sélectionnés selon les 4 points cardinaux, à raison d'un rameau par orientation. Ces rameaux ont fait l'objet d'un examen au laboratoire dont l'objectif est de rechercher les agents biotiques et de quantifier les dégâts causés par ces derniers.

Tous les insectes observés sur ou dans les feuilles, sur les rameaux ou extraits des pousses ont été récoltés pour des identifications ultérieures. Quant à la quantification des dégâts d'origine biotiques sur les feuilles, elle a été évaluée par la surface foliaire endommagée (décapage, découpage, perforation ou nécrose). Pour cela, sur 100 feuilles prises aléatoirement, on a calculé la proportion moyenne de surface foliaire endommagée dans chaque échantillon. Cette dernière est définie par rapport à la surface foliaire moyenne d'une feuille saine, calculée à partir de 100 feuilles saines. La surface foliaire est calculée par la formule de Moneville (1944):

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

Après le calcul de la surface foliaire des feuilles saines, nous avons délimité 3 classes de feuilles: les petites feuilles ayant une surface foliaire entre 1cm^2 et 1,60 cm^2, les feuilles moyennes ayant une surface foliaire entre 1,60 cm^2 et 1,90 cm^2 et de grandes feuilles ayant une surface foliaire supérieure à 1,90 cm, nous avons délimité aussi 3 classes pour le poids des feuilles saines. Pour les feuilles endommagées nous avons délimité les mêmes classes de feuilles précédemment décrites mais seulement les classes de la surface foliaire, puis nous

avons déterminé 4 classes représentant le pourcentage endommagé des feuilles, la classe 1 représente les feuilles dont la surface endommagée représente entre 1% et 10% de la surface foliaire totale (faiblement endommagée), la classe 2 représente les feuilles ayant perdu une surface comprise entre 10% et 30% (moyennement endommagées), la classe 3 représente les feuilles endommagées (entre 30% et 50%) et les feuilles fortement endommagées sont dans la classe 4 (plus que 50% de la surface foliaire endommagée).

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 10 (Bouhraoua, 2003).

Tableau. 10*:* 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 (Ia) 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 :

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

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

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

Récolte et biométrie des glands : 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'attaque des insectes dans les conditions contrôlées : Les glands des arbres et du sol présentant des trous de sortie d'insectes ont été comptés et isolés de manière à obtenir 4 types de glands : glands troués des arbres, glands non troués des arbres, glands troués du sol et glands non troués du sol, et cela afin de déterminer le taux d'attaque des glands.

2.4.7. Traitement insecticide

2.4.7.1. Présentation des l'insecticides utilisés

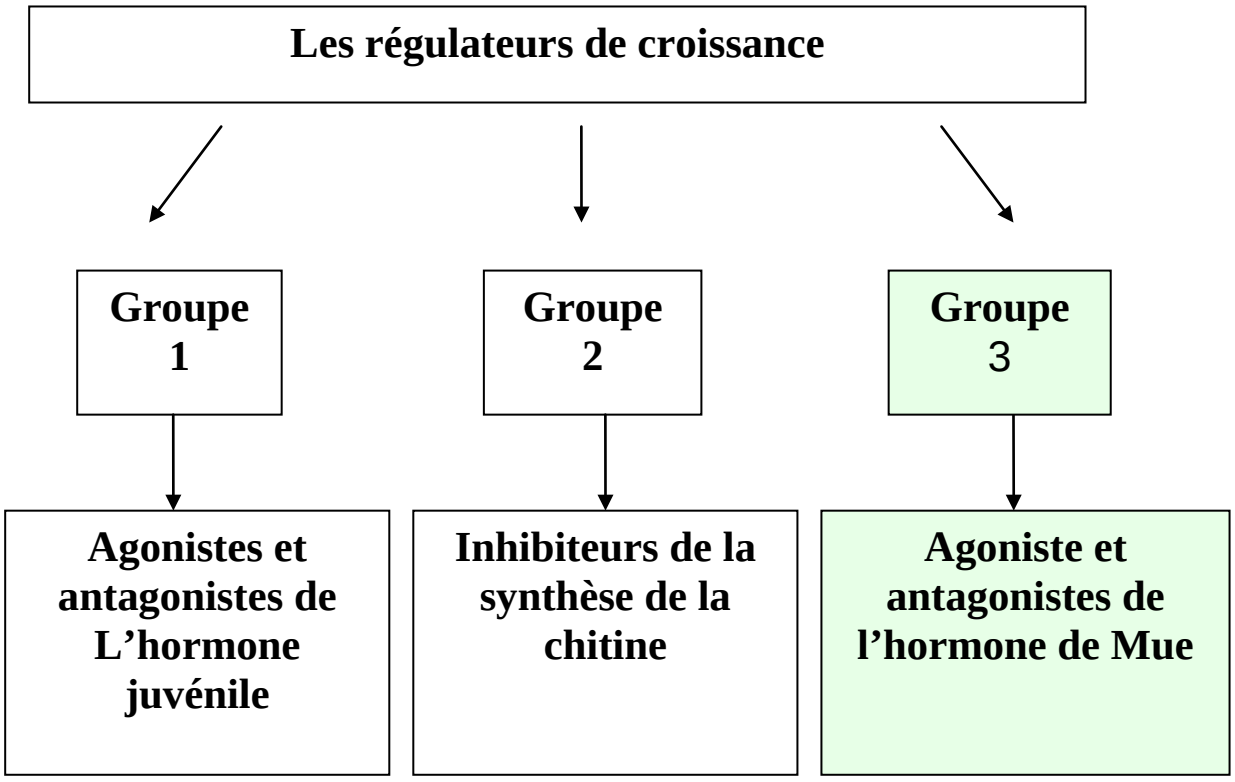
Nous avons traités les glands de chêne-liège par deux insecticides, le RH0345 (Halofénozide) un agoniste de l'hormone de mue des insectes et l'Imidaclopride un neonicotinoide qui agit comme insecticide en bloquant les récepteurs nicotiniques de l'acétycholine (nAChRs).

Le RH-0345

Les régulateurs de croissance d'insectes IGRs (Insect Growth Regulator) sont répartis en trois catégories selon leur mode d'action (Figure. 6).

La première catégorie comporte les agonistes et antagonistes de l'hormone juvénile (JH) qui présente une efficacité chez plusieurs Coléoptères et Lépidoptères **(**Horwitz et Ishaaya, 1996). La deuxième catégorie comporte les inhibiteurs de la synthèse de la chitine comme le diflubenzuron (DFB) qui perturbe le processus de mue en l'inhibant (Soltani *& al.,* 1993, Ouakid, 1991). La troisième catégorie concerne les agonistes et antagonistes des ecdystéroïdes, composés non stéroïdes représentés par les bisacylhydrazines, comme le RH-5849, RH-2485, RH-5992 et le RH-0345 (Oberlander *& al.,* 1995).

Le RH0345 (Halofénozide) est le nom commun du N-butyl-N'-(4-chlorobenzoyl benzohydrazide) ; qui appartient a la classe des dibenzohydrazines ; C'est un mimétique de la 20-hydroxyecdysone (20E), ayant un poids moléculaire de 330,81g, sa formule empirique est $C_{18}H_{19}ClN_2O_2$, la solubilité dans l'eau de cette molécule est de 12.3 ppm et sa durée moyenne sur le sol est de 129 jours (photolyse). Il a une structure non astéroïdale (Figure.7). C'est un agoniste des ecdystéroïdes qui perturbe le processus normal de la mue (Smagghe, 1995)**.**



*Pyriproxyfène	*Diflubenzuron(DFB).	*Benzoylhrazine: (RH 5849, RH5992,
*Méthoprèn.	*Flucycloxuron(FCX).	RH 2485 et **RH-0345**).
*Hydropène.	*Hexaflubensuron.	*Imidazole (KK-42 et KK-22).
*Précocène I et II.	*Ttriflumuron(TFM).	

Figure. 7: Les différents groupes de régulateurs de croissance (Soltani &t *al.*, 2000).

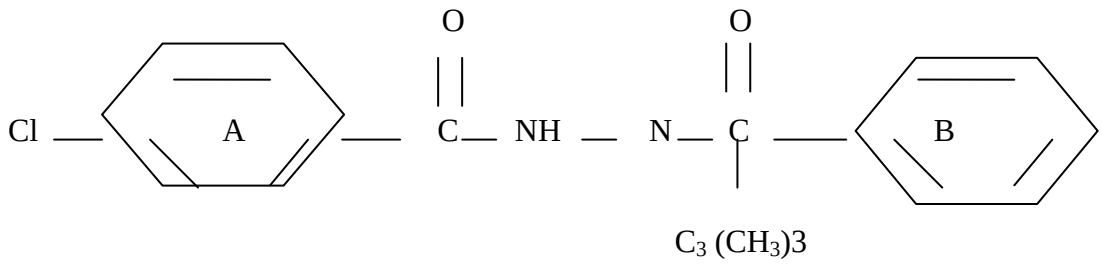


Figure. 8: Structure du RH-0345.

L'Imidaclopride

L'Imidaclopride (IMI) est un insecticide qui a été d'abord présenté au Etats-Unis en 1994. Il est de la classe de chloronicotinyl nitroguanidine, Son nom chimique est 1-[(6-chloro-3-pyridinyl)methyl]-*N*-nitro-2-imidazolidinimine (Figure. 8), fait partie de la famille des néonicotinoides, laquelle semble aujourd'hui prendre de plus en plus d'importance. Comme nombre d'insecticides neurotoxiques, l'IMI est un perturbateur des synapses cholinergiques. Celles-ci fonctionnent habituellement avec un neurotransmetteur excitateur, l'acétylcholine. L'IMI fait partie de la famille des néonicotinoïdes, lesquels ont pour cible le récepteur spécifique de l'acétylcholine : le récepteur cholinergique. L'affinité et l'effet agoniste de la nicotine pour le site de réception de l'acétylcholine sont connus depuis fort longtemps. Une nouvelle grande famille de neurotoxiques s'est développée depuis lors, celle des néonicotinoïdes. Comme son nom l'indique, cette famille trouve partiellement son origine dans la structure de la nicotine. Parmi les composés qui en font partie se trouve l'Imidaclopride. Comme tous les néonicotinoïdes, elle agit comme antagoniste des récepteurs cholinergiques nicotiniques sur la membrane post synaptique, la fixation de l'IMI sur le récepteur nicotinique se solde par une hyperactivation neuronale et se traduit par la mort de l'insecte par tétanie (Zafeiridou et Theophilidis, 2004).

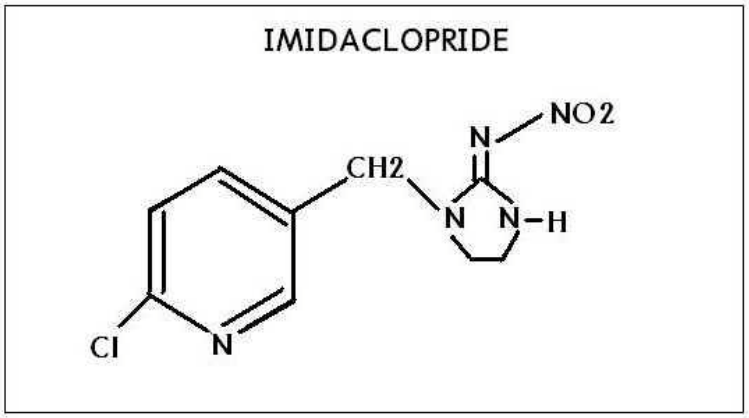


Figure. 9: Structure de l'imidaclopride

2.4.7.2. Préparation des doses utilisées et traitement

A partir d'un produit commercial du Halofenozide, et d'un produit commercial d'imidaclopride dosant tout les deux 23%, nous avons préparé une solution mère à 200mg/l pour chaque insecticide, puis on a détermine cinq doses : 25mg/l, 50 mg/l, 100 mg/l. 150 mg/l, 200 mg/l, après des essais préliminaires. Pour chaque dose de chaque insecticide, le traitement est réalisé par pulvérisation jusqu'à ruissellement du produit sur 3 lots de 30 glands. Un autre lot servant de témoin est aspergé d'eau distillée. Après 24h du traitement on prélève 5 glands de chaque répétition, qu'on dissèque et on compte le nombre de larves mortes et le nombre de larves vivantes. L'opération est répétée après 24h, 3jours, 7 jours, 10 jours et 15 jours.

2.4.6.3. Effet du traitement insecticide sur la germination des glands traités

Un lot de glands traités à différentes doses par les deux pesticides et non disséqués est mis à germer selon les indications de Merouani *et al*, 2005. Les glands d'abord imbibés pendant 48 heures à 20°C, sont désinfectés 10 à15 mn dans une solution de chlorure de sodium à 80 % puis mis à germer dans du sable stérile (200°C/2h), maintenu humide durant 28 jours à 20°C et à l'obscurité. Nous considérons qu'un gland germe dés que la radicule perce le péricarpe et montre un géotropisme positif. Puis on détermine le taux de germination après 7jours, 14 jours, 21 jours et 28 jours. Chaque semaine, on note aussi le taux de glands restés intacts (I), le taux de glands présentant une rupture du péricarpe (RP), le taux de glands présentant une forte rupture du péricarpe (FRP), le taux de glands présentant une germination

avec un germe inférieur à 5 mm (G<5) et enfin le taux de glands présentant une germination avec un germe supérieur à 5 mm (G>5).

2.5. Analyse statistique

2.5.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Ce type d'analyse est une méthode descriptive qui ne repose sur aucune hypothèse quand à la distribution des variables impliquées. Classiquement, les tableaux sont visualisés sous forme graphique. Dès que l'on dépasse trois variables, il n'est pas possible de situer les échantillons dans lesquels un axe est distribué à chaque variable. Les analyses multivariées permettent de travailler avec un nombre quelconque de variables (K), mesurées sur un nombre quelconque d'individus N, avec N plus grand ou égal à K.

Le principe des analyses multivariées est général: elles considèrent que le tableau des K mesures pour N individus forme une matrice de dimension (K, N). Une telle matrice peut être réduite à un ensemble de N vecteurs dans un hyper-espace à K dimensions, et les individus peuvent être positionnés grâce à ces N vecteurs dans cet hyper-espace. Réciproquement, la matrice inversée, donc de (K, N), représente K vecteurs, auxquels on peut assimiler les variables dans un hyper-espace à N dimensions.

La technique que nous avons utilisé est celle de l'analyse en composantes principales (ACP), car elle est la technique la plus neutre. Elle a été réalisée non pas sur les données brutes, mais sur les variables centrées et réduites. Ceci permet d'éviter de donner trop de poids à des variables qui présentent une trop large gamme de variations.

2.5.2. Test de Kruskall-Wallis

Ce test statistique a été utilisé pour comparer les moyennes des 21 variables testées issues des différents relevés réalisés pendant les 3 années d'étude. Seules les variables dont le test est significatif seront représentées. Les différents tests seront complétés, si nécessaire, par un test de comparaison multiple pas-à-pas.

3. RESULTATS

3.1. Relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons

En ce qui concerne les relevés dendrométriques, la circonférence moyenne des arbres dans l'ensemble des 3 sites d'étude varie de 1,15 à sanaoubari à 1,54 m dans la subéraie de Brabtia. Les sujets de chêne-liège étudiés ont une hauteur moyenne comprise entre 7,55 m et 8,07 m avec un minimum de 6 m au niveau du site El-Mellah et un maximum de 9 m enregistré dans les 3 sites, mais les arbres de grande taille dominent dans le site de Brabtia 8,07± 0,73 m.

La hauteur de la première branche varie entre 2,74±1,36 m pour le site El-Mellah à 3,65±1,63 m pour Sanaoubari avec un minimum de 1,5 m, tandis que la valeur maximale est de 8 m, ce qui montre une variabilité importante de l'échantillon et ce aussi pour les 2 autres sites El-Mellah (minimum, 1,55 ; maximum 7) et Brabtia (minimum, 1,5 ; maximum 7). La circonférence à hauteur d'homme est plus grande dans le site d'El-Mellah 1,31±0,49 m avec un minimum de 0,57 m et un maximum de 2,5 m (Tableau. 11).Ce sont les arbres du site Brabtia qui sont les plus hauts et les plus larges.

Concernant les relevés d'exploitations, la hauteur d'écorçage dominante est celle du site Brabtia 1,84±0,38, un minimum de 0,6 m et un maximum de 2,5 m, excepté à El-Mellah et Sanaoubari où la plupart des arbres ont été écorcés à partir d'un mètre. Quand au nombre d'écorçage varie de 1-3 pour le site El-Mellah et Sanaoubari alors que Brabtia n'a donné que du liège mâle et n'a donc subi qu'un seul écorçage. Le coefficient d'écorçage moyen des arbres est de 1,22 à El-Mellah qui présente la valeur la plus petite, la plus grande est celle de Sanaoubari1,58 ainsi à Brabtia est de 1,55 (Tableau. 11).

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

		Site El-Mellah	Site Sanaoubari	Site Brabtia
Relevés dendrométriques	Circonférence (m)	1,37±0,45 0,66-2,6	1,15±0,28 0,7-2	1,54±0,36 0,94-2,5
	Hauteur total (m)	7,55±0,93 6- 9	7,9±0,76 7- 9	8,07±0,73 7- 9
	Hauteur 1ère branche (m)	2,74±1,36 1,55- 7	3,65±1,63 1,5- 8	3,54±1,49 1,5- 7
	Circonférence à hauteur d'homme (m)	1,31±0,49 0,57-2,5	1,08±0,39 0,9- 1,95	1,28±0,4 0,7- 2
Relevés d'exploitation	Hauteur d'écorçage (m)	1,43±0,23 1- 1,9	1,58±0,24 1,2- 2	1,84±0,38 0,6- 2,5
	Nombre d'écorçage	1-3	1-3	1
	Coefficient d'écorçage	1,22	1,58	1,55

3.2. Relevés stationnels

3.2.1. Relevés sylvicoles

L'ensemble des relevés sylvicoles du tableau (12), montre que les arbres des 3 sites sont de jeunes sujets (< 40 ans) et on note seulement 6,45 % des arbres adultes (40 à 70 ans) situés au niveau du site El-Mellah et Sanaoubari. A El-Mellah, le sous bois est réduit par contre à Sanaoubari il est dense mais pénétrable. Au niveau de la réserve de Brabtia, il est moyen mais dans l'autre partie de la subéraie le sous bois est dense et impénétrable.

Le peuplement du chêne-liège présente un aspect dominant (pur), il n'est pas mélangé avec d'autres essences. La régénération est rare pour les 3 sites. La fréquentation humaine est faible à El-Mellah et Sanaoubari, à Brabtia au niveau de la réserve elle reste forte. Le pâturage est abondant à El-Mellah, faible à Sanaoubari, moyen dans la réserve de Brabtia et nul à l'extérieur. La concurrence avec d'autres essences pour les 3 sites est nulle (Figure. 04).

Tableau. 12: Principales caractéristiques sylvicoles des sites d'étude

Descripteurs	**El-Mellah**	**Sanaoubari**	**Brabtia**	
			Réserve	**Derrière la réserve**
% Age du peuplement	93,54 % jeune 6,45 % adulte /	100 % jeune	93,54 % jeune 6,45 % adulte /	
Sous bois	Réduit	Dense pénétrable	Moyen	Dense impénétrable
Régénération	Rare	Rare	Rare	Rare
Fréquentation humaine	Faible	Faible	Forte	Faible
Pâturage	Abondant	Faible	Moyen	Nul
Concurrence avec d'autres essences	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Statut social	Dominant	Dominant	Dominant	Dominant

3.3. Etat de la cime

3.3.1. Evolution de la défoliation

Les peuplements du chêne-liège des 3 sites d'étude ont montré au cours de ces trois années d'étude 2005, 2006 et 2007 un accroissement de la défoliation. L'année 2005 se caractérise par un taux le plus élevé d'arbres « sains » El-Mellah 96,77 %, Brabtia 81,48 % et Sanaoubari 66,66 %. En 2006, on a noté une progression du taux de défoliation et les arbres passent à la catégorie des arbres « affaiblis » classe 2 ou « dépérissants » classe 3, ces derniers sont moins nombreux comparativement aux arbres affaiblis 16,13 % à El-Mellah, 39,28 % à Brabtia et 62, 96 % à Sanaoubari, le taux le plus élevé (mortalité de 3 arbres). Pour l'année 2007 on distingue une forte diminution des arbres sains et nette progression de la perte foliaire, les arbres « affaiblis » augmentent dans le site El-Mellah à 90, 32 % (classe 2), par contre à Brabtia (52,38 %) et sanaoubari (37,5 %) la classe 2 diminue et c'est la catégorie des arbres « dépérissants » qui augmente avec 6 arbres morts à Sanaoubari et 8 arbres mort à Brabtia (Tableau. 13).

Tableau. 13: Evolution de la défoliation des trois sites d'étude El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007

	2005				**2006**			**2007**		
classes de défoliation (%)	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C1	C2	C3
El-Mellah	96,77	3,22	/	/	74,19	16,13	9,67	3,22	90,32	6,45
Sanaoubari	66,66	30	3,33	/	22,22	62,96	14,81	4,16	58,33	37,5
Brabtia	81,48	3,7	3,7	11,11	53,57	39,28	7,14	9,52	33,33	52,38

C: classe

3.3.2. Evolution de la décoloration

Concernant la décoloration, globalement elle est en fluctuation pour le site Brabtia et Sanaoubari par contre la proportion d'arbres décolorés est en progression pour El-Mellah.

La décoloration est presque faible en 2005 dans les 3 sites, puisque elle est apparente sur 6,44% (3,22 % classe 2 et 3,22 classe 3) des arbres échantillons pour le site El-Mellah, 14,81% (3,7 classe 2 et 11,11 classe 3) à Brabtia et seulement 3,33% à Sanaoubari (classe 2),

l'année précédente, on a remarqué une augmentation de la décoloration à Sanaoubari (48,15% Cl 2 et 3,7 % Cl 3) et Brabtia (39,28% Cl 2 et 7,14% Cl 3) par contre une faible progression à El-Mellah qui a atteint seulement 16,12%. En 2007 on a noté une régression au niveau du site Sanaoubari et Brabtia avec une nette progression pour le site El-Mellah à 77,41 % répartie en 3 classes ; Cl 2, Cl 3 et Cl 4 (Tableau. 14).

Tableau. 14: Evolution de la décoloration des trois sites d'étude El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007

	2005			**2006**			**2007**			
classes de décolorations (%)	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C5
El-Mellah	93,54	3,22	3,22	83,87	12,9	3,22	22,58	67,74	6,45	3,22
Sanaoubari	96,66	3,33	/	48,15	48,15	3,7	75	25	/	/
Brabtia	85,18	3,7	11,11	53,57	39,28	7,14	57,14	38,09	/	/

3.3.3. Evolution de l'indice de dépérissement pendant les années d'étude

L'état sanitaire général des peuplements du chêne-liège des trois sites d'étude est en nette dégradation puisque l'indice de dépérissement progresse d'une année à l'autre. Les 3 sites passent d'un bon état sanitaire en 2005 à un début de dépérissement en 2006, pour l'année 2007 le dépérissement est assez grave et son indice passe de 1,03 en 2005 à 2,03 en 2007 à El-Mellah, pour le site Sanaoubari l'indice de dépérissement augmente de 1,36 à 2,33 enfin à Brabtia on remarque la même progression (1,44 à 2,45) (Figure. 10).

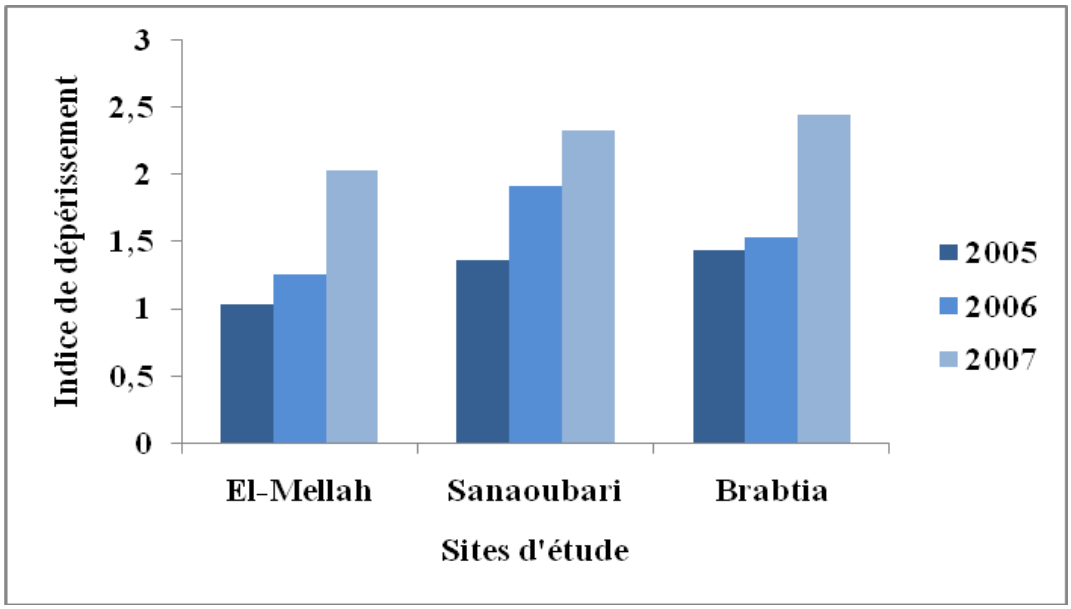


Figure. 10: Evolution de l'indice de dépérissement (ID) des trois subéraies étudiées en 2005, 2006 et 2007.

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

Les résultats de l'examen du tronc et la zone sous corticale des arbres échantillons des trois sites d'étude sont présentés dans le tableau. 15, 16, 17 et illustrés sur la figure. 10.

Site El-Mellah

Au niveau du tronc, les arbres échantillons du Site El-Mellah présentent des crevasses sur 31% des arbres à des degrés variables, les arbres de la classe 2 qui ont perdu entre 1 et 10 % du volume de leur tronc, sont dominant durant l'année 2005 et 2006, l'année qui suit, une partie des arbres qui appartiennent à la classe 2 passe à la classe 3 (9,67%) et la classe 4 (12,50 %) dont plus que 30% du tronc est perdu.

Les arbres paraissent réguliers, pas de déformations et de gourmands. La proportion de la surface de liège déhiscent est importante, atteint les 80% des arbres et qui varie entre la classe 2, 3 et 4, en 2005 la classe 2 est la plus abondante, ce taux diminue en 2006 et une partie de la classe 2 passe à la classe 3 et 4, pendant l'année 2007, c'est la classe 3 qui domine avec 41,93 %, dans cette dernière classe, la déhiscence du liège est comprise entre 11 et 25 %.

Les écoulements sont observés sur presque 50% des arbres (45,16 %) mais à un faible degré (classe 2) et ce en 2005 par contre les deux années qui suivent on remarque une nette diminution de ces exsudats à 3,22% en 2007. Les suintements noirâtres affectent la moitié des

arbres (51,61%) avec une fluctuation entre 2006 (32,25 %) et 2007 (45,16 %). La flore lichénologique se développe en abondance et couvre tout les arbres échantillons à des proportions variables. Les trous d'insectes xylophages affectent 74,19 % des arbres, ce taux augmente d'une année à l'autre pour arriver à 100 % en 2007. L'action de l'homme correspond essentiellement à des coupes de liège illicite (déliègeage illicite) qui touche environ le quart des arbres (25,80 %) en 2005, après deux ans ce délit touche presque 50% des arbres (48, 38 %) où le liège est souvent arraché en morceaux. Les blessures sont faibles, présentent sur 3,22 % des arbres et ce en 2005 ce taux augmente en 2007 à 9,67 %. Aucune trace d'incendie n'est présente (Tableau. 15).

Concernant l'écorce et la zone sous corticale les trous d'insectes xylophages touchent 58,06% des arbres en 2005, ce taux se stabilise durant les deux années qui suivent pour arriver à 83,87%. L'écoulement est presque le même qu'au niveau du tronc, il a diminué de 45,16% à 9,67 % en 2007. La croûte charbonneuse d'origine fongique est présente sur 9,67% des arbres pendant les 3 années d'étude, par ailleurs aucune trace de nécrose et de champignons; Polypore, Armillaire et Hypoxylon n'est visible, malgré que les suintements noirâtres sont dus à ce dernier. L'élasticité du liège rend sa qualité bonne sur 93,94 % des arbres en 2005, ce taux diminue et se stabilise 90,32 % en 2007 (Tableau. 15).

Tableau.15: 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 (%) / Descripteurs			C1	C2	C3	C4	Présence
Crevasse		2005 2006 2007	77,42 74, 19 70,96	22,58 16,13 6,45	0 6,45 9,67	0 3,22 12,90	
Déformation		05/06 /07					0
Gourmand		05/06 /07	100				
% surface liège déhiscente		2005 2006 2007	22,60 22,58 16,12	48,38 32,25 25,80	25,80 32,25 41,93	3,22 12,90 16,12	
Ecoulement		2005 2006 2007	54,83 80,64 96,77	45,16 16,13 3,22	0 3,22 0	0 0 0	
Trous d'insectes xylophages		2005 2006 2007					74,19 96,77 100
Suintement noirâtre		2005 2006 2007					51,61 32,25 45,16
Flore lichénologique		2005 2006 2007					93,54 100 100
Action de l'homme	Traces d'incendies	05/06 /07					0
	Blessures	2005 2006 2007					3,22 3,22 9,67

	Déliègeage illicite	2005 2006 2007					25,80 29,03 48,38
Ecorce et zone sous corticale							
Trous d'insectes xylophages		2005 2006 2007					58,06 83,87 83,87
Ecoulement		2005 2006 2007	54,83 83,87 90,32	45,16 16,12 9,67			
Nécrose		05/06 /07					0
Croûte charbonneuse		2005 2006 2007					9,67 9,67 9,67
Qualité du liège		2005 2006 2007					93,54 90,32 90,32
Champignons	Hypoxylon, Polypore Armillaire	05/06 /07					0

Site Sanaoubari

Les arbres du chêne-liège du site Sanaoubari, présentent au niveau du tronc 60 % de crevasses réparties en 3 classes, la classe 2 est la plus dominante et atteint 43,33% et ce en 2005, l'année qui suit on remarque une diminution du pourcentage des arbres crevassés, puisque parmi les 3 arbres morts il y en a deux qui présentent des crevasses, et quelques arbres de la classe 2 passe à la classe 3 pour atteindre 11,11 %, en 2007, la classe 3 augmente à 16,66% avec la mortalité de trois autres arbres (ne présentent pas de crevasses). Par ailleurs, les gourmands apparaissent seulement en 2006 à faible pourcentage de 3,70% et aucune présence de déformation. En 2005, la déhiscence du liège est forte, atteint presque 77% des arbres à des degrés variables, les arbres qui appartiennent à la classe 2 présentant de 1-10% de déhiscence sont dominants, atteint 43,33 % avec 30% pour la classe 3, en 2006 une nette augmentation de la déhiscence du liège qui varie entre 4 classes, une partie des arbres qui appartiennent à la classe 2 passe à la classe 3 avec 59,26 % et augmentation de la classe 4 à 14,81%. En 2007**,** tous les arbres présentant une surface de liège déhiscente avec une progression de la classe 3 à 66,66%. Les écoulements sont observés en 2005 sur 43,33% des arbres appartenant à la classe 2 et 10% classe 3, les deux années qui suivent, une forte diminution de ces écoulements à 4,16 % (classe 2). En 2005, Les suintements noirâtres infestant la moitié des arbres, où on remarque une forte régression de ce taux qui arrive à 20,83% en 2007. Durant l'année 2005, les attaques d'insectes xylophages sont très fréquentes en forêt de Sanaoubari où elles concernent 93,33 % des arbres, en 2006 et 2007 ce taux augmente pour atteindre tous les arbres (100%). Ainsi la flore lichénologique est observée sur tous les arbres. L'action de l'homme est concrétisée à travers diverses pratiques, des blessures qui touchent 16,66 % des arbres échantillons en 2005 et qui augmentent après deux ans à 20,83 %. La présence du déliégeage illicite qui atteint 26,66% en 2005, ce taux diminue durant l'année 2006 malgré que le résultat soit stable, puisque parmi les arbres morts un arbre présente des coupes de liège illicites, l'année qui suit une augmentation de ce taux à 29,19 % (Tableau. 16).

Au niveau de l'écorce et la zone sous corticale, les trous d'insectes xylophages affectent 73,33% des arbres en 2005, ce taux augmente pendant les deux années qui suivent pour atteindre 100%. Les écoulements touchent les 50% des arbres en 2005, on enregistre une diminution de ce pourcentage à 4,16 % en 2007. La croute charbonneuse est présente sur 22,22% des arbres en 2005, on note une diminution de ce taux à cause des arbres morts qui présentent des croûtes charbonneuses (Figure. 11). Le liège est de bonne qualité et ce en 2005

sur 88,88% des arbres, et chaque année devient de plus en plus déprécié. Aucune trace de nécrose et de champignons (Tableau. 16).

Tableau. 16: Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Sanaoubari durant les 3 années d'étude.

Etat du tronc							
Classes (%) / Descripteurs		C1	C2	C3	C4	C5	Présence
Crevasse	2005 2006 2007	40 44,44 41,66	43,33 29,62 16,66	13,33 14,81 25	3,33 11,11 16,66		
Déformation	05/06 /07						0
Gourmand	2005 2006 2007	100 96,30 100	0 3,70 0				
% surface liège déhiscente	2005 2006 2007	23,33 7,40 0	43,33 14,81 12,5	30 59,26 66,66	3,33 14,81 16,66	 3,70 4,16	
Ecoulement	2005 2006 2007	43,33 88,88 95,83	46,66 11,11 4,16	10 0 0			
Trous d'insectes xylophages	2005 2006 2007						93,33 100 100
Suintement noirâtre	2005 2006 2007	46,66 74,07 79,16	50 25,92 20,83	3,33 0 0			
Flore lichénologique	2005 2006 2007						100 100 100

Action de l'homme	Traces d'incendies	05/06 /07						0
	Blessures	2005 2006 2007						16,66 18,51 20,83
	Déliègeage illicite	2005 2006 2007						26,66 22,22 29,19
Ecorce et zone sous corticale								
Trous d'insectes xylophages		2005 2006 2007						73,33 100 100
Ecoulement		2005 2006 2007	50 96,30 95,83	46,66 3,70 4,16	3,33 0 0			
Nécrose		05/06 /07						0
Croûte charbonneuse		2005 2006 2007						43,33 51,85 58,33
Bonne qualité du liège		2005 2006 2007						76,66 87,5 85,18
Champignons	Hypoxylon, Polypore Armillaire	05/06 /07						0

Figure. 11: Arbres morts du site Sanaoubari en 2006

(A): Arbre mort n° 12 présentant des trous d'insectes xylophage (à gauche) et des champignons (à droite).

(B): Arbre mort n° 27 présentant des croûtes charbonneuses.

Site Brabtia

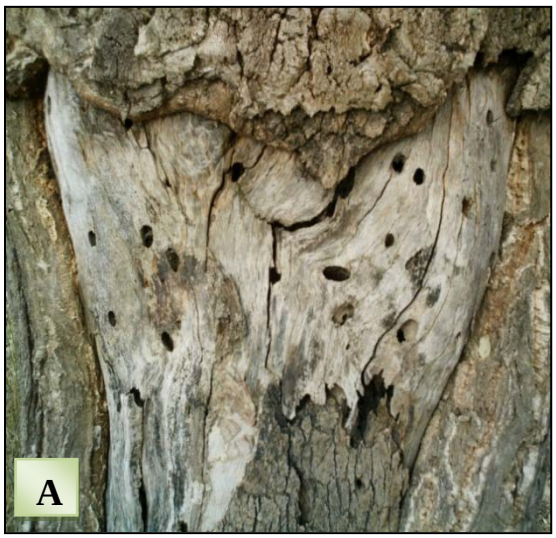
Au niveau du tronc, 50% des arbres présentent des crevasses réparties en deux classes, la classe 2 représente le taux le plus élevé qui atteint 35,71 % du tronc perdu et 14,28 % la classe 3 et ce en 2005, l'année qui suit les crevasses sont plus importantes et de classe 4 (17,85 %), en 2007, ce taux augmente et arrive à 20,83% . Les arbres semblent réguliers, pas de déformations pas de gourmands. La déhiscence du liège augmente durant les 3 années d'étude pour toucher plus que 70 % des arbres à des degrés variables, ce sont les arbres de la classe 2 qui dominent. En 2005, l'écoulement affecte le quart des arbres (25,92 %), avec une diminution durant les deux années qui suivent à 4,76 %, pour les suintements noirâtres presque 30% des arbres sont atteints en 2005, puis on remarque une fluctuation de ce taux durant l'année 2006 (7,14%) et 2007 (23,80 %). Les arbres sont fortement attaqués par les insectes xylophages dont 100% des arbres sont affectés, la flore lichénologique est importante, elle touche 70,37% des arbres en 2005, puis elle augmente et se stabilise à 85,17 % en 2006 et 2007. L'action de l'homme se traduit par de faibles traces d'incendies 9,52% pendant les trois années d'étude. En 2005, 22,22% des arbres sont blessés, en 2006, ce taux diminue (17,85 %) puisque quelques arbres qui présentent des blessures sont morts, avec une augmentation de 23,80 % et ce en 2007. Des coupes de liège illicites touchent environ le quart des arbres (25,92 %) en 2005, pendant les deux années qui suivent, on remarque une augmentation de 28,57 % (Tableau. 17).

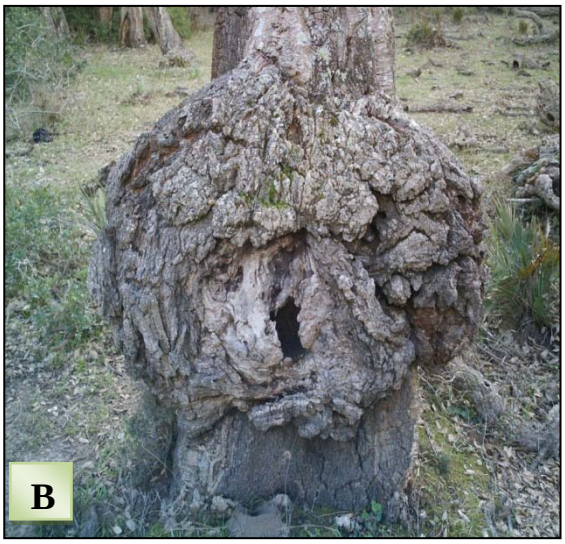
Concernant l'écorce et la zone sous corticale, les trous d'insectes xylophages affectent 77,77 % des arbres en 2005, ce taux augmente d'une année à l'autre pour arriver à 100 % en 2007. Les écoulements sont observés sur 29,63 % des arbres pendant l'année 2005, la 2ème année d'observation, ils sont quasiment absents, à l'opposé en 2007, les écoulements sont relativement faibles 4,76 %. La croûte charbonneuse atteint 22,22% des arbres en 2005, l'année qui suit, on remarque une diminution de ce taux à 14,29 %, puisque parmi les arbres morts il y en a deux qui présentent les croûtes charbonneuses, en 2007 le taux arrive à 19,04%. L'appréciation à l'œil nu de la qualité du liège est considérée comme bonne sur 88,88 % des arbres observés, d'une année à l'autre ce taux diminue pour atteindre 71, 43 % en 2007. Les nécroses et les champignons sont absents durant les 3 années d'étude (Tableau. 17).

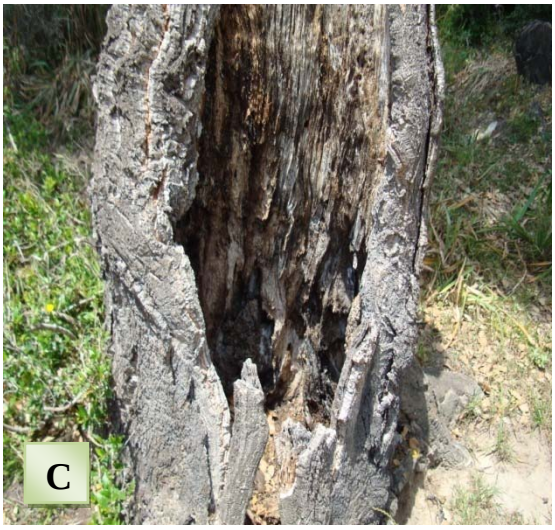
Tableau. 17: Description de l'état sanitaire du tronc, de l'écorce et de la zone sous corticale du site Brabtia durant les 3 années d'étude.

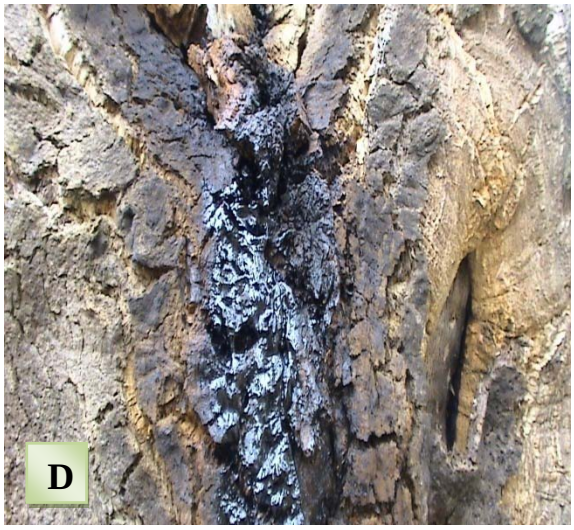
Etat du tronc							
Classes (%) / Descripteurs			C1	C2	C3	C4	Présence
Crevasse		2005 2006 2007	48,42 46,42 37,5	35,71 28,57 25	14,28 7,14 4,16	 17,85 20,83	
Déformation		05/06 /07					0
Gourmand		05/06 /07	100	0			
% surface liège déhiscente		2005 2006 2007	66,66 60,71 38,09	25,92 25 38,09	7,40 10,71 4,76	3,57 3,57 4,76	
Ecoulement		2005 2006 2007	74,07 89,28 95,24	25,92 10,71 4,76			
Trous d'insectes xylophages		2005 2006 2007					92,60 100 100
Suintement noirâtre		2005 2006 2007					29,63 7,14 23,80
Flore lichénologique		2005 2006 2007					70,37 85,71 85,71
Action de l'homme	Traces d'incendies	2005 2006 2007					9,52 9,52 9,52

	Blessures	2005 2006 2007					22,22 17,85 23,80
	Déliègeage illicite	2005 2006 2007					25,92 25 28,57
Ecorce et zone sous corticale							
Trous d'insectes xylophages		2005 2006 2007					77,77 100 100
Ecoulement		2005 2006 2007	70,37 100 95,24	29,63 0 4,76			
Nécrose		05/06 /07					0
Croûte charbonneuse		2005 2006 2007					22,22 14,29 19,04
Qualité du liège		2005 2006 2007					88,88 75 71,43
champignons	Hypoxylon Polypore Armillaire	05/06 /07					0


A


B


C


D

E

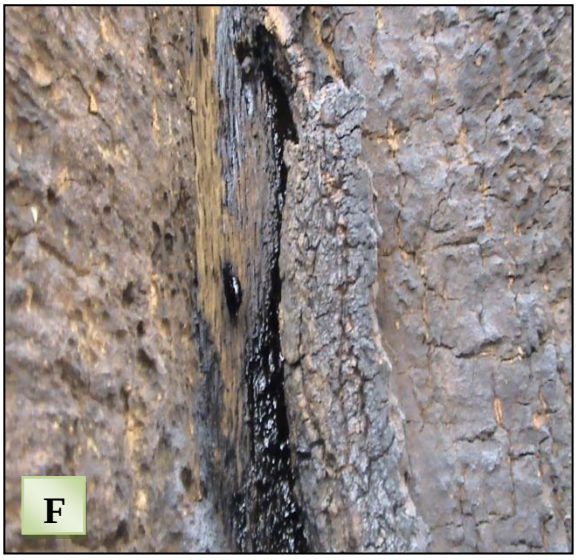

F

Figure. 12: Différents descripteurs du tronc.

(A): Trous d'insectes xylophages, (B): Déformation du tronc, (C): Tronc crevassé,(D): Croûte charbonneuse,(E): Ecoulement, (F): Suintement noirâtre, (J): surface déhiscente du liège, (H): la flore lichénologique, (I): Déliègeage illicite, (G): Blessures

3.5. Interaction des facteurs responsables du dépérissement

3.5.1. Interaction de tous les relevés effectués dans les 3 sites pendant les 3 années d'étude

Afin de visualiser avec plus de facilité les différences potentielles pouvant exister entre les différents relevés, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP). Pour cette première analyse, nous avons tenu compte de toutes les variables (*21 variables*) des 3 forêts, pour avoir une vue globale et vérifier quelles sont les variables corrélées. Nos résultats montrent que les 2 premiers axes n'expliquant que 15.7 & 11.9% c'est-à-dire presque 40% de la variabilité totale (les 2 suivants, 8.9 & 7.4%). Ceci est dû à de nombreuses corrélations significatives entre variables (Figure. 13).

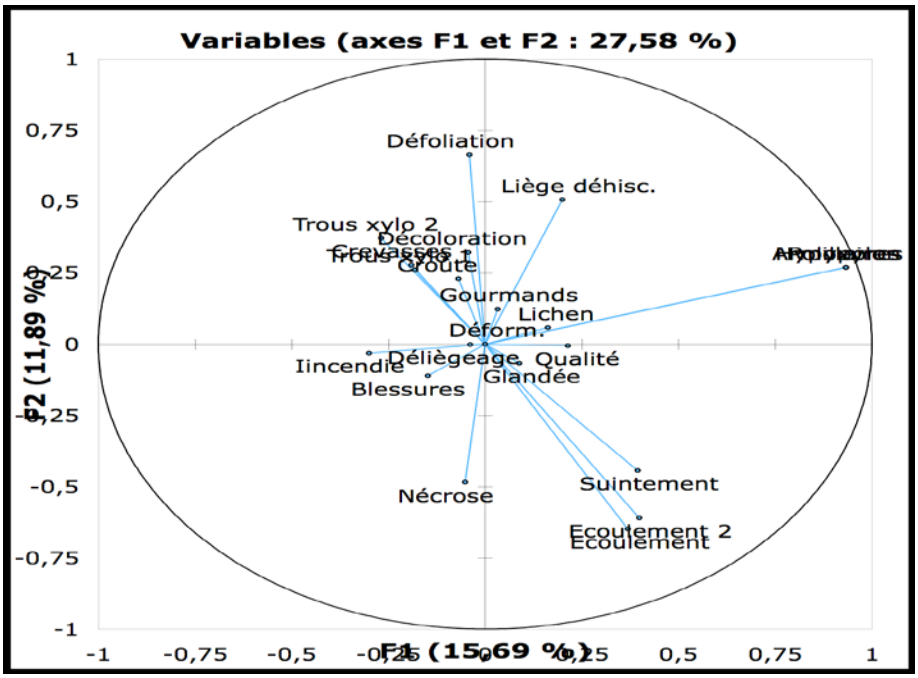


Figure. 13: Répartition des différents relevés sur les axes de l'analyse en composantes principales.

En ce qui concerne les relevés de la subéraie de Brabtia en 2006, il semble qu'ils se distinguent puisse qu'ils se retrouvent formant un groupe sans aucune relation avec les autres groupes. Ce qui semblerait séparer le plus ces échantillons des autres (Axe 1) seraient le groupe de variables (*Hypoxylons*, *Polypores* et *Armillaires*). Les autres échantillons forment un continuum dans lequel on peut distinguer des grands regroupements "Années" avec de haut en bas et de gauche à droite: 2007, 2006 et 2005. Par contre dans ces regroupements "annuels", même la subéraie de Sanaoubari peut se distinguer un peu, les subéraies de Brabtia et El Mellah se chevauchent allègrement (exception faite des relevés de Brabtia en 2006).
Les relevés de 2007 se trouvent toujours au-dessus des relevés de 2006 et de 2005 correspondants, l'axe 2 sépare bien tous les relevés de ceux de Brabtia 2006.
Cette représentation révèle bien l'existence de trois groupes de relevés qui se détachent l'un de l'autre. Un groupe bien distinct c'est les relevés de Brabtia 2006 et les deux autres groupes sont constitués du reste des relevés (Figure. 14).

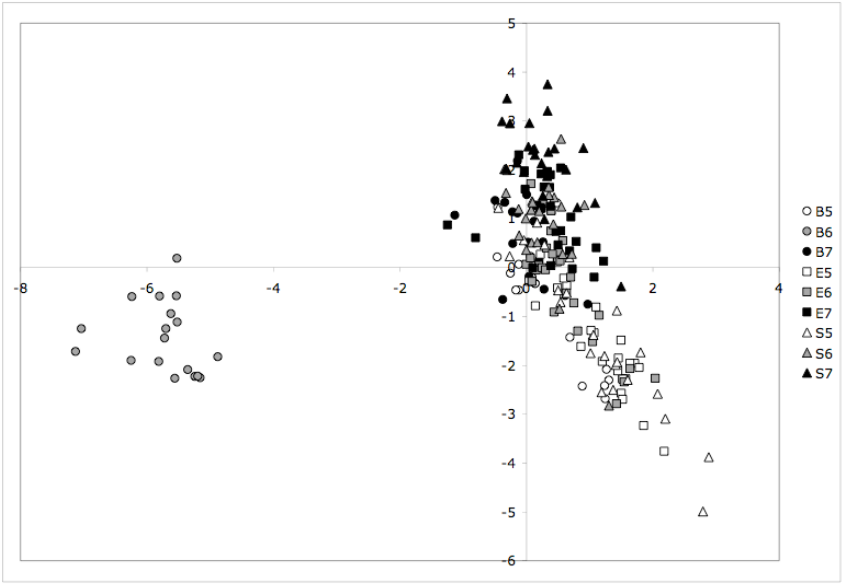


Figure. 14: Premier plan de l'Analyse en Composantes Principales calculées en utilisant comme variables les relevés effectués en 2005, 2006 et 2007 dans les 3 sites d'étude (El Mellah, Sanaoubari et Brabtia).

Une analyse de corrélation entre les variables permet d'en éliminer un certain nombre. Pour cela nous avons réalisé une Classification Ascendante Hiérarchique, avec le calcul du coefficient de corrélation de Pearson, liens moyens (Figure. 14).

Il y a 3 grands groupes de variables qui sont bien indépendants les uns des autres, de bas en haut, le premier groupe est constitué des variables glandée, décoloration et défoliation, le deuxième groupe est celui des variables représentant les champignons polypores, hypoxylons, Armillaires et la variable du liège déhiscent le troisième groupe est celui du reste des relevés. Dans ces groupes les variables restent très corrélées (le plus net étant les *Polypores*, *Hypoxylons*, *Armillaires* corrélés à 1) (Figure. 15).

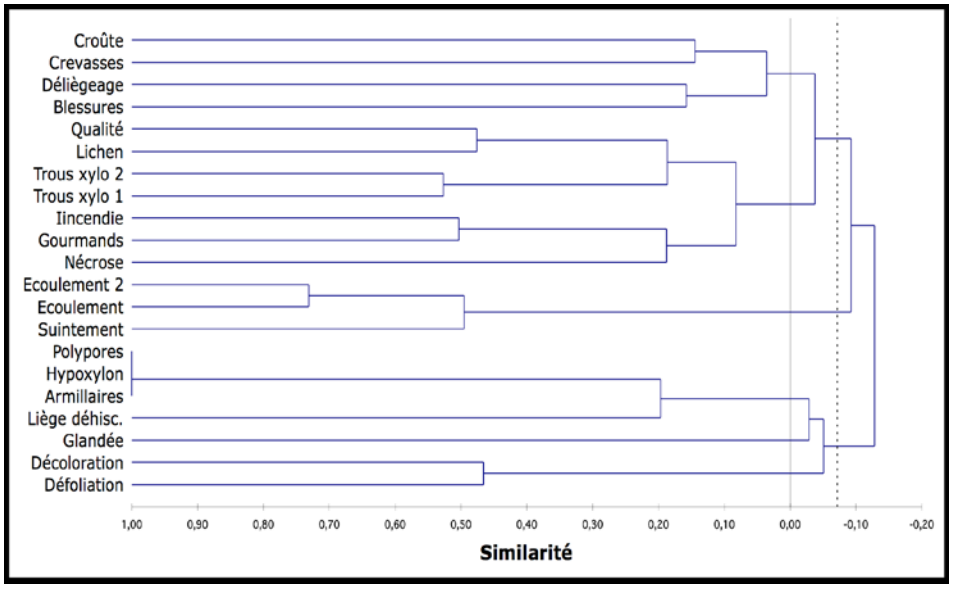


Figure. 15: Classification Ascendante Hiérarchique, avec le calcul du coefficient de corrélation de Pearson, sur tous les relevés réalisés en 2005, 2006 et 2007 dans les sites d'étude.

3.5.2. Interaction des relevés fortement corrélés effectués dans les 3 sites pendant les 3 années d'étude

Nous avons effectué une analyse globale (ACP) qui a regroupé les variables qui étaient corrélées à plus de 0.10 (soit p=0.05 en bilatéral), ce qui laisse un ensemble de 8 données, les groupes de variables crevasses-croûtes charbonneuses, déliégeages illicites - blessures, xylophages-lichens-qualité du liège, nécroses-incendies-gourmands, écoulements diverses, liège déhiscent- Polypores-Hypoxylons- Armillaires, glandée, défoliation-décoloration - étant représentés par la moyenne de ces variables).

Analyse moyennement puissante, les 2 premiers axes expliquant 21.1 & 16.7% de la variabilité totale (les 2 suivants, 13.1 & 12.9%). Les variables sont corrélées (Figure. 16).

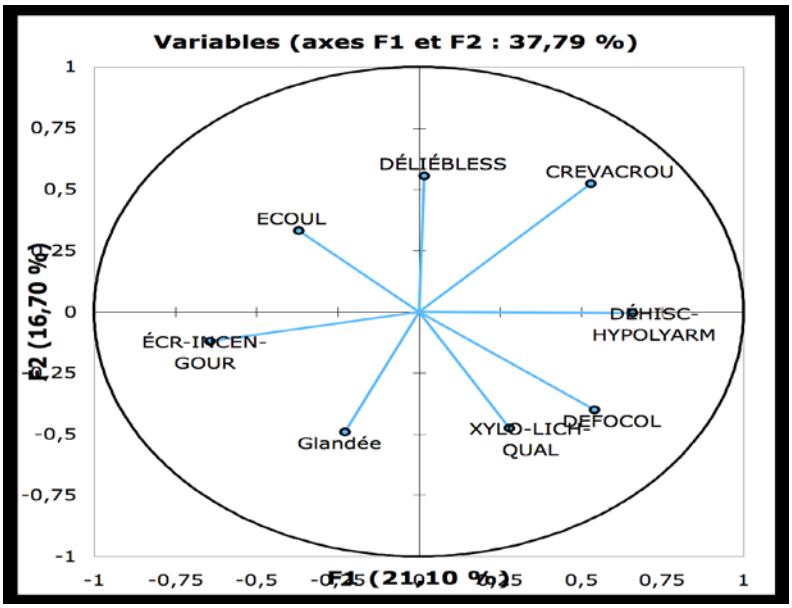


Figure. 16: Répartition des 8 relevés fortement corrélés sur les axes de l'analyse en composantes principales.

Les échantillons de Brabtia occupent plutôt la moitié gauche du graphique. Les 3 groupes "années" se répartissent de gauche à droite et de haut en bas, mais les relevés de Brabtia en 2006 chevauchent les 2 autres. Les échantillons d'El Mellah occupent plutôt le centre du graphe. Les 3 groupes "années" se répartissent de gauche à droite et de haut en bas, mais les relevés d'El Mellah en 2006 chevauchent les 2 autres. Les échantillons de Sanaoubari occupent principalement la moitié droite, et se répartissent aussi de manière cohérente de gauche à droite en fonction de l'année (Figure. 17).

La pertinence totale de l'échantillonnage est de 0.542, les pertinences de toutes les variables étant supérieures à 0.503, ce qui est statistiquement acceptable et montre que ces 8 variables sont significativement corrélées.

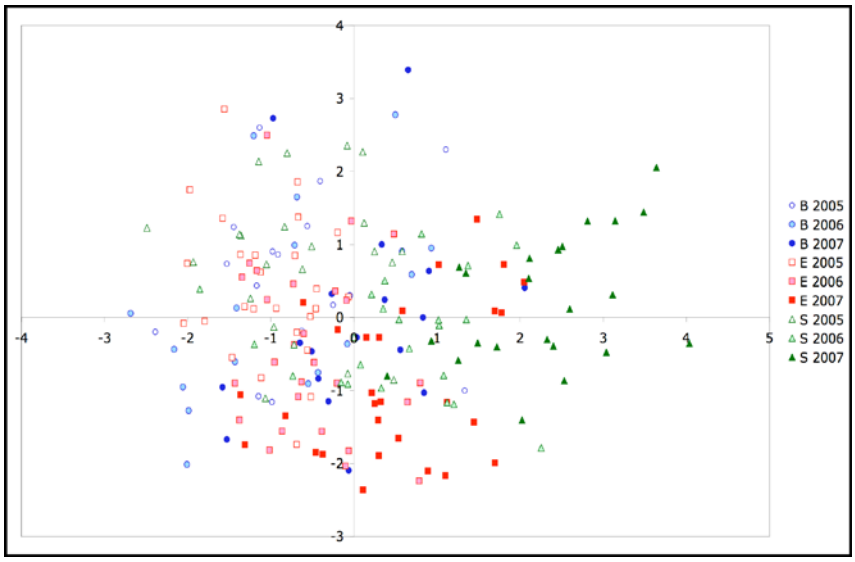


Figure. 17: Premier plan de l'Analyse en Composantes Principales calculée en utilisant comme variables les 8 relevés fortement corrélés effectués en 2005, 2006 et 2007 dans les 3 sites d'étude (El Mellah, Sanaoubari et Brabtia).

3.5.3. Test de Kruskal Wallis sur les 21 variables

Les résultats de ces tests sont résumés sur la figure 18, seules les variables dont le test est significatif sont représentées. Les variables *Gourmands, Incendies, Blessures, Déliégeages* et *Qualité* sont non-significatives (*p*= respectivement 0.533, 0.052, 0.077, 0.727 et 0.271).

Les variables *Hypoxylon*, *Polypores* et *Armillaires* étant identiques, sont regroupées par la variable *HYPOLYARM*. Les lettres indiquent les résultats du test de comparaison multiple de Dunn (avec correction de Bonferroni), à *p*=0.05.

Les variables *HYPOLYARM* sont stables à 1, sauf pour les relevés de Brabtia effectués en 2006, où les 3 tombent à 0, cela explique le fait que ces relevés forment un groupe à part dés de début de l'analyse.

Les variables *Crevasses*, *Liège déhiscent* et *Défoliation* ont une évolution comparable (suivant une croissance plus ou moins linéaire) sur les 3 ans, pour les 3 sites.

Les variables *Ecoulement 1* et *2* ont une évolution comparable sur les 3 ans et les 3 sites (forte décroissance entre 2005 et 2006, puis stabilité). Concernant les autres variables, elles évoluent d'une manière fluctuante selon les années (Figure. 18).

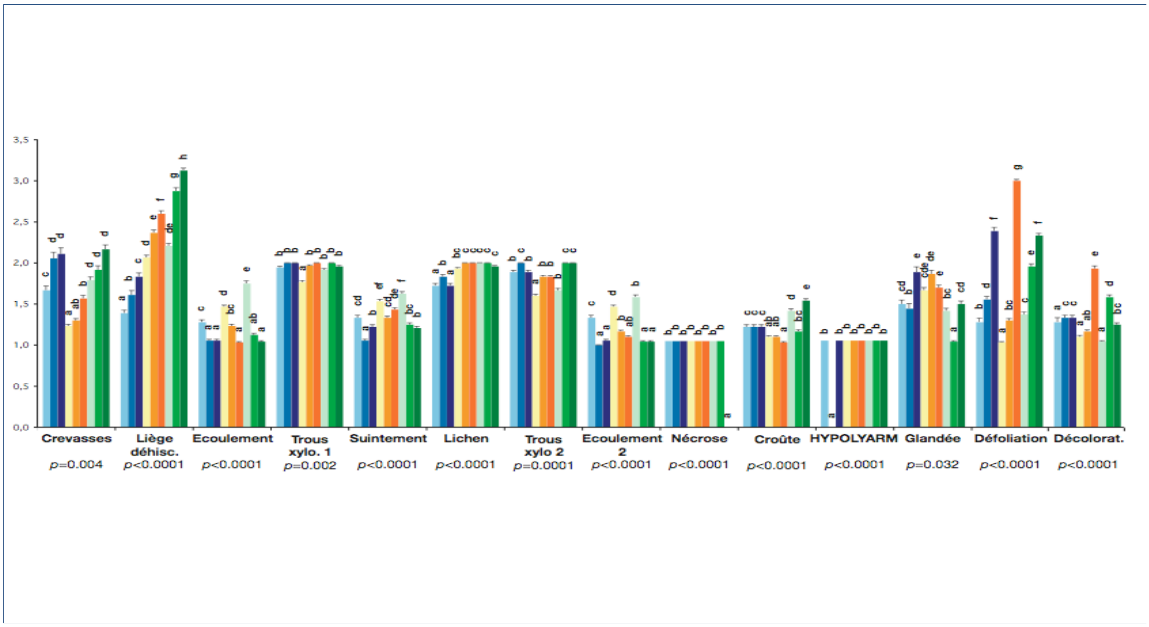


Figure. 18: Résultats du Test de Kruskal Wallis sur les 21 variables (Seules les variables dont le test est significatif sont représentées)

3.6. Etude des feuilles

3.6.1. Feuilles saines

Selon la surface foliaire calculée, on remarque que les grandes feuilles (classe 3) sont les plus abondantes dans le site d'El-Mellah avec un pourcentage de 60 % en 2005, Durant l'année 2006 la majorité des feuilles du chêne-liège sont de taille moyenne 53% (classe 2), pour l'année qui suit (2007), les petites feuilles (classe 1) sont les plus dominantes avec 56%. Selon ces résultats on remarque que la surface foliaire diminue d'une année à l'autre (Figure. 19).

Figure. 19: Evolution de la surface foliaire des feuilles saines du site El-Mellah durant les années 2005, 2006 et 2007

Les différentes données obtenues en 2005 sur le poids des feuilles saines, indique que la classe des feuilles à poids moyen domine dans le site d'El-Mellah à 60%. En 2006, 51% des feuilles présentent la classe des feuilles à poids fort, l'année 2007, 48% des feuilles ont un poids moyen avec 46% appartiennent à la première classe à poids léger (Figure. 20).

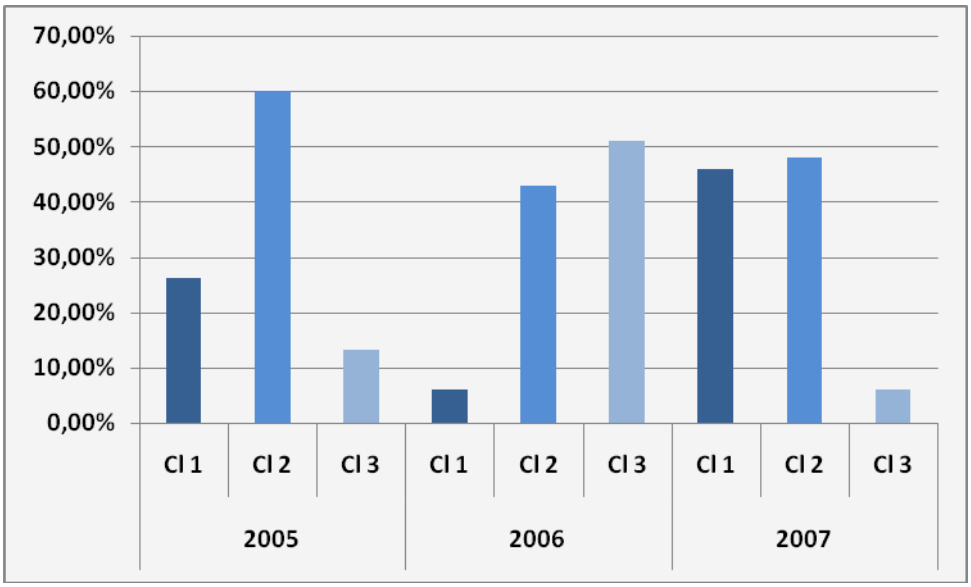


Figure. 20: Evolution du Poids des feuilles saines du site El-Mellah durant les années 2005, 2006 et 2007

Les feuilles saines récoltées sur les arbres échantillons du site Sanaoubari pour les 3 années d'étude ont une surface foliaire moyenne (Cl 2), les feuilles évoluent en fonction du temps plus vers des surfaces plus grandes. (Figure. 21).

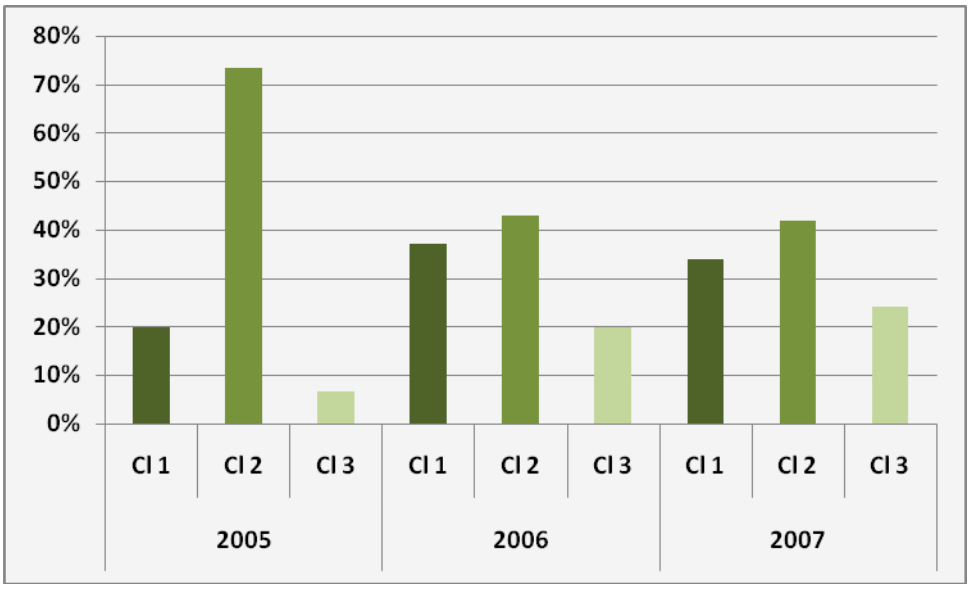


Figure. 21: Evolution de la surface foliaire des feuilles saines du site Sanaoubari durant les années 2005, 2006 et 2007

Concernant le poids, la classe des feuilles à poids léger est la plus représentée pour le site de Sanaoubari en comparaison avec les autres classes et ce pour les années 2005 et 2006. En revanche l'année 2007 on note une amélioration dont la classe des feuilles à poids moyen qui est la plus abondante avec un grand pourcentage de 70% et seulement 26% des feuilles qui ont un poids léger (Figure. 22).

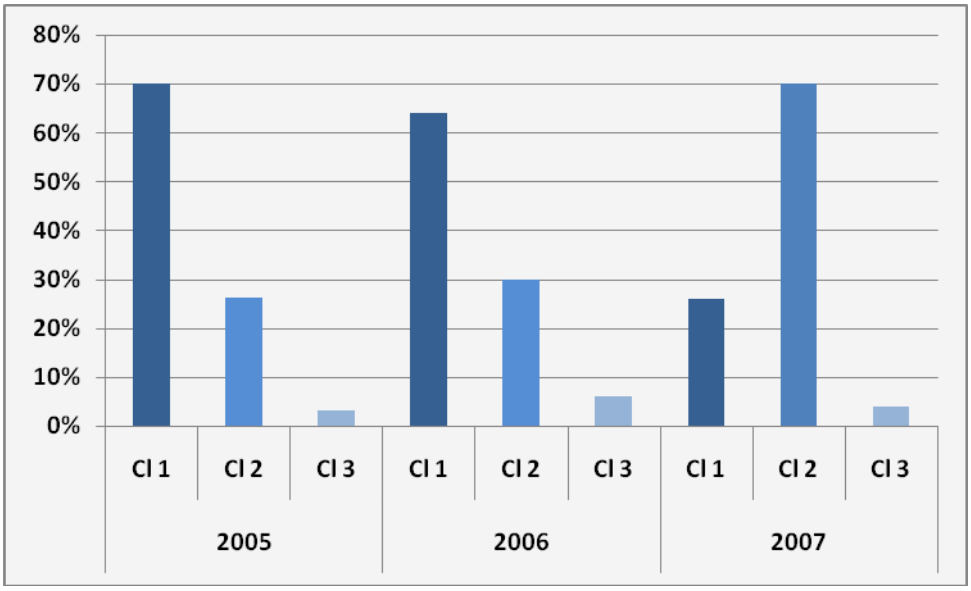


Figure. 22: Evolution du poids des feuilles saines du site Sanaoubari durant les années 2005, 2006 et 2007

En 2005, sur les cent feuilles prélevées des arbres du site Brabtia, 50% présentent une surface foliaire moyenne, avec 40% appartenant à la classe des petites feuilles et uniquement 10% pour les grandes feuilles, l'année qui suit, on note une nette amélioration de la surface foliaire qui appartient à la classe des grandes feuilles 73% et en 2007, on remarque une diminution de ce pourcentage ou 50% des feuilles ont une surface foliaire moyenne, avec 30% pour les petites feuilles et 20 % présente la classe des grandes feuilles (Figure. 23).

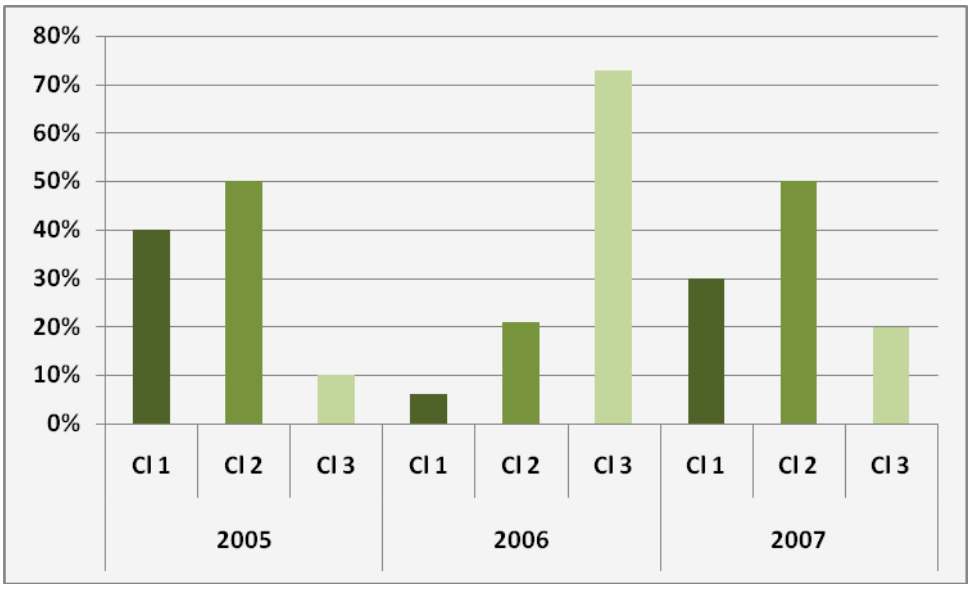


Figure. 23: Evolution de la surface foliaire des feuilles saines du site Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007

Le poids des feuilles du site Brabtia est dominé par la classe des feuilles à poids faible et moyen en 2005, c'est la classe à poids moyen qui domine pour l'année 2006 et 2007 (Figure. 24).

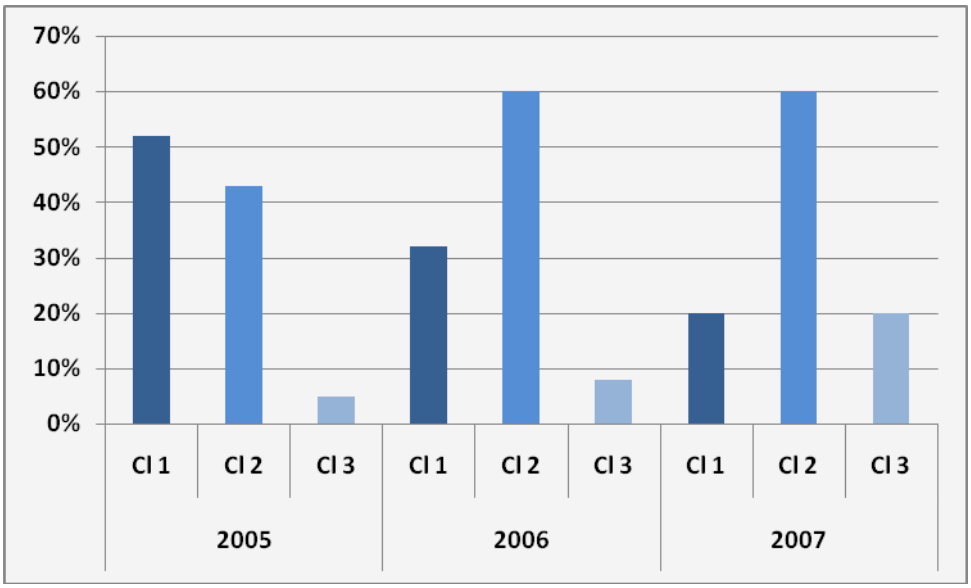


Figure. 24: Evolution du poids des feuilles saines du site Sanaoubari durant les années 2005, 2006 et 2007

3.6.2. Etude des feuilles endommagées

Les feuilles endommagées récoltées des arbres échantillons du site El-Mellah, ont une surface foliaire qui varie entre 3 classes et qui subit une régression continue d'une année à l'autre. En 2005, on a noté que 45% des feuilles appartiennent à la classe 2 des feuilles à surface foliaire moyenne et 37% de feuilles à grande surface foliaire et seulement 18% de petite surface. Pour les deux autres années qui suivent (2006 et 2007) une diminution de la surface foliaire des feuilles moyennes à 26%, les grandes feuilles à 31% et une augmentation du pourcentage de la classe des petites surfaces à 43% (Figure. 25).

Figure. 25: Evolution de la surface foliaire des feuilles endommagées du site El-Mellah durant les années 2005, 2006 et 2007.

La figure (26) indique que les petites feuilles sont les plus fréquentes sur les arbres du site Sanaoubari pour les 3 années d'étude. Durant l'année 2005, les petites feuilles et les feuilles moyennes sont les plus abondantes avec 44% et 43%. En 2006 une augmentation du pourcentage de la classe 1 (petite surface foliaire) à 48% et la classe 3 (grande surface foliaire) à 23% avec une diminution de la classe 2 (moyenne surface foliaire) à 29%, l'année suivante (2007), les petites feuilles atteint 58%.

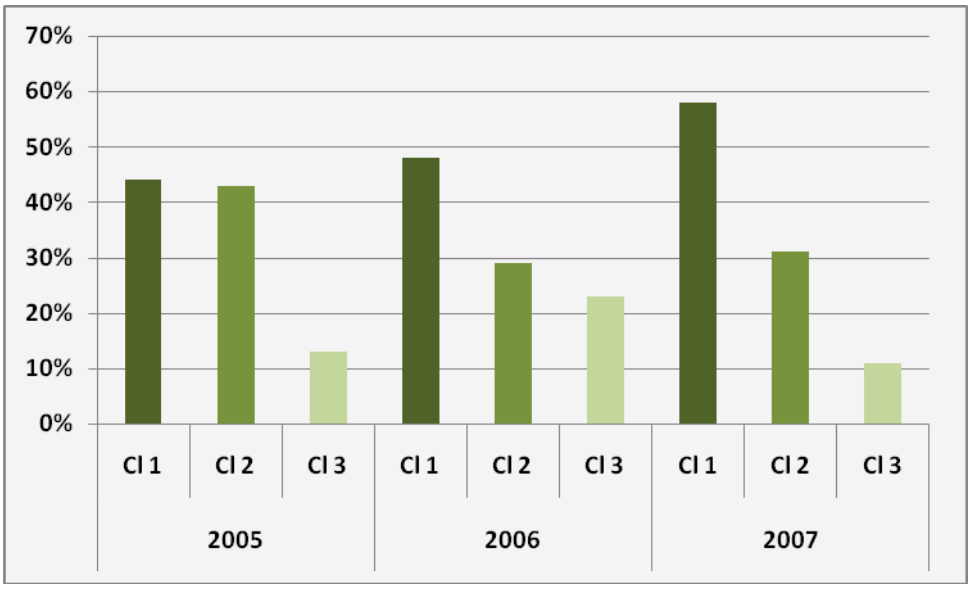


Figure. 26: Evolution de la surface foliaire des feuilles endommagées du site Sanaoubari durant les années 2005, 2006 et 2007.

Dans le site de Brabtia, on remarque une fluctuation de la surface foliaire entre les 3 années. En 2005, 50% des feuilles appartenant à la classe des feuilles moyennes avec 40% la classe des petites feuilles et un léger pourcentage de 10% pour les grandes feuilles. Pendant l'année 2006, on note une nette progression de la surface foliaire qui atteint 58% les grandes feuilles avec une forte diminution du pourcentage des petites feuilles à 13% et les feuilles moyennes à 29%. Par ailleurs en 2007, une subite régression des 3 classes, où la classe des petites feuilles devient la plus abondante à 45% avec une diminution des autres classes (Figure. 27).

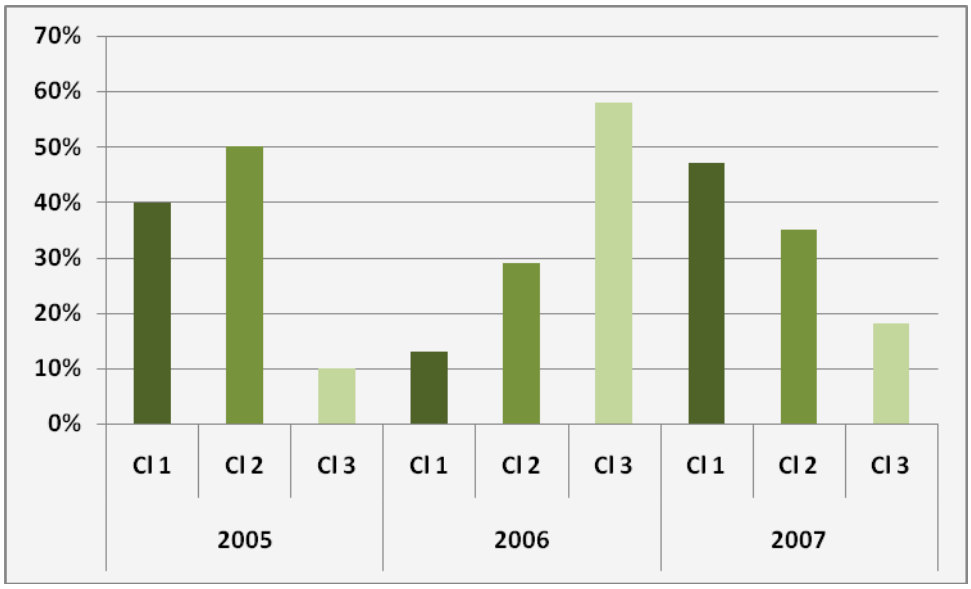


Figure. 27: Evolution de la surface foliaire des feuilles endommagées du site Brabtia durant les années 2005, 2006 et 2007

Concernant la surface foliaire perdue des feuilles endommagées Tableau (18), on constate une fluctuation du pourcentage de la surface endommagée durant les trois années d'étude. En 2005 les feuilles faiblement endommagées sont les plus fréquentes avec 44% El-Mellah, 44 % Sanaoubari et 59 % Brabtia. A l'opposé, en 2006 le pourcentage de la surface des feuilles endommagées passe de la classe 1 à la classe 2 qui représente la catégorie des feuilles moyennement endommagées et ce pour les deux sites Sanaoubari (42%) et Brabtia (43%), en revanche, à El-Mellah les feuilles sont endommagées avec 49 % (classe 3), durant l'année 2007, les feuilles des arbres des 3 sites deviennent faiblement endommagées, El-Mellah 84%, Sanaoubari 56% et Brabtia 55%.

Tableau. 18: Evolution du taux (%) de la surface foliaire perdue des feuilles endommagées des trois sites d'étude El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia, durant les années 2005, 2006 et 2007.

	El-Mellah			**Sanaoubari**			**Brabtia**		
	2005	**2006**	**2007**	**2005**	**2006**	**2007**	**2005**	**2006**	**2007**
C1	44	2	84	44	13	56	59	27	55
C2	39	27	16	40	42	44	36	43	40
C 3	11	49	0	14	32	0	3	23	4
C 4	6	22	0	2	13	0	2	7	1

Figure. 28: Feuilles saines et endommagées

(A): feuilles saines

(B): La surface foliaire perdue des feuilles endommagées

3.7. Etude des glands sains et troués

3.7.1. La glandée

Les résultats consignés dans le tableau (19) montrent que l'indice d'abondance de la glandée en 2005 pour les 3 sites est de 0,67 à El-Mellah, 0,52 à Brabtia et 0,36 à Sanaoubari, ces indices correspondent à une glandée faible, donc les arbres sont globalement inféconds. En 2006, cet indice présente une nette diminution à Sanaoubari (0,03) et à l'opposé, une augmentation à Brabtia (0,6) et El-Mellah (0,83).Pendant l'année qui suit c'est-à-dire 2007, on remarque une amélioration importante de la glandée pour le site Sanaoubari (0,5) et Brabtia (0,95) par contre la glandée du site El-Mellah diminue à 0,77. Malgré que la glandée est faible pour les 3 années d'étude (2005, 2006 et 2007), l'indice d'abondance de la glandée est en amélioration constante

Tableau. 19: L'indice d'abondance de la glandée durant les 3 ans pour les 3 sites d'étude.

Sites / Années	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia
2005	0,67	0,36	0,52
2006	0,83	0,03	0,6
2007	0,77	0,5	0,95

3.7.2. Biométrie des glands sains

Nous avons mesuré la longueur, le diamètre et le poids des glands sains récoltés dans les 3 sites d'étude pendant 3 années (2005, 2006, 2007).

Selon les résultats des mensurations des glands sains c'est-à-dire les glands ne présentant pas de trous de sortie des larves, on remarque pendant l'année 2005 que la longueur moyenne des glands du site Brabtia (2,88±0,38) sont plus long que ceux d'El-Mellah (2,4±0,66) et Sanaoubari (2,35± 0,48) (Tableau. 19). En 2006, la longueur moyenne des glands augmente en général et c'est au niveau du site de Sanaoubari qu'on obtient toujours les plus petits glands (2,08± 0,81). L'analyse statistique montre qu'il ya une différence hautement significative entre la longueur moyenne des glands de Brabtia, avec celle d'El-Mellah et de Sanaoubari pour l'année 2005 et 2006 (F= 9,18 ; P=0,0002), (F=55,91 ; P=0,0001).

Concernant l'année 2007 les glands du site Sanaoubari présentent la plus grande longueur moyenne (3,40± 0,34) suivie de ceux de Brabtia (3,33±0,33), les glands d'El- Mellah sont les plus petits (F= 6,51 ; p=0,0022).

On remarque que pour le site d'El-Mellah il ya une différence hautement significative des longueurs moyennes des glands en 2005, 2006 et 2007 (F= 85,31 ; P= 0,0001), cette différence est aussi enregistrée au niveau du site de Brabtia en 2005 avec les glands de l'année 2006 et 2007 (Tableau. 20). En 2007 la longueur des glands du site Sanaoubari présente une différence hautement significative avec ceux de l'année 2005 et 2006 (F=45,29 ; P= 0,0001).

Tableau. 20: La longueur moyenne (m± s) en cm, des glands sains récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an).

Sites / Années	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	F	P
2005	2,4±0,66	2,35± 0,48	2,88±0,38	9,18	0,0002
2006	3,3±0,39	2,08± 0,81	3,43±0,46	55,91	0,0001
2007	3,09± 0,28	3,40±0,34	3,33±0,33	6,51	0,0022
F	85,31	45,29	36,64	/	/
P	0,0001	0,0001	0,0001	/	/

Concernant le diamètre des glands, le site Brabtia présente une moyenne de 1,56±0,12cm, ils sont plus larges que ceux d'El-Mellah (1,35± 0,34cm) et Sanaoubari (1,45± 0,15cm). En 2006 on remarque une augmentation du diamètre des glands sains du Site Brabtia (1,68±0,23) et El-Mellah (1,67± 0,2) et une diminution pour ceux de Sanaoubari (1,19± 0,3). Pour l'année 2007 on constate que le diamètre moyen des glands prisent du site Sanaoubari (1,61± 0,1) et Brabtia (1,61±0,19) sont égales, avec une diminution pour le site pour le site d'El-Mellah (1,59± 0,12). L'analyse statistique montre qui'il ya une différence significative entre le diamètre des glands du site Brabtia avec ceux d'El-Mellah et Sanaoubari

en 2005 (F=6,04 ; P=0,0032). En revanche, pour l'année 2006 et 2007 il n'ya aucune différence significative entre les 3 sites, El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia
(F=0,81 ; P= 0,45) ; (F=0,61 ; P=0,54).
Au niveau des sites d'étude, on remarque une variation hautement significative du diamètre des glands sains à El-Mellah (F=43,59 ; P=0,0001), Sanaoubari
(F= 30,32 ; P= 0,0001) et Brabtia (F=7,13 ; P= 0,0012) au cours des trois dernières années (2005, 2006 et 2007) (Tableau. 21).

Tableau. 21: Le diamètre moyen (m± s) en cm, des glands sains récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an)

Sites / Années	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	F	P
2005	1,35± 0,34	1,45± 0,15	1,56±0,12	6,04	0,0032
2006	1,67± 0,2	1,19± 0,3	1,68±0,23	0,81	0,45
2007	1,59± 0,12	1,61± 0,15	1,61±0,19	0,61	0,54
F	43,59	30,32	7,13	/	/
P	0,0001	0,0001	0,0012	/	/

Il ressort du tableau (22) que le poids des glands du site Brabtia est plus fort (4,51±1,29) que ceux d'El-Mellah (3,19± 2,29 g) et Sanaoubari (3,13± 1,34) en 2005.
Par ailleurs, en 2006 une nette augmentation du poids des glands du site El-Mellah (6,3± 2) et Brabtia (6,79± 2,59) et une diminution du poids pour le site de Sanaoubari à 2,09± 2,08.
En 2007, le poids moyen du site Brabtia reste plus fort (6,03 ±1,58g) que celui d'El-Mellah (5,39±1,08) et une augmentation du poids pour le site de Sanaoubari à 5,71± 1,37.
L'analyse statistique révèle qu'il ya une différence hautement significative entre le poids des glands sains récoltés du site Sanaoubari avec ceux d'El-Mellah et Brabtia, cette différence persiste pendant les 3 années d'étude**.**
Le poids des glands échantillonnés du site El-Mellah (F= 67,78 ; P= 0,0001) ; Sanaoubari (F= 40,78 ; P= 0,0001) ; Brabtia (F= 24,16 ; P= 0,0001), présente une différence significative entre les années (2005, 2006 et 2007) (Tableau. 22).

Tableau. 22: Le poids moyen (m± s) en g, des glands sains récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an).

Sites / Années	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	F	P
2005	3,19± 2,29	3,13± 1,34	4,51±1,29	6,52	0,0021
2006	6,3± 2	2,09± 2,08	6,79± 2,59	53,92	0,0001
2007	5,39±1,08	5,71± 1,37	6,03 ±1,58	4,35	0,015
F	67,78	40,78	24,16	/	/
P	0,0001	0,0001	0,0001	/	/

3.7.3. Etude des insectes des glands

3.7.3.1. Biométrie des glands troués

Les résultats mentionnés dans le tableau (23), montrent que la longueur des glands troués du site El-Mellah est de 2,81±0,6 cm en 2005 ils sont plus longs que ceux de Sanaoubari 2,31±0,47 cm et de Brabtia 2,46±0,44 cm, pour l'année 2006, on note une augmentation de la longueur moyenne du site El-Mellah 3,13±0,4 cm et Brabtia 2,93±0,65 cm avec une diminution de celle de Sanaoubari à 2,18±0,32. A l'opposé, durant l'année 2007 une progression de la longueur moyenne des glands de Sanaoubari qui atteint 2,74±0 47 cm et Brabtia 3,03±0,35, alors à El-Mellah diminue et devient égale avec ceux de Sanaoubari.

L'analyse statistique montre qu'il ya une différence hautement significative entre la longueur des glands troués des 3 sites d'étude en 2005 (F= 7,54 ; P= 0,0015). En 2006, la longueur des glands du site Sanaoubari présent une différence hautement significative avec ceux de Brabtia et El-Mellah (F= 22,88 ; P= 0,0001). Par contre en 2007, se sont les glands du site Brabtia qui présentent une différence significative avec El-Mellah et Sanaoubari (F= 3,21 ; P= 0,049). Au niveau de chaque site, la longueur moyenne des glands troués présente une différence hautement significative entre l'année ; 2005, 2006 et 2007. (Tableau. 23).

.

Tableau. 23: La longueur moyenne (m± s) en cm, des glands troués récoltés sur les 3 sites d'étude. (n=100/site/an).

Sites / Années	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	F	P
2005	2,81±0,6	2,31±0,47	2,46±0,44	7,54	0,0015
2006	3,13±0,4	2,18±0,32	2,93±0,65	22,88	0,0001
2007	2,74±0,43	2,74±0 47	3,03±0,35	3,21	0,049
F	83,27	45,23	36,64	/	/
P	0,0001	0,0001	0,0001	/	/

En 2005, se sont les glands du site El-Mellah qui présentent un large diamètre (1,55± 0,23). Pendant l'année 2006, on remarque une augmentation du diamètre pour les glands d'El-Mellah (1,67± 0,15) et Brabtia (1,53±0,22) avec une légère diminution au niveau de Sanaoubari (1,29± 0,16). L'année suivante (2007), se sont les glands du site Brabtia qui présentent un large diamètre (1,52±0,17), avec une égalité du diamètre pour les 2 autres sites.
D'après l'analyse statistique on constate, que le diamètre des glands en 2005, présente une différence hautement significative entre le site El-Mellah avec ceux de Sanaoubari et Brabtia (F= 10,24 ; P= 0,0002), par ailleurs il ya une différence hautement significative entre les 3 sites d'étude (F= 26,9 ; P= 0,0001). Par contre, en 2007 il n'ya aucune différence significative entre les sites (F= 0,05 ; P= 0,9). Au niveau des sites, les résultats d'El-Mellah présentent une différence hautement significative (F= 43,59 ; P= 0,0001) pour les 3 années 2005, 2006 et 2007. A Brabtia une différence hautement significative du diamètre est mentionnée entre l'année 2005 et 2006 (F= 7,13; P= 0,0012). Concernant Sanaoubari, on ne remarque aucune différence significative (F= 0,23; P= 0,7) (Tableau. 24).
Il semble que les variations du diamètre des glands troués, sont fonction des variations de la longueur.

Tableau. 24: Le diamètre moyen (m± s) en cm, des glands troués récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an).

Sites / Années	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	F	P
2005	1,55± 0,23	1,32± 0,16	1,40±0,19	10,24	0,0002
2006	1,67± 0,15	1,29± 0,16	1,53±0,22	26,9	0,0001
2007	1,5± 0, 2	1,5± 0,23	1,52±0,17	0,05	0,9
F	43,59	0,23	7,13	/	/
P	0,0001	0,7	0,0012	/	/

Le poids des glands troués du site d'El-Mellah est plus grand que ceux de Brabtia et Sanaoubari (Tableau. 25). En 2005 et 2006, à El-Mellah, le poids reste stable (5,7± 1,58g). Pour Brabtia, on note une nette augmentation du poids à 4,43± 2,05 g avec une diminution du poids au niveau de Sanaoubari jusqu'à 1,64± 0,71, par contre en 2007 le poids des glands d'El-Mellah diminue à 4,17±1,51, avec une augmentation progressive au niveau du site sanaoubari pour atteindre 3,57± 1,76g. L'analyse statistique révèle, qu'il ya une différence hautement significative du poids des glands pour le site El-Mellah avec sanoubari et Brabtia et ce pour l'année 2005 (F=52,56; P= 0,0001). Durant l'année 2006, il existe une différence hautement significative entre les 3 sites (F=42,29; P= 0,0001) et nous remarquons pour l'année suivante que le poids des glands troués ne présente aucune différence significative entre les 3 sites (F=2,03; P= 0,01). L'analyse statistique de l'évolution du poids des glands troués au niveau de chaque site montre qu'il ya une différence hautement significative pour les 3 années d'étude : El-Mellah (F=67,78; P= 0,0001), Sanaoubari (F=40,78; P= 0,0001) et Brabtia (F=24,16 ; P= 0,0001) (Tableau. 25).

Tableau. 25: Le poids moyen (m± s) en g, des glands troués récoltés sur les 3 sites d'étude (n=100/site/an).

Sites / Années	El-Mellah	Sanaoubari	Brabtia	F	P
2005	5,7± 1,58	1,82± 1,05	2,28±1,65	52,56	0,0001
2006	5,7± 1,58	1,64± 0,71	4,43± 2,05	42,29	0,0001
2007	4,17±1,51	3,57± 1,76	4,44 ±1,29	2,03	0,01
F	67,78	40,78	24,16	/	/
P	0,0001	0,0001	0,0001	/	/

3.7.3.2. Détermination des insectes des glands

Les glands du chêne liège sont attaqués par plusieurs ravageurs. Dans les subéraies de l'Est algérien nous avons trouvé et identifié quelques uns (Tableau. 26; Figure. 29). La classe des insectes est représentée par six espèces appartenant à quatre ordres. Dans l'ordre des Lépidoptères nous avons déterminé deux papillons, *Cydia splandana* et *Cydia fagiglandana* de la famille des Tortricidae. Nous avons trouvé aussi un charançon, *Curculio sp* de l'ordre des Coléoptère famille des Curculionidae. Des larves de diptère et une espèce signalée comme inconnue 1 sont en cours d'identification et deux autre espèces non déterminées (inconnu 2 et 3). Les glands récoltés dans nos sites d'étude présentent de nombreuses galles dont le responsable est un Hyménoptère de la famille des Cynipidae, *Callirhytis glandium* (Tableau.25). Dans la classe des Acariens nous avons identifié une espèce de la famille des Astigmatae (Inconu 4).

Tableau. 26: Liste des insectes trouvés à l'intérieur des glands du chêne-liège

Ordre	**Famille**	**Genre et Espèce**
Lépidoptère	Tortricidae	Cydia splandana
		Cydia fagiglandana
Coléoptère	Curculionidae	Curculio sp
Hyménoptère	Cynipidae	Callirhytis glandium
Diptère	Inconnu 1	Inconnu 1
Inconnu 2	Inconnu 2	Inconnu 2
Inconnu 3	Inconnu 3	Inconnu 3

A

B

C

D

E

Figure. 29: Insectes ravageurs des glands (Carpophagous Insects).

A: *Cydia splandana*, B: *Cydia fagiglandana*, C: *Curculio sp*, D: *Callirhytis glandium* (Larves dans leur loges à l'intérieur du gland)

E: *Callirhytis glandium* (Larves hors de leur loges à l'extérieur du gland)
F:Inconnu 1 (Gr × 4), G: Inconnu 2 (Gr × 4), H: Inconnu 3 (Gr × 4),
I: Inconnu 4; la classe des Acariens (Gr × 4)

***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 ornementations dorées, 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 bogue, les jeunes larves recherchent une cupule et pénètrent au niveau de sa base afin d'atteindre le hile d'un arbre de 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 excrément granulés.

***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 tâche 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^{éme} 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.

3.7.4. Evolution de l'attaque des insectes des glands

3.7.4.1 Glands récoltés de l'arbre

Au niveau du site Sanaoubari, on n'a pas trouvé de glands de l'arbre et ce durant toute la période d'étude (Tableau. 27).

En 2005, sur les glands prélevés des arbres du site El-Mellah, 50% présentent des trous de sortie d'insectes et 50% des glands sont sains. A la fin de nos observations, nous enregistrons 59% de taux d'attaque des glands, alors que le taux des glands troués à diminué à 41%. Par contre en 2007 nous avons noté moins d'attaque par les insectes sur les glands de l'arbre, durant la première semaine de la récolte seulement 15,25% des glands présentent des trous de sortie d'insectes, ce taux d'attaque augmente pour atteindre 23,25%, et le reste des glands est sains 76,75 % (Tableau.27).

Concernant le site de Brabtia, sur les glands récoltés des arbres en 2005, seulement 3% des glands présentent une attaque, cette dernière est représentée par des trous de sortie d'insectes qui s'alimentent des glands. Au bout de la dernière semaine d'observation au laboratoire, ce taux augmente pour atteindre 19 % du total.

A l'opposé en 2007, seulement 12,50% des glands sont attaqués par les insectes (Tableau. 27).

Tableau. 27: Evolution du taux d'attaque des insectes des glands récoltés des arbres des 3 sites d'étude

Sites	**El-Mellah**				**Sanaoubari**				**Brabtia**			
Années	2005 n=32		2007 n=59		2005		2007		2005 n=73		2007 n=8	
/	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
Total initiale	50%	50%	15,25%	84,74%	/	/	/	/	3%	97%	0%	100%
Total final	59%	41%	23,25%	76,75%	/	/	/	/	19%	81%	12,50%	87,50%

T= glands troués

N= glands non troués

3.7.4.2. Glands récoltés au sol

En 2005 certains glands récoltés au sol du site El-Mellah présentent des trous de sorties de larves d'insectes, estimés à 52%, ce taux atteint à la fin des observations 93%. En 2007 ces attaques diminuent subitement, sur les 100 glands récoltés au sol 50% des glands présentent des attaques, ces dernières atteignent 52% au bout de la dernière semaine d'observation (Tableau. 28).

Concernant le site de Sanaoubari, les glands du sol présentent un taux d'attaque qui avoisine 48%, ce taux augmente pour atteindre 80 % à la fin des observations et ce en 2005.

Parmi les 86 glands récoltés au sol en 2007, 42% des glands représentés par des trous de sortie d'insectes, à la fin de l'observation, nous avons noté que le taux d'attaque augmente à 54% (Tableau. 28).

Au niveau du site Brabtia, les glands du sol récoltés en 2005 présentent un taux d'attaque de 44% des glands troués, le reste est sains 56 %, à la dernière semaine d'observation, nous enregistrons un taux d'attaque sur 75% des glands du sol. Par contre en 2007, l'attaque des ravageurs des glands diminue pour certains glands récoltés au sol où nous enregistrons 43,82 % des glands attaqués et 56,18% des glands sains, au bout de la dernière semaine d'observation le nombre des glands présente des trous de sortie d'insectes augmente à seulement à 45,82 % (Tableau. 28).

Tableau. 28: Taux d'attaque initiale et final sur les glands récoltés du sol des 3 sites d'étude

Sites	**El-Mellah**				**Sanaoubari**				**Brabtia**			
Années	2005 n=66		2007 n=100		2005 n=110		2007 n=86		2005 n=72		2007 n=	
/	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
Total initiale	52%	48%	50%	50%	48%	52%	42%	58%	44%	56%	43,82%	56,18%
Total final	93%	7%	52%	48%	80%	20%	54%	46%	75%	25%	45,82%	54,18%

T= glands troués

N= glands non troués

Site El-Mellah

Au laboratoire, on a suivi l'évolution du taux d'attaque des glands récoltés des arbres du site El-Mellah, nous n'avons constaté pour les glands troués aucune émergence d'insectes pendant les 7 semaines. Par contre les glands sains prélevés des arbres ont évolués et présentent des trous de sortie de larves. Cette attaque commence dès la 2ème semaine où nous enregistrons 12,5% jusqu'à la 4ème semaine avec 18,75% de taux d'attaque puis elle se stabilise de la 4ème semaine jusqu'à la 11ème semaine qui correspond à la fin de nos observations (Figure. 30).

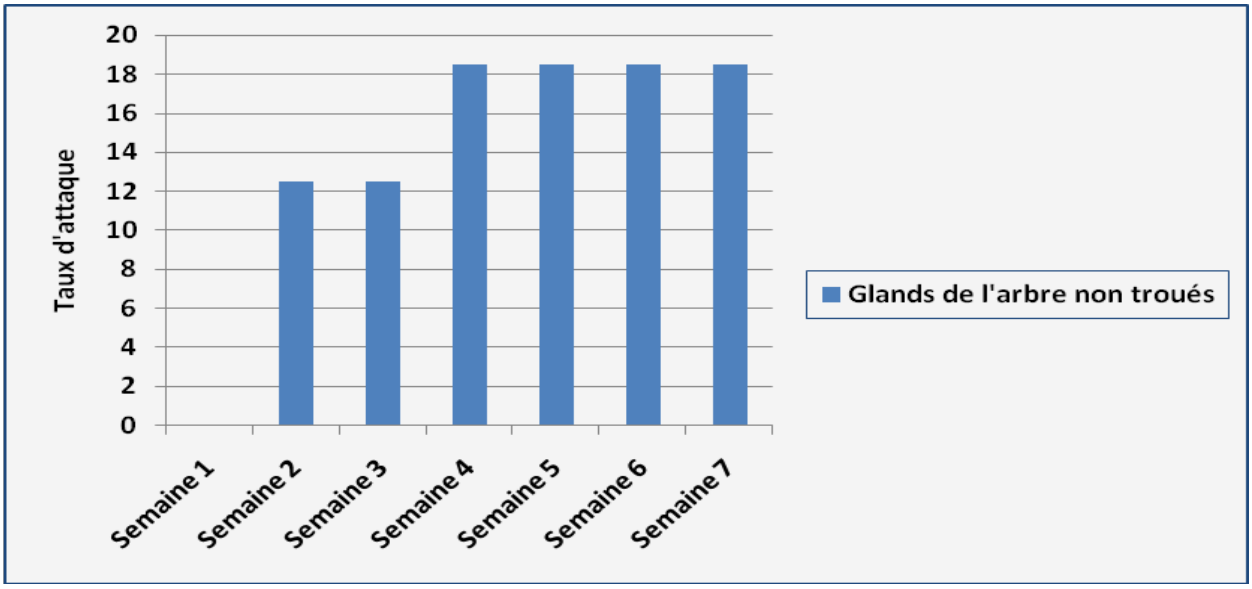


Figure. 30: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site El-Mellah en 2005.

La sortie des insectes se poursuit dans les conditions contrôlées au laboratoire où nous avons enregistré des sorties de larves dans les glands troués du sol jusqu'à la 4ème semaine depuis la récolte (16, 96%), puis elle se stabilise jusqu'à la 11ème semaine, période pendant laquelle le nombre de trous reste invariable.

Sur les glands sains récoltés au sol (ne présentant pas de trous) nous enregistrons des attaques représentées par des trous de sortie de larves. Ces attaques commencent la 1ère semaine de la récolte où on enregistre 27,08%, la deuxième semaine le taux s'élève à 31,24%, la quatrième

semaine le taux atteint 72,91%. Jusqu'à la 11ème semaine, ce taux d'attaque va évoluer lentement pour atteindre les 85,41% (Figure. 31).

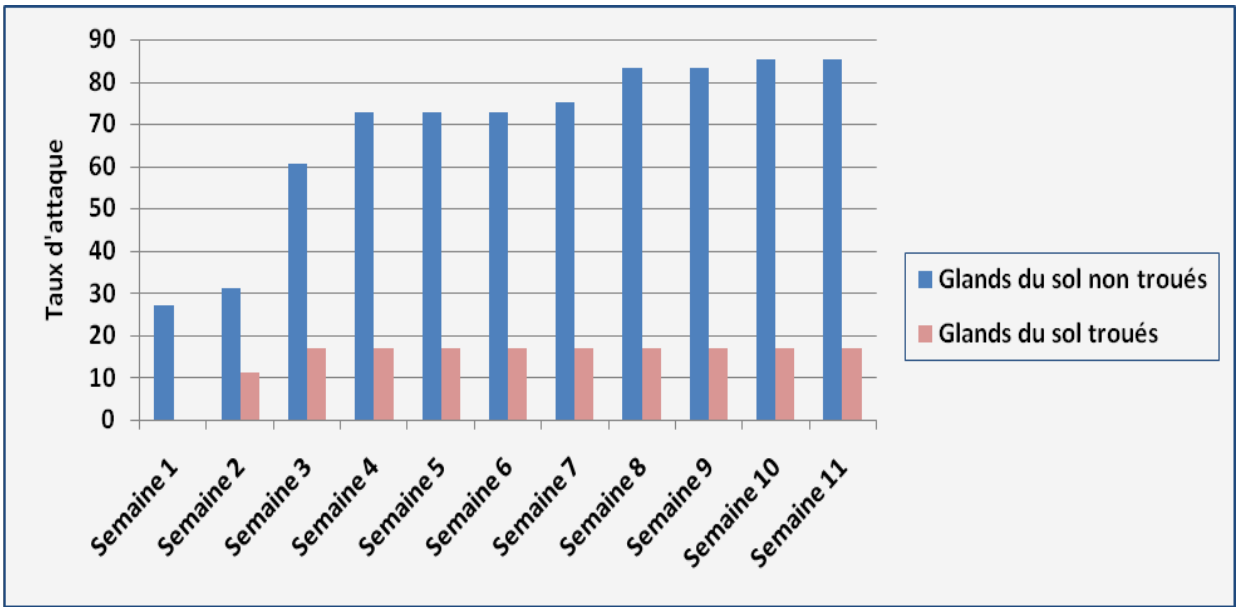


Figure. 31: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site El-Mellah en 2005.

En 2007, Sur les glands sains récoltés des arbres, on a commencé à enregistrer des sorties de larves dés la 3eme semaine de la récolte (6%). Cette sortie se poursuit pendant la 4éme semaine pour atteindre 8% pour se stabiliser jusqu'à la 9éme semaine (8%). par contre les glands troués prélevés des arbres présentent des trous de sortie de larves dés la première semaine où nous enregistrons 11,11% de glands attaqués, la 5éme semaine le taux atteint 22,22%, puis se stabilise jusqu'à la 9éme semaine (22,22%) (Figure. 32).

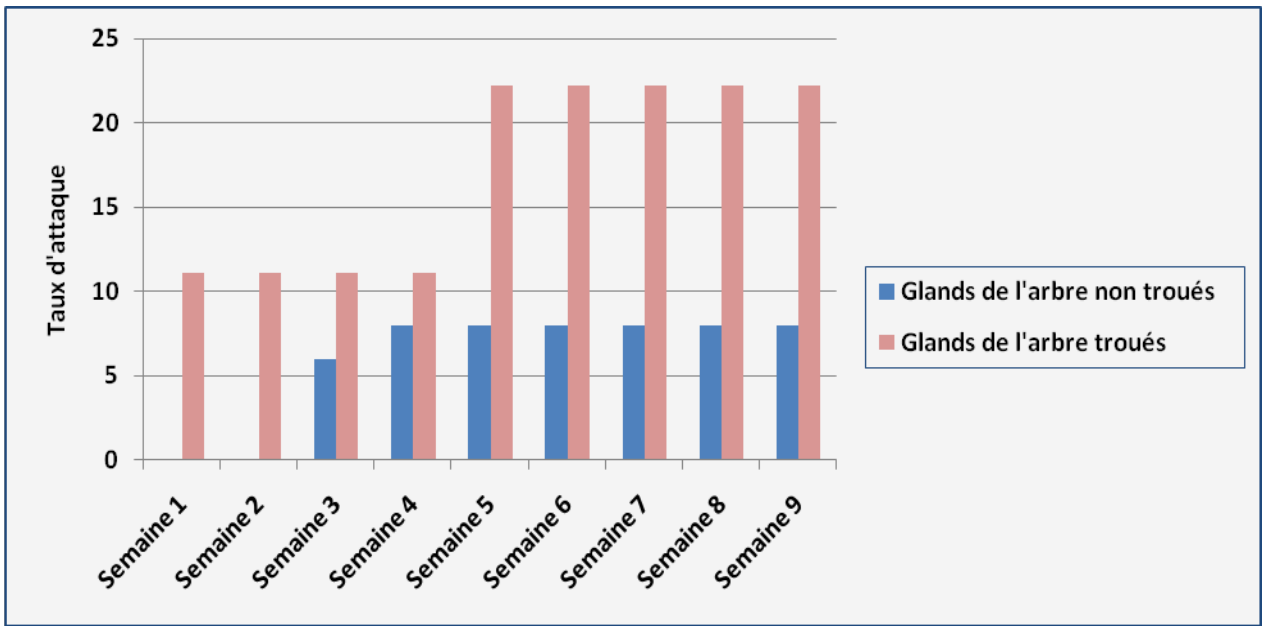


Figure. 32 : Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site El-Mellah en 2007.

Sur le total des glands sains récoltés au sol, on n'a observé aucune évolution de taux d'attaque des insectes pendants les 2 premières semaines, on a commencé a enregistrer des trous de sortie des larves à la 3^{éme} semaine après la récolte sur 2% des glands, qui reste stable jusqu'à la 9^{éme} semaine (période pendant laquelle le nombre de trous reste invariable). Par ailleurs sur les glands initialement troués, nous avons enregistré des trous de sortie de larves sur 6% des glands, et cela dés la première semaine de la récolte. Ces attaques se poursuivent jusqu'à la 6^{éme} semaine pour atteindre les 12%, et se stabilise jusqu'à la 9^{éme} semaine (Figure.33).

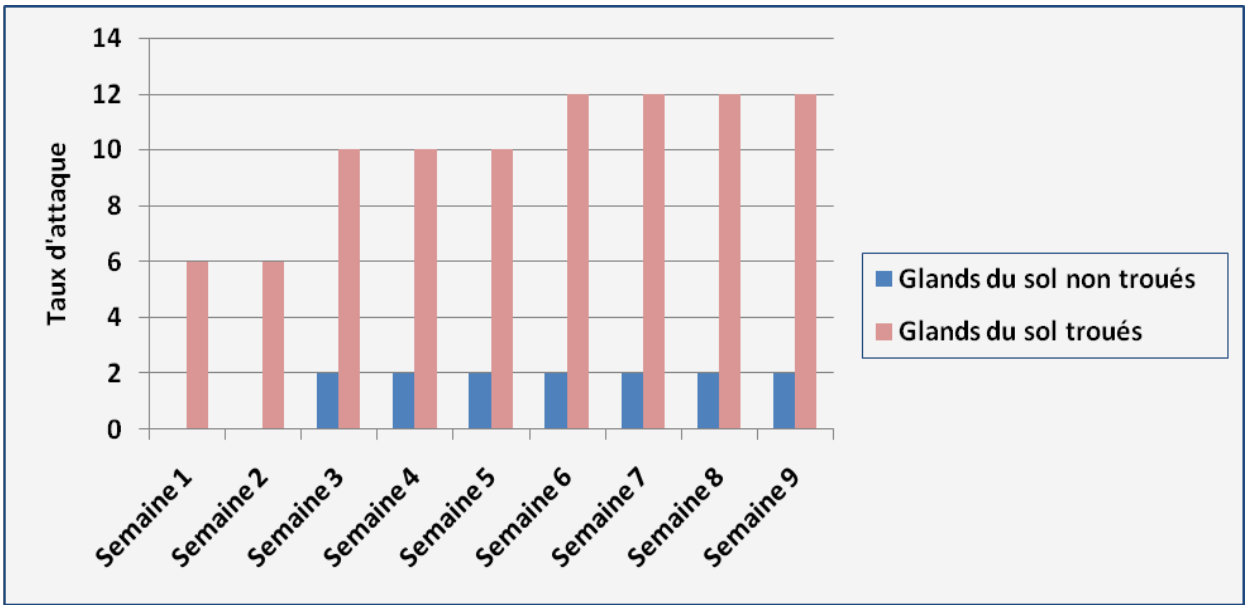


Figure. 33: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site El-Mellah en 2007.

Site Sanaoubari

En ce qui concerne les observations au laboratoire, sur les glands récoltés des arbres en 2005 du site Sanaoubari, nous avons constaté que les trous de sortie des larves s'accumulent jusqu'à la 5 ème semaine et se stabilisent à la fin de la 8ème semaine (48,26 %) (Figure. 34).

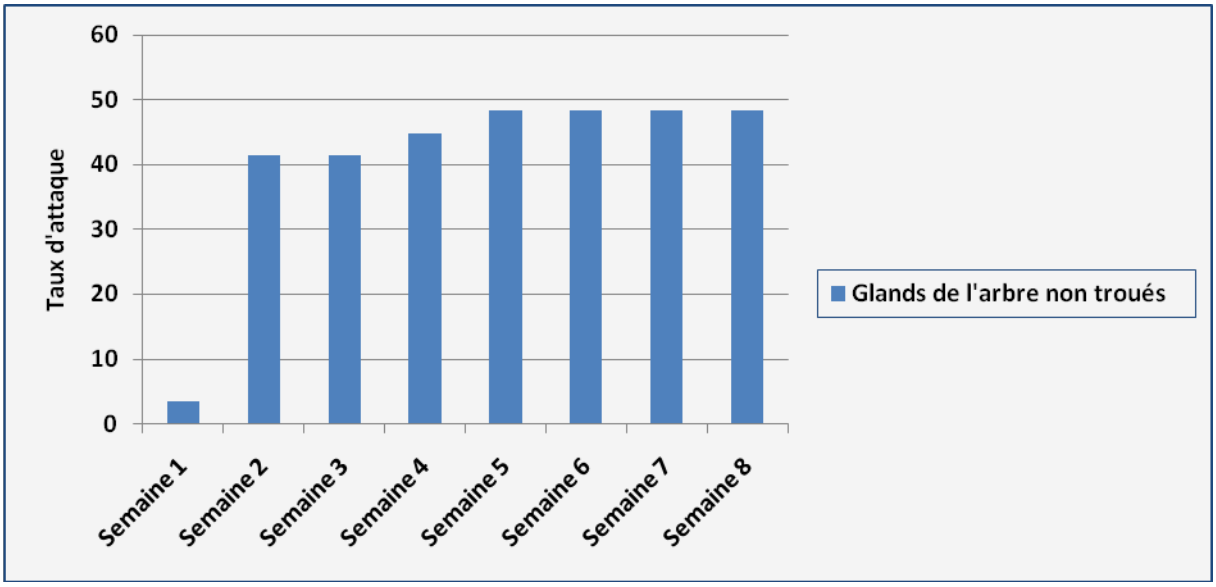


Figure. 34: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site Sanaoubari en 2005.

Par ailleurs sur les glands récoltés au sol les trous de sorties des larves persistent jusqu'à la 4ème semaine pour les glands troués. Ensuite, l'attaque se stabilise jusqu'à la fin des observations à 20,75 %. Cependant, le taux d'attaque des glands non troués se stabilise à partir de la 7 ème semaine pour atteindre 57,88% (Figure. 35).

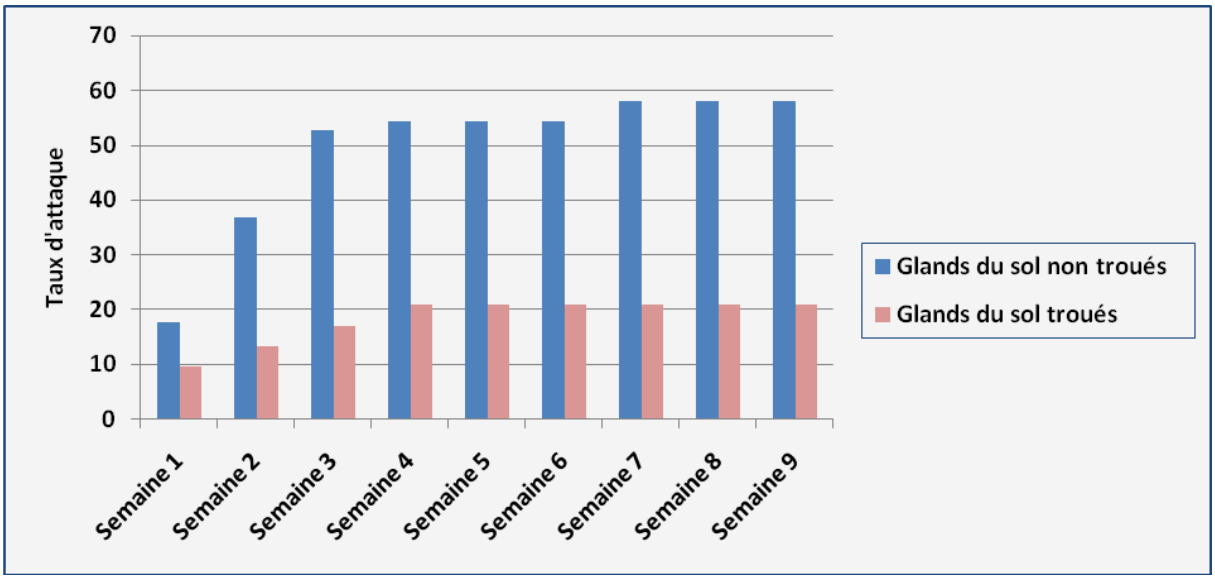


Figure. 35: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site Sanaoubari en 2005.

Les glands récoltés au sol en 2007 du site Sanaoubari, ont fait l'objet d'observations continues au laboratoire, lesquelles ont montré que les trous de sorties des larves s'accumulent jusqu'à la 2ème semaine, pour les glands troués. Ensuite, cette évolution se stabilise jusqu'à la fin des observations. Cependant, le taux d'attaque des glands non troués commence la 1ère semaine par 2% des glands qui présentent des trous de sorties des larves, puis elle se stabilise à partir de la 4ème semaine pour atteindre 12% (Figure. 36).

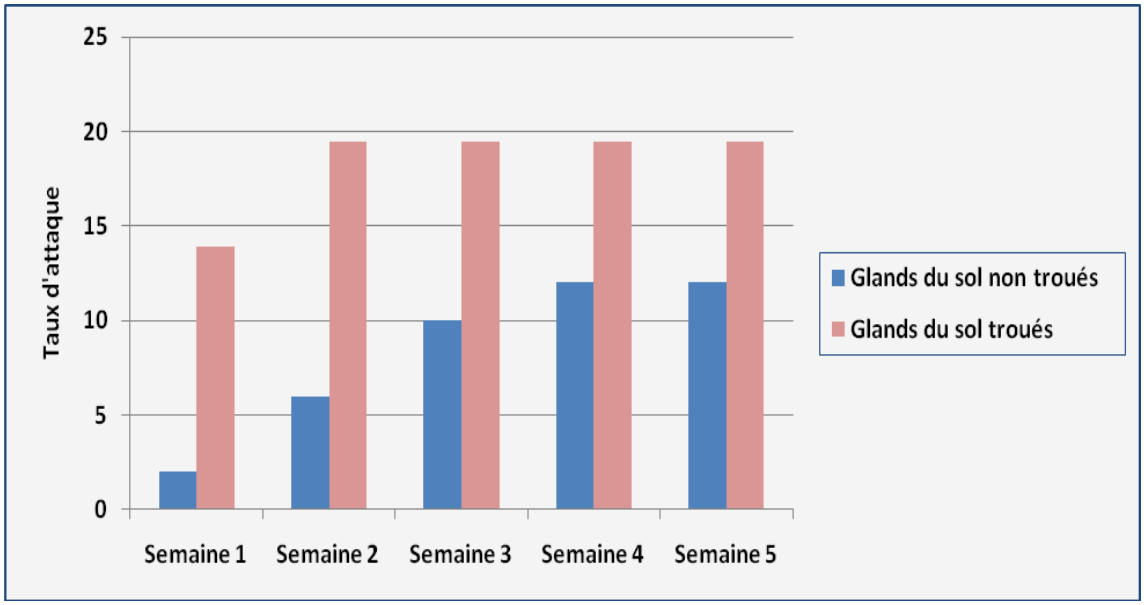


Figure. 36: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés au sol du site Sanaoubari en 2007.

Site Brabtia

Dès l'année 2005, Sur les glands sains récoltés des arbres du site Brabtia, on a commencé à enregistrer des sorties de larves a partir de la 2 ème semaine de la récolte sur 4,30 % des glands. Cette sotie se poursuit jusqu'à la 6ème semaine avec 15,50% pour se stabiliser au bout de la 8ème semaine à 16,90 % (Figure. 37).

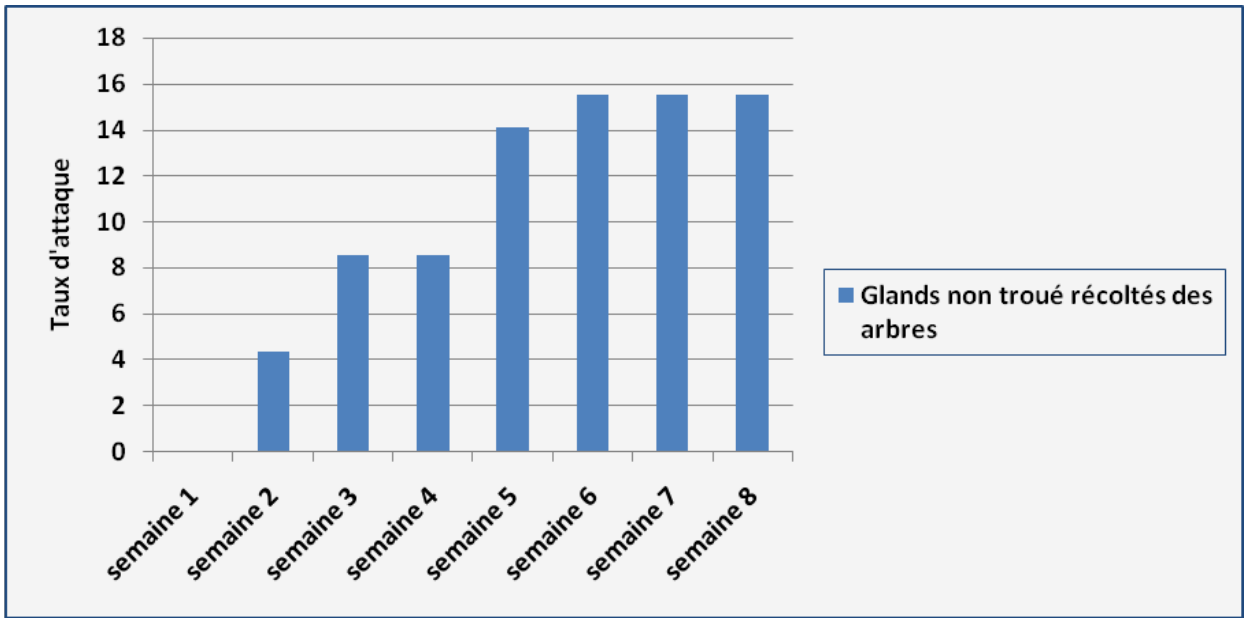


Figure. 37: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site Brabtia en 2005.

Sur le total des glands sains récoltés au sol, on a observé des trous de sortie de larves sur 10% des glands, et cela dés la 1 ère semaine de la récolte. Ces attaques se poursuivent jusqu'à la 6ème semaine pour atteindre les 54,5%, et se stabiliser au bout de la 8ème semaine à 54, 5%. Par ailleurs, sur les glands initialement troués, nous n'avons enregistré aucune autre sortie de larves. Le taux d'attaque est stable jusqu'à 10% (Figure. 38).

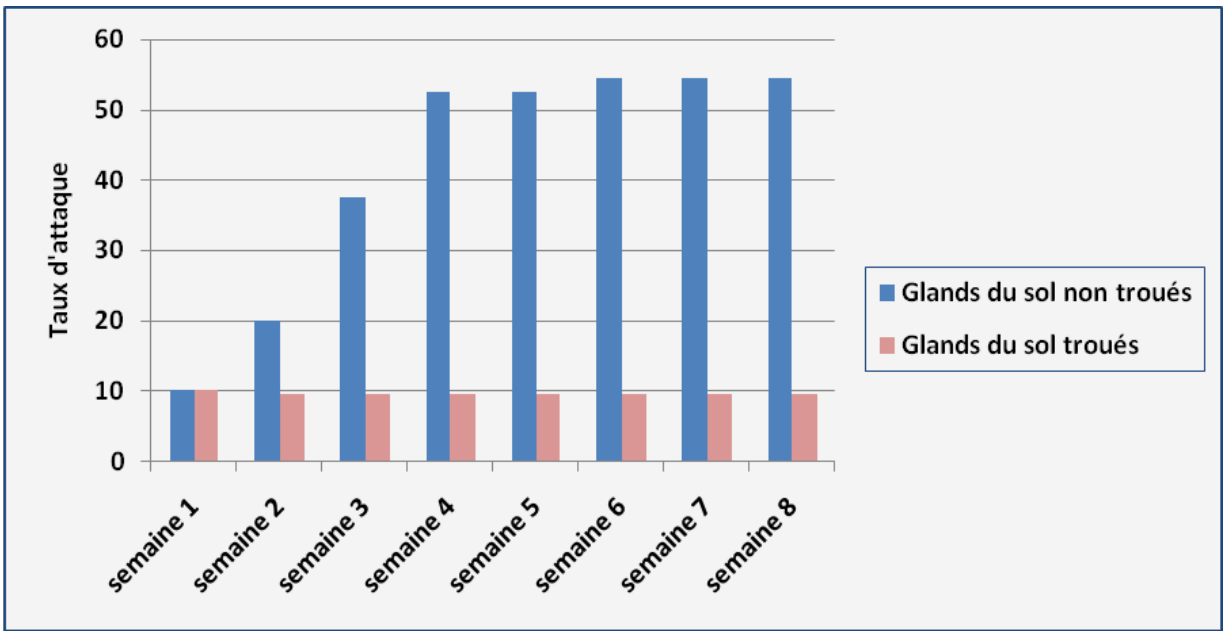


Figure. 38: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés du sol du site Brabtia en 2005

En 2007, nous avons observé que les glands sains (non troués) prélevés des arbres ne commence à évoluer et présenter des trous de sortie de larves qu'a partir de la 3éme semaine ou nous enregistrons 12% des glands attaqués et elle se stabilise de la 3éme semaine jusqu'à la 9éme semaine qui correspond à la fin de nos observations (Figure. 39).

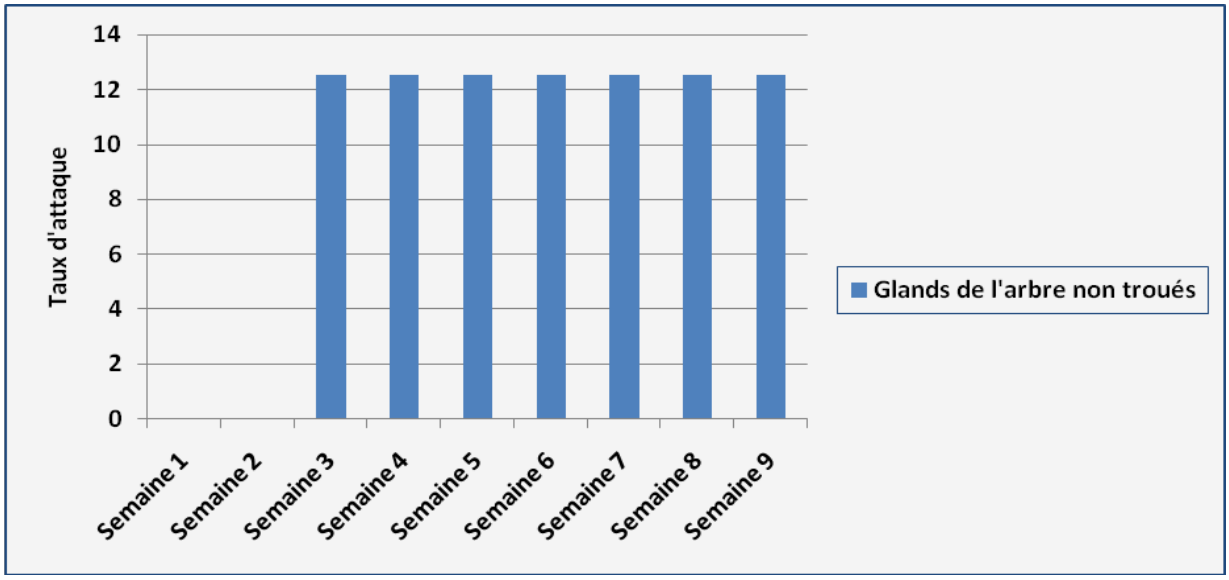


Figure. 39: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés de l'arbre du site Brabtia en 2007

La sortie des insectes se poursuit dans les conditions contrôlées au laboratoire pour les glands du sol initialement troués ou nous avons enregistrés des sorties de larves jusqu'à la 4éme semaine depuis la récolte, 5,12%. La 5^{éme} semaine le taux d'attaque s'élevé a 7,69% est se stabilise jusqu'à la 9ème semaine. Par contre pour les glands sains, l'attaque commence la 5 ^{ème} semaine avec 2% et a partir de cette semaine elle reste stable (Figure. 40).

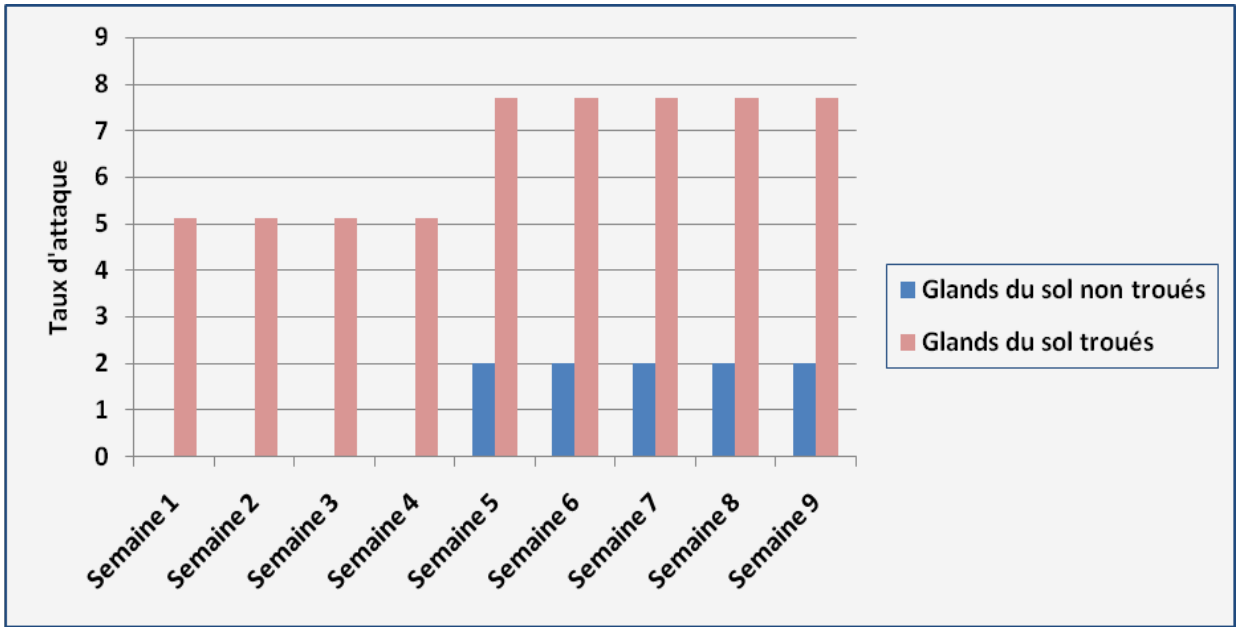


Figure. 40: Evolution du taux d'attaque des glands récoltés du sol du site Brabtia en 2007

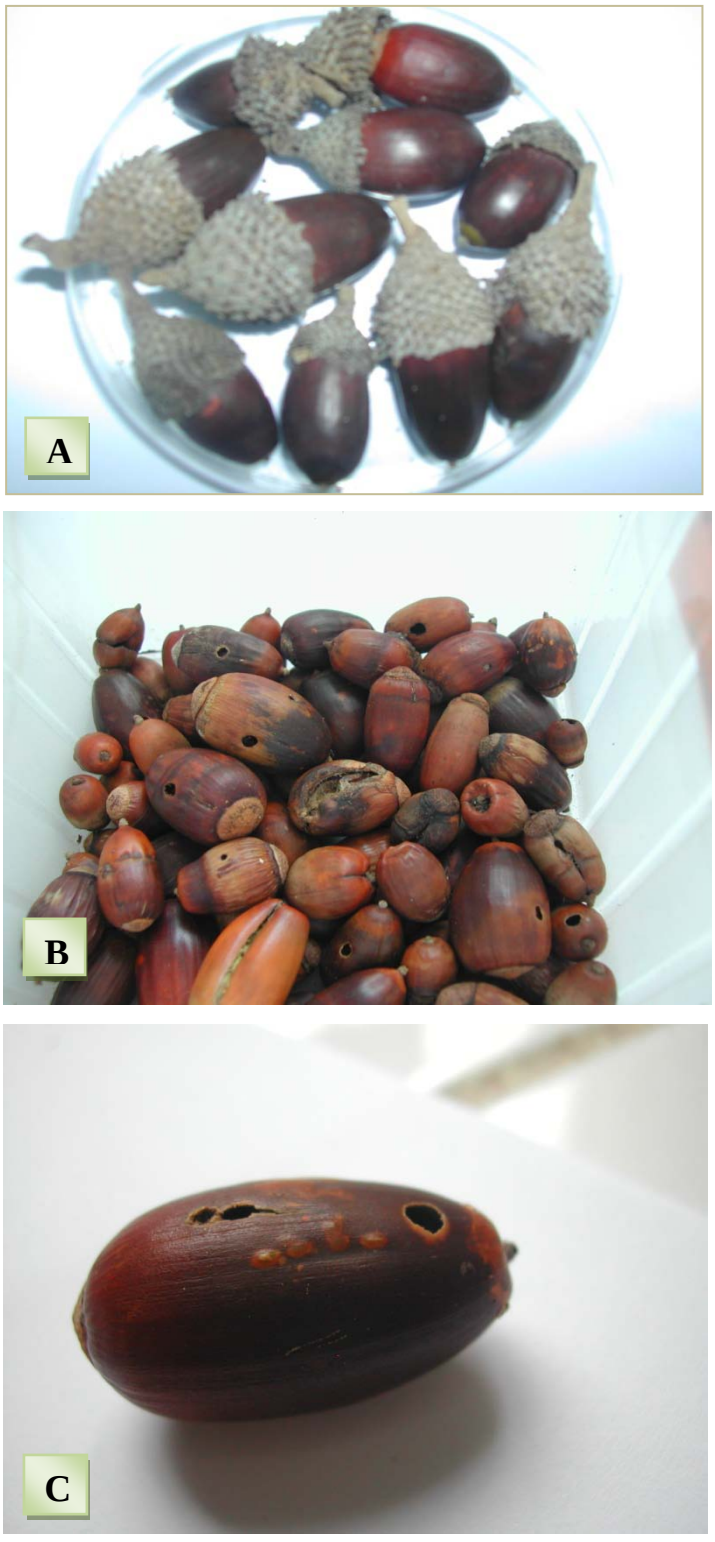


Figure. 41: Glands sains et troués.

(A): Glands sains

(B): Glands troués par les insectes

(C): La présence de trois trous de sortie d'insectes au niveau du gland.

3.8. L'effet du traitement sur les insectes des glands

3.8.1. L'effet du RH-0345

Les taux de mortalité concernant *Curculio sp* est en très faible, n'a fait l'objet d'aucun calcul. Lors la dissection des glands, le taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 25 mg/l atteint 27,27% après 24h, 10 jours et 15 jours ; 9,09% après 3 jours et 9,09% après 7 jours d'observation. (Figure. 42).

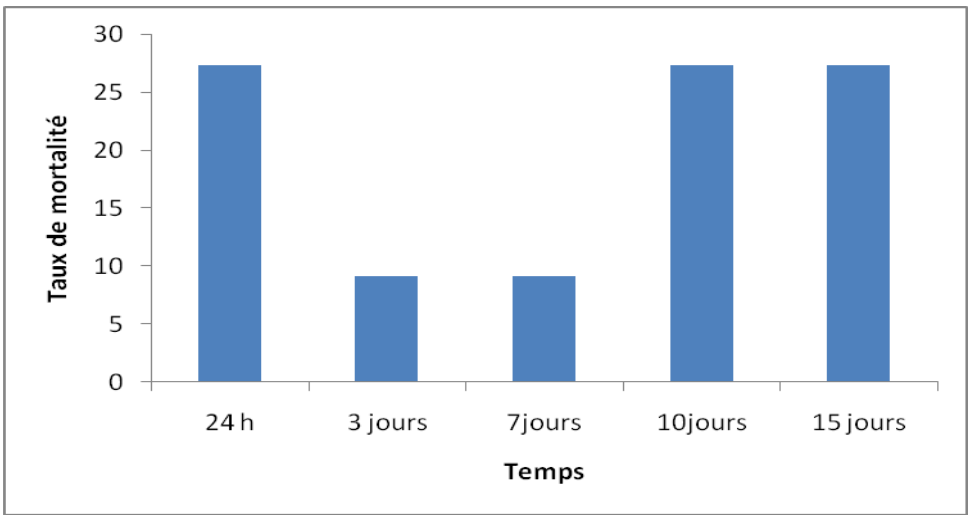


Figure.42: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 25 mg/l du RH-0345

Pour la dose 50 mg/l la mortalité enregistrée est 23,07% après 24h, elle reste stable durant le 3 ème et le 7 ème jour avec 7,69% ; 30,76% après10 et 15jours (Figure. 43).

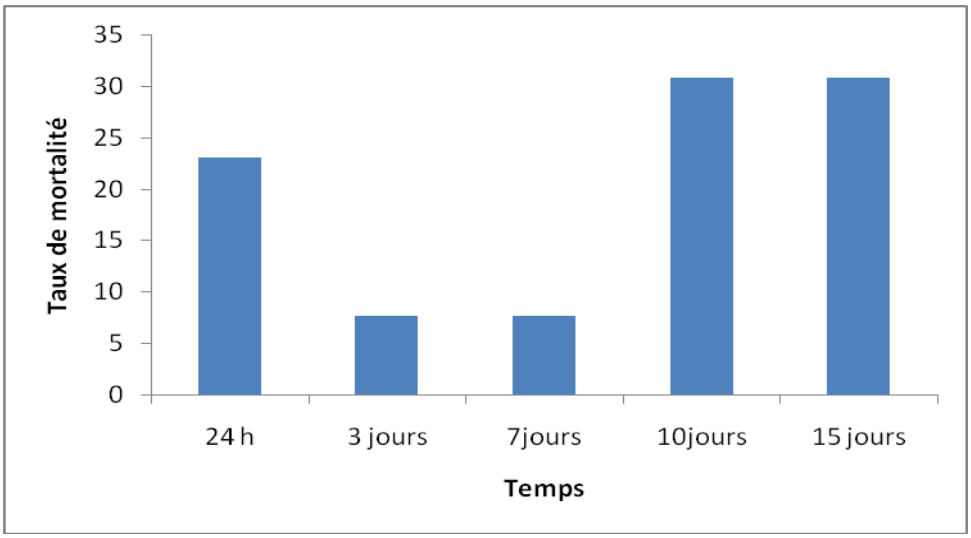


Figure. 43: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 50 mg/l du RH-0345

Les résultats de la figure (44) montrent que la mortalité pour la dose 100 mg/l est de 60 % et 40% après 24 h et 10 jours.

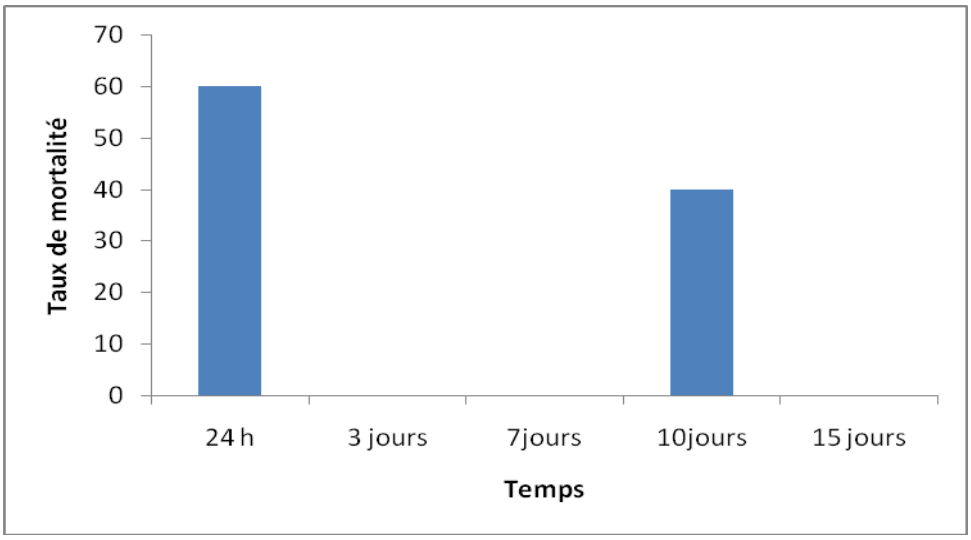


Figure. 44: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 100 mg/l du RH-0345

Pour la dose de 50 mg/l du RH -0345 tue 14,28 % des larves *Cydia splendana après* 3 jours ; 35,71% après 7 jours et 50% durant les 10 jours mais aucune mortalité enregistrée après 15 jours (Figure. 45).

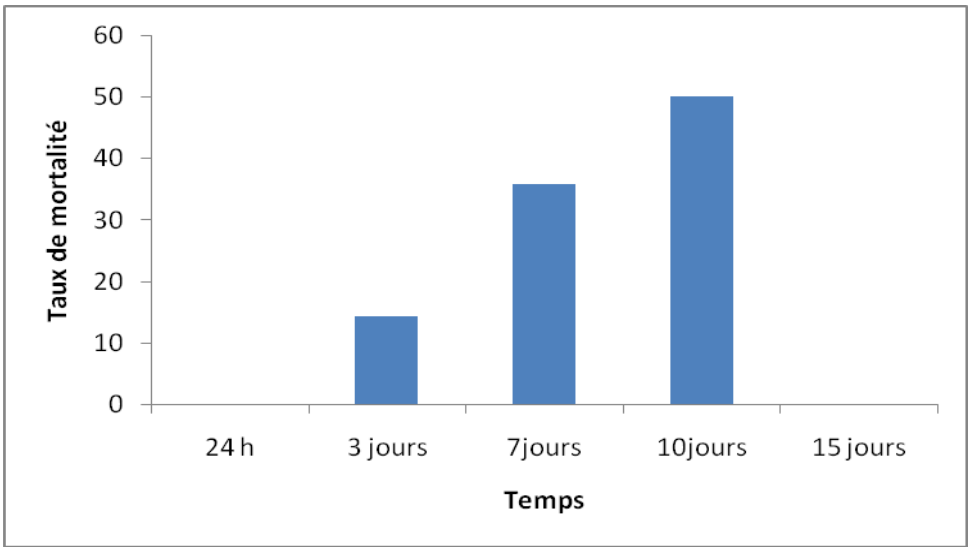


Figure. 45: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 150 mg/l du RH-0345

Nous enregistrons pour la dose 200 mg/l, un taux de mortalité de *Cydia splendana* progressif, 8,33% à 24h ; 25% après 7jours et 33,33% après 10 et15 jours (Figure. 46).

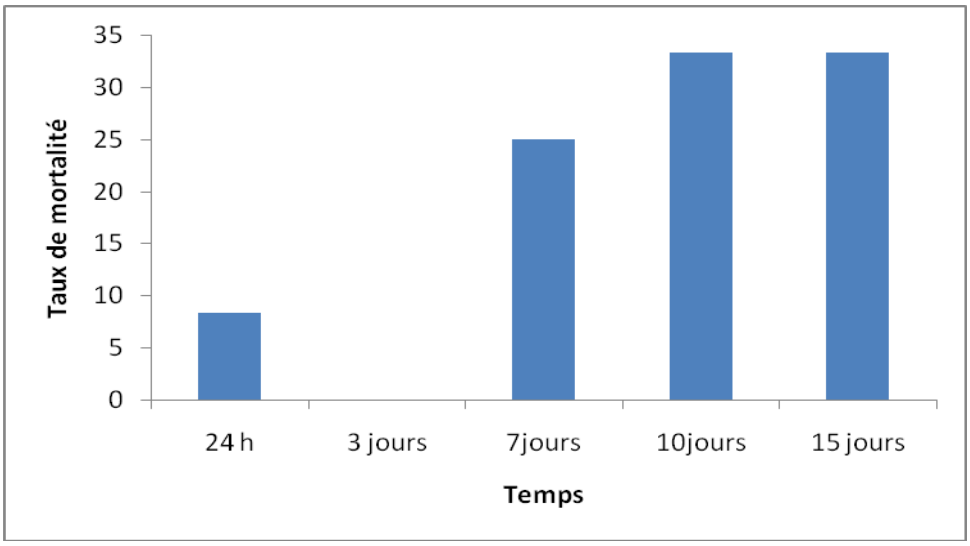


Figure. 46: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 200 mg/l du RH-0345

Le taux de mortalité cumulée du RH-0345 a l'égard des larves du *Cydia splendana* après 15 jours d'exposition est progressif, puisque on enregistre 34,37 % pour la plus faible dose pour atteindre 46,15 % pour la plus forte, par contre, il semble que *Curculio sp* soit moin sensible au traitement et ceux quelque soit la dose utilisée, le faible taux de mortalité enregistré montre (8,82%) un effet insecticide très faible vis-à-vis de cette espèce
(Tableau. 29)

Tableau. 29: Mortalité cumulée après 15 jours du traitement par le RH-0345

Doses / **Espèces**	**25 mg/l**	**50 mg/l**	**100mg/l**	**150mg/l**	**200mg/l**	**Mortalité cumulé**	**larves vivantes**	**Témoin**
***Cydia Splendana* mortes**	34,37%	37,14%	18,51%	40%	46,15%	35,48%	/	22 ,22%
***Cydia Splendana* vivante**	65,62%	62,85%	81,51%	60%	53,84%	/	64,51%	77,77%
***Curculio sp* mortes**	11,11%	20%	0%	0%	0%	8,82%	/	0%
***Curculio sp* vivant**	88,88%	80%	100%	100%	100%	/	91,17%	0%

Figure. 47: Effet du RH-0345 sur les insectes des glands

(A): Larve de *Cydia splendana* à moitié exuviée.

(B): Larve de *Cydia splendana* complètement exuviée.

(C): Larves de *Cydia splendana* mortes et endurcies avec une larve vivante après traitement.

(D): Chrysalide au niveau du péricarpe du gland

3.8.2. L'effet de l'Imidaclopride sur les insectes des glands

L'activité insecticide de l'Imidaclopride pour la dose 25mg/l sur les larves du *Cydia Splendana*, indique que le taux de mortalité atteint 50% après 24 h et 3 jours, après 3 jours le taux de mortalité est nul (Figure. 48).

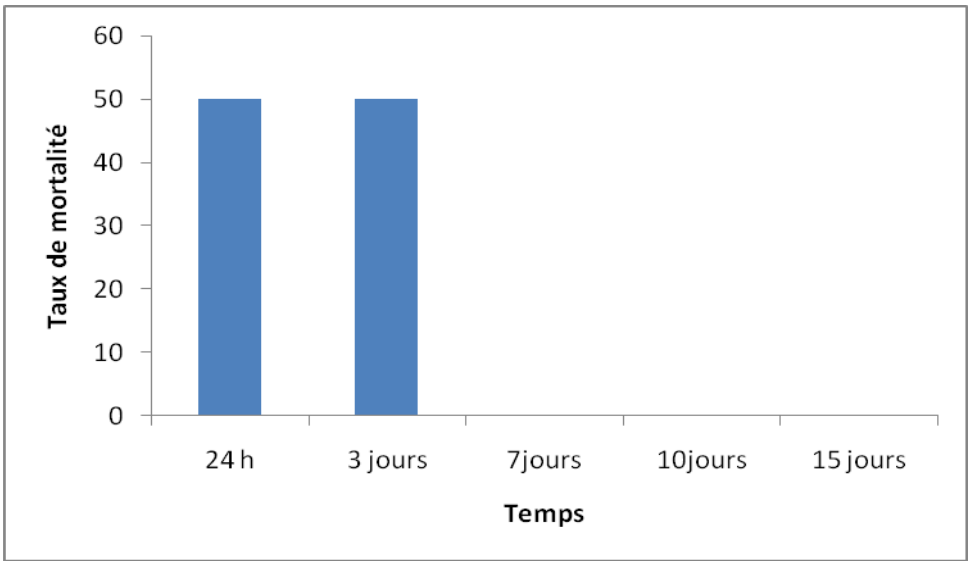


Figure. 48: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 25 mg/l de l'imidaclopride

Pour la dose de 50 mg/l, la mortalité arrive à 33,33% après 24h et 66,66% après 10 jours durant le 3 ème et le 15 ème jour aucune mortalité enregistrée (Figure. 49).

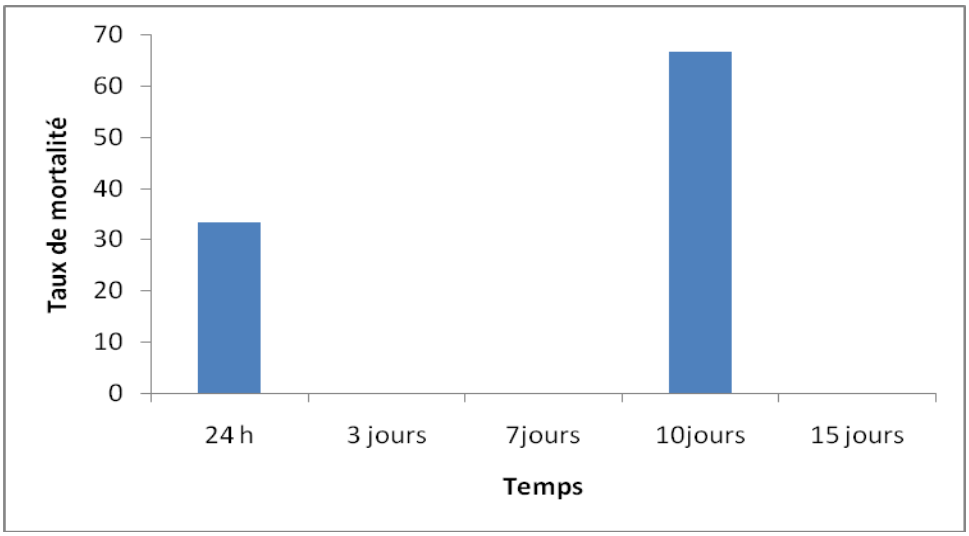


Figure. 49: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 50 mg/l de l'imidaclopride

A 100 mg/l il n' ya aucune mortalité (Figure.50).

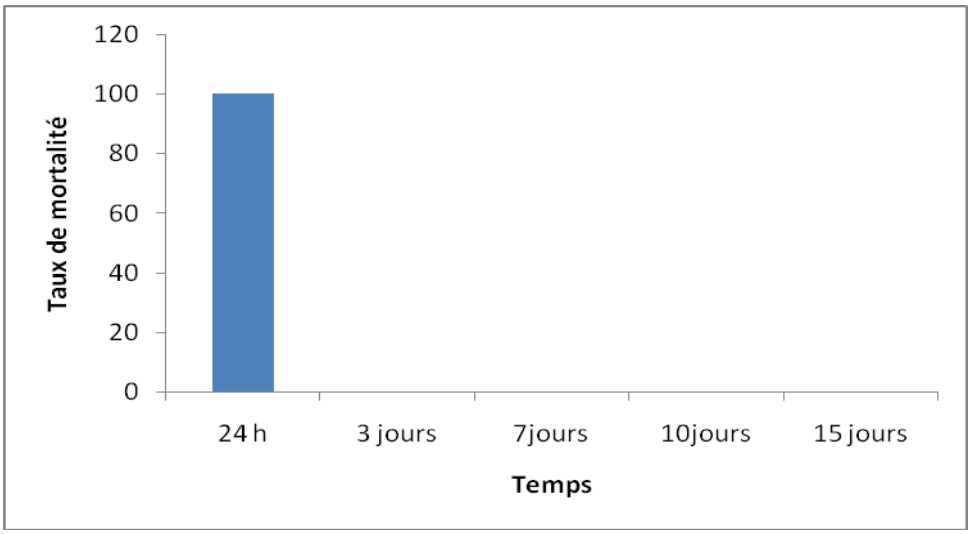


Figure. 50: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 100 mg/l de l'imidaclopride

Pour la dose de 150 mg/l on enregistre une mortalité de 50% à 24 h et 7jours (Figure. 51).

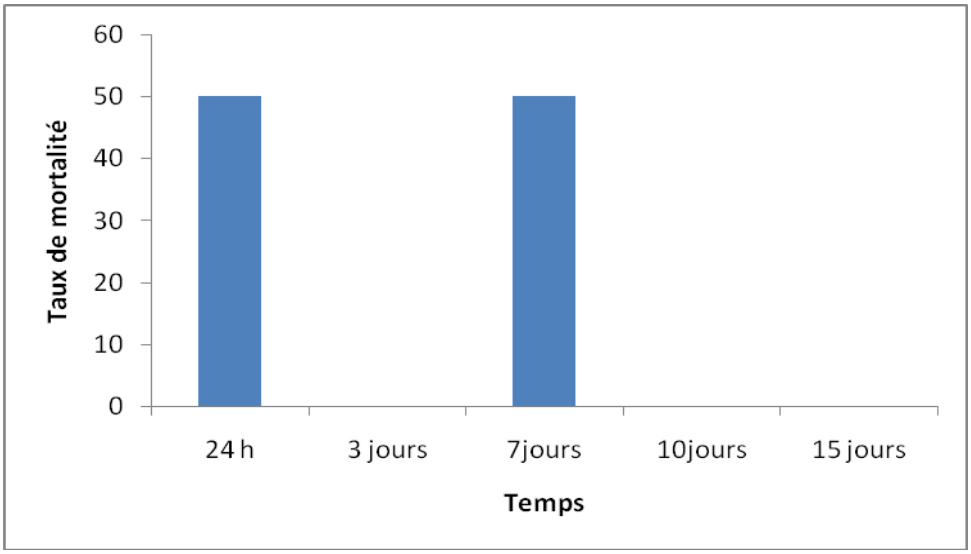


Figure. 51: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 150 mg/l de l'imidaclopride

L'effet insecticide de l'Imidaclopride pour la dose 200 mg/l, indique que uniquement le 3 ème et le 7 ème jour que le taux de mortalité enregistré atteint 50 % jusqu'au 15 ème jour la mortalité reste nulle (Figure. 52).

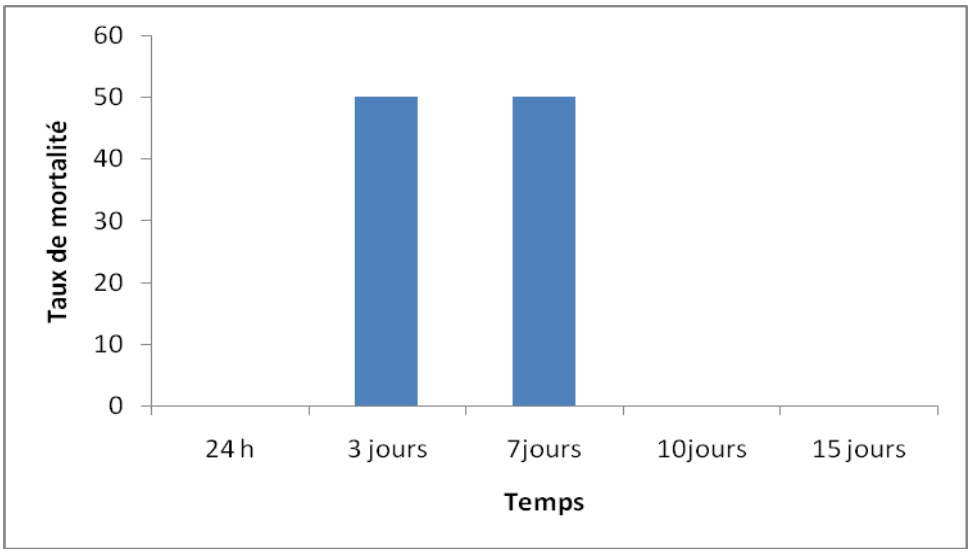


Figure. 52: Taux de mortalité de *Cydia splendana* par la dose 200 mg/l de l'imidaclopride

L'activité insecticide de l'Imidaclopride est progressive puisque on enregistre presque 8 % de la mortalité pour la faible dose pour arriver à 33,33%, sur 80 larves traitées le taux de mortalité cumulée atteint 12,5 %, par contre on enregistre un très faible taux de mortalité, sur *Curculio sp* 4,76 %. Il semble que ce coléoptère soit insensible au traitement préconisé (Tableau. 30).

Tableau. 30: Mortalité cumulé après 15 jours du traitement par l'Imidaclopride

Doses / **Espèces**	**25mg/l**	**50mg/l**	**100mg/l**	**150mg/l**	**200mg/l**	**Mortalité cumulée**	**larves vivantes**	**Témoin**
***Cydia Splendana* mortes**	7,69%	14,28%	5,26%	25%	33,33%	12,5%	/	0%
***Cydia Splendana* vivantes**	92,30%	85,71%	94,73%	75%	66,66%	/	87,5%	100%
***Curculio sp* mortes**	0%	1%	0%	0%	0%	4,76%	/	0%
***Curculio sp* vivantes**	100%	66,66%	100%	100%	0%	/	95,24%	100%

3.8.3. Effet du RH-0345 sur la germination des glands traités

Après une semaine de germination, les glands traités par les faibles doses (25mg/l, 50mg/l) présentent un taux de 16,66% et ceux traités par les fortes doses ont un taux de germination de 86,64%. Les glands témoins ne présentent aucune manifestation morphologique de la germination (0 %). La deuxième semaine les glands traités à faibles doses germent à 63,33% alors que ceux des fortes doses germent à 88,87 %, les glands témoins n'atteignent que 19%. Au bout de la dernière semaine de germination on obtient un taux de germination de 54% pour les glands témoins alors que les taux des glands traités dépassent les 95 % pour les fortes doses (Tableau. 31).

Tableau. 31: Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses du RH-0345.

	7 jours	**14 jours**	**21 jours**	**28 jours**
Témoin	0	19	38	54
Traités faibles doses	16 ,66	63,33	79,99	83,33
Traités fortes doses	86,64	88,87	93,33	95,54

C'est à partir de la deuxième semaine que les glands témoins présentent un taux de germination finale de 4 %, ce taux évolue à 35 % pour la dernière semaine (Tableau. 32).
Les glands traités à faibles doses germent la première semaine à 10 % pour arriver à 73,33% la quatrième semaine de germination (Tableau. 33). En ce qui concerne les glands traités à fortes doses, la germination débute assez tôt puisse que le taux atteint presque 70 % la première semaine pour atteindre presque 90 % à la fin de la période de germination (Tableau. 34).

Tableau. 32: Différentes étapes de germination des glands témoin après 4 semaines de traitement par RH-0345**.**

Temps (jours)	**7**	**14**	**21**	**28**
I	100	81	62	46
RP	0	6	3	1
FRP	0	3	12	10
G<5 mm	0	6	10	8
G>5 mm	0	4	13	35

Tableau. 33: Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de faibles doses du RH-0345.

Temps (jours)	**7**	**14**	**21**	**28**
I	83,33	66,36	20	16,66
RP	0	0	0	0
FRP	6,66	0	0	0
G<5 mm	10	43,33	13,33	10
G>5 mm	0	20	66,66	73,33

Tableau. 34: Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de fortes doses du RH-0345.

Temps (jours)	**7**	**14**	**21**	**28**
I	13,33	11,11	6,66	4,44
RP	6,66	4,44	4,44	0
FRP	2,22	2,22	0	0
G<5 mm	8,88	13,33	11,11	6,66
G>5 mm	68 ,88	68,88	77,77	88,88

3.8.4. Effet de l'Imidaclopride sur la germination des glands traités

Durant une semaine de germination, les glands traités par les faibles doses (25mg/l, 50mg/l) présentent un taux de germination de 86,66 % et ceux traités par les fortes doses ont un taux de germination de 57,76 %. Les glands témoins ne présentent aucune manifestation morphologique de la germination (0 %). La deuxième semaine les glands traités à faibles doses germent à 89,99 % alors que ceux des fortes doses germent à 64,44 %, les glands témoins n'atteignent que 19 %. Au bout de la dernière semaine de germination on obtient un taux de germination de 54 % pour les glands témoins alors que les taux des glands traités atteignent presque 100 % pour les faibles doses (Tableau. 35).

Tableau. 35: Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses d'imidaclopride

	7 jours	**14 jours**	**21 jours**	**28 jours**
Glands Témoin	0	19	38	54
Glands traités à faibles doses	86,66	89,99	93,32	99.99
Glands traités à fortes doses	57,76	64,44	75,54	75,54

Après 14 jours les glands témoins présentent un taux de germination de 4 %, ce taux évolue à 35 % pour la dernière semaine (Tableau. 36). Concernant les glands traités à faibles doses la germination débute assez tôt puisse que le taux atteint presque 80 % (G>5) la première semaine pour atteindre presque 90 % à la fin de la période de germination (Tableau. 37) et pour les glands traité à fortes doses germent la première semaine à 33,33 % dont 44,44 % arrivent au terme de la germination (Tableau. 38).

Tableau. 36: Différentes étapes de germination des glands témoin après 4 semaines**.**

Temps (jours)	7 jours	14 jours	21 jours	28 jours
I	100	81	62	46
RP	0	6	3	1
FRP	0	3	12	10
G<5mm	0	6	10	8
G>5mm	0	4	13	35

.

Tableau. 37: Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de faibles doses de l'Imidaclopride

Temps (jours)	7 jours	14 jours	21 jours	28 jours
I	13,33	10	6,66	0
RP	0	0	0	6,66
FRP	0	0	3,33	0
G<5mm	6,66	3,33	3,33	3,33
G>5mm	80	86,66	86,66	90

Tableau. 38: Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par de fortes doses de l'Imidaclopride

Temps (jours)	7 jours	14 jours	21 jours	28 jours
I	42,22	35,55	24,44	24,44
RP	6,66	0	4,44	2,22
FRP	0	0	0	0
G<5mm	17,77	22,22	28,88	28,88
G>5mm	33,33	42,22	42,22	44,44

4. DISCUSSION

En Algérie le peuplement du chêne-liège présente des signes de dépérissement inquiétants. Les symptômes de dépérissement 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, 1998), on a calculé l'indice de dépérissement d'après les classes de la défoliation, et selon les résultats obtenus durant les trois années d'études (2005, 2006 et 2007), on remarque qu'il ya une nette progression de l'indice de dépérissement qui passe d'un état sanitaire bon en 2005 à un dépérissement assez grave en 2007 pour les trois sites d'étude, où l'évolution semble aller vers une détérioration caractérisée par une défoliation massive (passage de plusieurs arbres de la classe 1 et 2 vers la classe 3). On enregistre aussi des cas de mortalité d'arbres, surtout au niveau des sites les plus touchés (Sanoubari et Brabtia).

Selon Bouhraoua (2003), une fois le phénomène est installé, il devient persistant et irréversible, on parle alors d'un «dépérissement lent ou chronique». Ce type de dépérissement se caractérise souvent par la mort progressive des organes pérennes (rameaux et branches) ou par une déficience du débourrement qui ne conduit pas obligatoirement la mort de l'arbre. Les subéraies de l'ouest algérien présentent ce type de dépérissement qui se manifeste après plusieurs saisons végétatives en climat semi aride, comme au niveau des subéraies de M'sila, Nesmouth, voire après des décennies en climat sub-humide comme au niveau des subéraies de Haffir et Zarieffet.

Dans nos sites d'étude la défoliation est accompagnée d'une faible décoloration donc la progression du déficit foliaire n'est pas liée à la décoloration. Cette aggravation de la défoliation intervenue en quelques années s'explique en partie par les conditions estivales très défavorables. Par ailleurs, l'apparition d'une décoloration ne s'accompagne jamais d'un déficit foliaire plus marqué sauf lorsqu'il s'agit d'un dessèchement complet de l'arbre qui ne débourre plus (Bouhraoua, 2003).

Parmi les symptômes de dégradation sanitaire des arbres on note entre autre une élongation réduite des pousses qui donnent des feuilles chétives, ou carrément l'absence de débourrement (Bouhraoua et Villement, 2005). L'étude réalisée sur la surface foliaire des feuilles saines montre qu'il ya une relation entre la progression de la défoliation et la diminution de la surface foliaire, plus les classes de la défoliation progressent plus les feuilles deviennent chétives et leur surface diminue. A cet égard l'exemple de la subéraie d' El-Mellah est édifiant, en 2005 l'état sanitaire était bon avec un fort taux de grandes feuilles, en 2006 on note un début de dépérissement; les feuilles deviennent moyennes, l'année qui suit (2007) le dépérissement est assez grave, les arbres sont affaiblis (malades) alors ils produisent des petites feuilles. Ce sont ces mêmes feuilles qui seront attaquées par les défoliateurs. Ce phénomène est confirmé pour les trois sites d'études durant les années 2006 et 2007.

Plusieurs facteurs sont susceptibles de causer les symptômes et les dégâts qu'on observe sur nos arbres échantillons. Il est admis généralement que le dépérissement des arbres forestiers résulte d'une détérioration générale et graduelle des différents types de tissus (Manion & Lachance 1992 ; Houston, 1992) causée par l'interaction de stress biotiques et abiotiques et qui fait intervenir plusieurs facteurs mis en cause pour expliquer le phénomène de dépérissement. Des facteurs de prédisposition, déclenchants et aggravants sont considérés dont l'importance relative varie d'une région à l'autre. On peut, d'une façon générale, considérer que le dépérissement des chênes-lièges et chênes-verts résulte de multiples interactions (DGRF, 2006).

Les facteurs prédisposants : 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'accroit. Ces facteurs opèrent d'une manière continue sans interruption pendant de longues périodes et qui entrainent l'affaiblissement graduel des arbres sans pour autant provoquer l'apparition de symptômes. Parmi les principaux facteurs prédisposants, nous citerons les facteurs édaphiques, climatiques et sylvicoles. (Maugard, 1992 ; Sousa, 2005),

Les facteurs édaphiques**:** le chêne liège apprécie les sols dépourvus de carbonate de calcium, acides, présentant peu de contraintes pour la pénétration des racines, suffisamment drainés et avec un horizon organique bien préservé.

Les conséquences de la dégradation du sol sur la subéraie sont une diminution de la production et une baisse de la qualité du liège ainsi qu'une limitation de régénération de ces

peuplements, une réduction de la biodiversité et une augmentation des risques phytopathogènes (DGRF, 2006).

Les facteurs climatiques sont des facteurs écologiques le plus souvent impliqués à travers le monde dans la déstabilisation des écosystèmes forestiers et le déclenchement des phénomènes de dégradation de leur état sanitaire. Les précipitations qui jouent un rôle primordial dans l'alimentation hydrique des arbres (Bouhraoua, 2003). Ce phénomène entraine des changements de la couverture et de la structure végétale. C'est pourquoi les projections actuelles prévoient une probable réduction ou déplacement de l'aire naturelle des chênes (DGRF, 2006).

Les facteurs sylvicoles sont l'âge, le surpâturage, la densité et la concurrence avec d'autres essences. L'âge des arbres «le vieillissement» entraine 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, entraine 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 (Ruiu, 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. 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 accroit 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 conduit à l'affaiblissement progressive des arbres et finissent souvent par disparaitre à la suite des périodes de sécheresse. La concurrence dans nos sites d'étude est nulle puisque le chêne-liège est dominant.

Les facteurs déclenchants: Ce sont des facteurs défavorables qui agissent en peu de temps sur la physiologie des arbres et interviennent indépendamment de leur état de santé apparent et créent ainsi des conditions favorables à l'action des facteurs d'accélération (tel que les attaques de certaines espèces de champignons ou d'insectes). Ils sont de nature abiotiques et biotiques. Parmi les facteurs biotiques on cite la sécheresse ou le stress hydrique qui fragilise les peuplements forestiers, il se manifeste, soit par un changement de la distribution de l'eau au cours des saisons pour une même quantité de précipitation annuelle, soit par une diminution du volume annuel de celui-ci.

Dans notre région d'étude, 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 pluviomètrie moyenne annuelle enregistrée entre 1986 et 1992 n'a été que de 672,4 mm, pour la période comprise entre 1986-2006, les moyennes mensuelles ont chutées pour atteindre 61,44 mm seulement, soit un déficit de 848,56 mm, 706,86 mm et 610 mm respectivement par rapport aux trois périodes précédentes (1913- 1935, 1950-1988, 1986- 1992).

Selon Bouhraoua (2003), les pluviométries annuelles fortement déficitaires qui ont été enregistrées dans le passé parfois sur de longues périodes sont à l'origine de actuelle perte de vigueur des arbres. La cause première de l'affaiblissement des peuplements de M'Sila (subéraie Oranaise du littoral) semble être liée à la succession de cycles d'années sèches, notamment à partir des années 60. Au Maroc, les sécheresses qui se sont produites à partir des années 1975 ont causées l'échec de nombreux périmètres de reboisement et la mortalité d'un grand nombre d'arbres plantés et même de ceux des forêts naturelles.

On considère que le déficit pluviométrique n'a d'incidence significative sur la croissance et l'état de vigueur des arbres que lorsqu'il survient au cours de leur saison végétative. La période pendant laquelle le chêne-liège est particulièrement sensible à ce déficit est comprise entre le mois de mars et mai voire juin qui coïncide avec la feuillaison, l'élongation des feuilles, la floraison et la fructification (Delatour, 1983).

En général le chêne-liège résiste assez bien à la sécheresse, mais lorsque les conditions stationnelles et sylvicoles sont défavorables (exposition à des vents excessifs et à un fort ensoleillement, terrains superficiels et peu perméables, peuplement serrés, sol appauvri par les activités agricoles, élimination totale du sous-bois, pâturage excessif), il est plus facilement exposé à un stress hydrique. Les arbres soumis à de telles conditions sont rabougris et sont le

plus souvent attaqués par des insectes et des champignons. Ceux-ci sont à l'origine de défoliations souvent totales qui conduisent à de graves déséquilibres physiologiques (Sechi *et al.*, 2002).

Les incendies sont considérés comme un facteur déclenchant, il s'agit bien d'un facteur de dépérissement important qui provoque l'affaiblissement physiologique de l'arbre, dont les plus graves ont coïncidés avec les années de sécheresse où le stress hydrique était particulièrement fort. Au niveau européen, les grands incendies de l'été 2003 ont parcouru au Portugal, en Espagne, en Italie et en France plus de 865 000 ha, dont 7% (soit 59 000 ha) de subéraie (Peyre, 2004). En Tunisie le risque d'incendie est lié aux conditions climatiques qui est habituellement plus grand durant les mois de Mai à Octobre (Benjamâa & Abdel Moula, 2004).

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 considérables 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 entraine 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 Zarieffet (Tlemcen) (Bouhraoua,2003)

Les facteurs aggravants : ce sont des facteurs qui agissent sur des arbres profondément stressés dont l'action engendre le plus souvent la mort des arbres. Ces facteurs sont

essentiellement d'origine biotique (Xylophages secondaires, pathogène de faiblesse) mais aussi anthropique (Bouhraou, 2003).

L'installation d'un cortège de xylophages dans les arbres du chêne-liège peut soit affaiblir davantage 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 de l'Algérie, qui est considéré comme le premier responsable de la mort d'une cinquantaine d'arbres constaté entre 1999 et 2002, et même avant (Bouhraoua, 2003). Il semble que ce xylophage n'a pas une activité majeure dans les subéraies de l'Est Algérien et de la Tunisie (Benjamâa *et al*, 2007). D'autres xylophages comme *Lichenophanes numidia, Acmaeodera deggener, Stromatium fulvum,* et *Leptura oblongomaculata*, agissent plus sur l'altération de l'écorce donc du liège que sur la santé des arbres.

A l'Est de l'Algérie au niveau des 3 sites d'étude on enregistre une forte présence d'insectes xylophages qui atteint presque tous les arbres des sites. En 2006 dans le site de Sanaoubari on a remarqué que la mortalité de quelques arbres (8% de l'effectif) est liée aux xylophages associés au niveau du tronc à un champignon, non identifié. Par contre certains arbres morts du site Sanaoubari et Brabtia sont attaqués seulement par des insectes xylophages dont les trous sont de dimension variable.

Il demeure cependant quasiment impossible d'identifier des situations de déclin dues uniquement aux agents biotiques, car la plupart des cas correspondant à des modèles phytosanitaires complexes. De plus, il est clairement établi qu'un seul agent biotique ne peut être responsable du dépérissement du chêne liège. Au Portugal, par exemple les attaques de défoliateurs tels que *Lymantria dispar* (L.), *Euproctis chrysorrhoea* L. et *Tortrix viridana* L., qui étaient très importantes au cours de la période 1940-1960, ont été graduellement remplacées par celles de coléoptères *Platypus cylindrus* F. et *Coroebus undatus* (F) (Sousa, 2005). 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 majorité des arbres échantillons des trois sites étudiés présente un liège de bonne qualité, mais ce dernier devient médiocre d'une année à l'autre sur quelques arbres. Ainsi la

déhiscence du liège est en nette progression pour le site El-Mellah, Brabtia et touche tous les arbres du site Sanaoubari.

A Sanaoubari et Brabtia presque la moitié des arbres présentent des crevasses, 30% au niveau d'El-Mellah. Les arbres qui présentent des crevasses constituent des abris favorables à de 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). Si l'arbre est crevassé et qu'il a toujours des feuilles vertes, cela signifie que la sève circule toujours dans son tronc. La sève circule sous l'écorce, dans la partie vivante de l'arbre. L'intérieur du tronc est en fait du bois mort : il est une sorte de squelette qui permet à l'arbre de tenir debout. Les arbres creux sont très fragiles, ils ne résistent pas longtemps aux tempêtes, Beaucoup d'oiseaux vivent à l'intérieur de ces arbres creux. A l'ouest Algérien (M'Sila) 21% des arbres possèdent un tronc crevassé.

Le Charbon de la mère «*Hypoxylon mediterraneum* » est le seul champignon d'altération signalé en Algérie à un niveau épidémique (Abbas *et al.* 1988). On signale aussi les attaques de *Armillaria* sp., *Phytophtora cambivora* (Petri) Buism., *P. cinnamoni* Rands, *Endothiela gyrosa* Sacc., *Botriosphaeria stevensii* Shoemaker- f. anomophe *Diplodia mutila* Fr. apud. Mont., *Corineum nodomium* (Tul.) Griff. & Maube et *Ophiostoma* spp. Ainsi les pathogènes de faiblesses qui affectent les arbres affaiblis à dépérissants ont souvent une incidence moins manifeste sur la vitalité des arbres car ils interviennent généralement en phase ultime de dégradation. Leur affection se termine toujours par la mort partielle au totale de l'arbre (Bouhraoua, 2003). Ces agents sont principalement représentés par *Hypoxylon mediterraneum,* ce champignon a été signalé à la forêt dominale de Beni Salah (commune de Bouchagouf) dont il a entrainé 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 observé 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 l'*Hypoxylon mediterraneum* est visible à travers la présence des suintements noirâtres qui sont à l'origine de ce champignon, l'écoulement de

cet exsudat est fluctuant durant les 3 années d'étude, il touche presque 50% des arbres du site El- Mellah et environ 20% Sanaoubari et Brabtia. Concernant l'écoulement d'origine divers, sa présence est faible pour les 3 sites. La croûte charbonneuse d'origine fongique est faible au niveau des arbres d'El-Mellah, moyenne pour Brabtia et touche plus que la moitié des arbres du site Sanaoubari

A l'ouest Algérien (Nesmouth) l'*Hypoxylon mediterraneum* est omniprésent sur une grande proportion d'arbres morts (environ 70 %) ou dépérissants. A M'sila, certains cas de mortalité (10% de l'effectif) de branches sont directement attribués à ce champignon (Bouhraoua, 2003)

L'action de l'homme, essentiellement la façon dont il pratique ces travaux d'exploitation du liège. Dans les 3 sites étudiés la circonférence des arbres écorcés est dans les normes, elle est de 66- 260 cm de circonférence à El-Mellah et l'exploitation du liège a été faite de 1 à 3 récoltes. A Sanaoubari la circonférence est de 70-200 cm avec une récolte de 1-3 et pour le site de Brabtia l'écorçage à été fait une seule fois pour une circonférence qui varie de 94- 250cm. Dans l'Ouest le liège a été levé de façon désordonnée et sans respect des normes, plus de 70-100 cm de circonférence ont été excessivement exploité et le nombre de récoltes a largement dépassé les normes recommandées. La hauteur d'écorçage ne doit pas dépasser 2,5 m (Boudy, 1950). Le coefficient d'écorçage est rarement appliqué et plus de 60% des arbres dans les subéraies de l'ouest ont été excessivement exploités (CD> 2,0).

Selon Ruiu (2004) les chênes de production les plus atteints par le dépérissement ont des coefficients de démasclage plus élevés. Pour les 3 sites d'étude la hauteur d'écorçage ne dépasse pas les normes recommandées, à Brabtia elle ne dépasse pas 2,5m, Sanaoubari 2 m et El-Mellah 1,9 et selon le coefficient d'écorçage calculé pour chaque site nous considérons que les consignes de la récolte sont respectées. Le démasclage (ou le déliègeage) mal réalisé, peut compromettre le développement ultérieurement de l'arbre. La récolte du liège est un stress pour l'arbre, qui peut occasionner des blessures plus au moins importantes et quelques fois irréversibles, ainsi l'ouverture crée par la hache est une entrée possible pour divers agents (Cantat et Piazzetta, 2000). A Sanaoubari et Brabtia les blessures dépassent le quart des arbres, par contre à El-Mellah elles sont minimes. En Algérie, l'exploitation du liège se fait actuellement de façon désordonnée, par morceaux ou planches, et exclusivement dans les endroits accessibles et le long des pistes (Zine, 1992). Au niveau du site El-Mellah le

déliègeage illicite est fréquent sur environ la moitié des arbres, ainsi pour le site de Sanaoubari et Brabtia il touche presque le quart des arbres.

Les relevés concernant 21 descripteurs liés directement à la morphologie, la physiologie et à l'exploitation de l'arbre montrent qu'ils sont corrélés moyennement cependant l'analyse statistique effectuée a permis de sélectionner un groupe de 8 descripteurs significativement corrélés et qui explique le plus l'état sanitaire de ces forêts. Ce groupe est constitué des crevasse-croûte charbonneuse, déliégeage illicite -blessure, xylophages-lichens-qualité du liège, nécrose-incendie-gourmant, écoulement divers, liège déhiscent- polypores-hypoxylons- armillaires, glandée, défoliation-décoloration. Ce groupe étant constitué de sous groupes formé de descripteurs fortement corrélés. Les relevés de la subéraie de Brabtia pour l'année 2006 se distinguent particulièrement cela serait dû à l'intervention pour des travaux sylvicoles des services des forêts. Nous avons éliminé le facteur sécheresse vu que la région est la plus arrosée d'Algérie (1200mm/an).

Les évaluations partielles qui prennent en considération un seul facteur associé au dépérissement ne sont pas susceptibles d'expliquer toute la complexité du phénomène. Par conséquent, la stratégie la plus valable est de considérer que le déclin du chêne-liège est un processus graduel faisant intervenir plusieurs facteurs, de façon séquentielle ou simultanée. Cette situation peut provoquer des perturbations dans l'équilibre dynamique de l'écosystème forestier qui induisent l'apparition de situations à risque. (Sousa, 2005).

L'affaiblissement indéniable des peuplements forestiers du bassin méditerranéen est lié à l'action et l'interaction de plusieurs facteurs biotiques qui entrainent directement ou indirectement, une diminution progressive de la vigueur des arbres ce phénomène entraine une réduction de leur capacité de défense, créant les conditions favorables à l'installation d'agents biotiques tels que les insectes xylophages et les champignons pathogènes.

Les glands du chêne-liège jouent un rôle capital dans la régénération de cette essence, cette régénération dépend fortement de la régularité et l'abondance des glandées, mais aussi de la taille (haute valeur énergétique) et de l'état phytosanitaire des glands. (Suzka et *al,* 1994; Merouani et *al,* 2001). Durant les 3 années d'étude, le calcul de l'indice d'abondance de la glandée pour les trois sites El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia montre que les arbres sont globalement inféconds traduisant une mauvaise année de production, malgré que la glandée

soit faible cet indice est en amélioration constante. A Tlemcen, les glandées abondantes sont très rarement observées, beaucoup d'arbres n'ont été féconds qu'une seule année sur plusieures années d'observation (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 mensurations morphométriques des glands montre que les glands sains du site Brabtia sont les plus grands et au niveau des glands troués, ce sont les glands du site El-Mellah qui sont les plus grands. Les glands récoltés pour chaque site ne présentent aucune corrélation entre la longueur et les diamètres ni avec le poids.

A l'Ouest algérien les glands ont des tailles très variables selon les arbres (qui peuvent appartenir à une même forêt). L'absence d'une corrélation nette entre la longueur et le diamètre (r‹ 0,50) souligne l'existence de plusieurs formes allant de la forme arrondie à la forme subcylindrique (Bouhraou, 2003).

En Algérie, les glands de chênes sont souvent attaqués par deux espèces de charançons *Curculio elephas* et *Curculio glandium*, et deux tordeuses *Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana* (Derbal, 2000). Les insectes évoluant à l'intérieur des glands du nord-est algérien dans la région d'El-Kala sont des Lépidoptères de la famille de Tortricidae (*Cydia fagiglandana et Cydia splendana*), et un coléoptère de la famille Curculionidae *Curculio sp*., des larves de Diptères, des Acariens; Astigmata et 2 espèces indéterminées et enfin la présence des galles de la famille des Cynipidé *Callirhytis glandium,* cette espèce n'a jamais été signalée en Algérie.

A l'ouest Algérien la majorité des insectes évoluant à l'intérieur des glands sont des Lèpidopères représentés par la famille des Tortricidae *Eudonia angustea* et *Euzophera sp*.,qui semblent nouvelles pour la faune d'Algérie, des coléoptères cléthrophages représentés par une seule espèce indéterminée du genre *Balaninus,* on signale aussi un autre papillon, *Pyralis farinalis* (la pyrale de la farine) (Bouhraoua, 2003), ainsi que les Diptères, Cecidomyidae et Scianidae, qui sont très abondants, ces insectes sont des mycéthophages, ils se nourrissant de divers champignons qui se développent sur les glands (Villemant, 1991b).

Les dégâts que les insectes des glands provoquent peuvent perturber et diminuer la régularité et l'abondance de la glandée, ils ont aussi des incidences directes sur la capacité germinative et par conséquent sur la régénération naturelle de l'essence. Nous avons montré

dans notre étude que le taux d'attaque enregistré entre 2005 et 2007 varient d'une année à l'autre et d'une forêt à l'autre. Ce sont les glands du sol qui sont les plus attaqués comparativement aux glands de l'arbre pour les 3 sites et ce sont les glands du site Sanaoubari qui présentent la plus forte attaque. La subéraie de Sanaoubari présente l'indice de glandée le plus faible, les plus petits glands et la plus forte attaque par les insectes.

Pour lutter contre ces insectes ravageurs et dans le but de préserver les glands du chêne-liège, nous avons testé l'efficacité de deux insecticides le premier est un agoniste non-stéroïdal, Halofénozide (RH-0345) et le deuxième appartient à la famille des néonicotinoïdes, (neurotoxique) c'est l'Imidaclopride (IMI), à notre connaissance aucune lutte contre les ravageurs des glands du chêne-liège n'a été initiée.

Nos résultats révèlent que le halofénozide (RH-0345) provoque une mortalité liée aux doses utilisées et au temps d'exposition. Les larves de *Cydia splendana*, et *Cydia fagiglandana*, trouvées à l'intérieur des glands après traitement sont devenues noires et dures leur exuviation est restée bloquée (inhibée), ce qui a provoqué la mort des larves. Il semble que *Curculio sp* soit moins sensible à cet insecticide.

Un résultat similaire a été signalé concernant *Lymantria dispar* dont le développement nymphal est bloqué, les individus mi larve mi chrysalide sont de couleur noire avec une consistance dure du corps et partiellement exuvié (Touati, 2006). Par ailleurs, le traitement des larves de *Leptinotarsa decemlineata* par le RH-0345, le RH-5849, le RH-5992; provoque des mues prématurées suivie d'une inhibition de l'exuviation (Smaggh et *al*, 1999c). L'application de cet insecticide chez les blattes, montre que ces molécules affectent la reproduction, le profil hydrocarbure cuticulaires et les activités enzymatiques chez *Blattella germanica* (Rouibi, 2002; Maiza et *al*, 2004; Morakchi et *al*, 2005).

Chez les stades larvaires du *Culex pipiens*, la mortalité est importante après traitement par le RH-0345 jusqu'à l'émergence des adultes, le traitement avec une forte concentration a également réduit significativement la durée des stades larvaires et nymphal ainsi que l'épaisseur de la cuticule (Boudjelida et *al*, 2005).

Les mimétiques ou agoniste de l'hormone de mue sont représentés par le RH- 5849 (dibenzoylhydrazine), le RH-5992 (tebufenozide), le RH-0345 (halofénozide) et plus récemment le RH-2485 (métoxyfenozide) (Dhadialla *et al*, 2005). Ces composés miment

l'action de la 20E en se fixant aux récepteurs nucléaires spécifiques des écdystéroides par compétition avec les écdystéroides naturels en perturbant de ce fait la régulation hormonale, le développement et la reproduction de divers ordres d'insecte (Soltani et *al.,* 2002; Taibi et *al.,* 2003; Amrani et al, 2004; Maiza et *al.,* 2004; Boudjelida et *al.,* 2005; Dhadialla et *al.,*2005; Aribi et *al.,* 2006).

L'Imidaclopride est un neonicotinoide qui agit comme un inhibiteur compétitif du récepteur nicotinique de l'acétylcholine (nAChRs) du système nerveux. Il bloque efficacement les signaux qui sont excités par acétylcholine au niveau de la membrane postale-synaptique, aboutissant à l'inhibition de la fonction nerveuse. L'acétylcholine est le neurotransmetteur excitateur majeur dans le système nerveux central des insectes (Zafeiridou et Theophilidis, 2005).

Nous avons montré qu'il existe un effet insecticide du traitement par l'Imidaclopride quelque soit le temps d'exposition et la dose utilisée pour *Cydia splendana*, et une faible mortalité sur *Curculio sp.*

L'imidaclopride a montré une réelle efficacité contre les insectes suceurs et les criquets, il agit sur les récepteurs du neurone. (Seifert *et* Stollberg, 2004). Administré par voie topique contre la blatte américaine *Periplaneta americana* il a montré un effet hautement insecticide après 24h. (Ohno et *al*., 2007). Contre les charançons *Rhynochophorus furruginues* il agit par contact et par ingestion et a montré une grande toxicité contre tous les stades larvaires, la mortalité augmente avec le temps de l'exposition et la dose (Kaakeh, 2006). Associés à d'autres molécules, l'Imidaclopride s'avère encore plus efficace puisqu'il agit par synergie. Associé à un autre neonicotinoide, le thamethoxam pour une lutte à plein champs contre un Coléoptère qui s'attaque au maïs Heteronychus, il a montré de bons résultats (Drinkwater, 2002), Imidaclopride peut aussi être associée à des biopesticides tel que *Metarhyzium anisopliae* champignon entomopathogène contre Cyrtominus (Cydinidae). Cette formulation est efficace contre tous les stades larvaires, on enregistre plus de 80 % de mortalité au niveau du stade nymphal après 25 jours (Jaramillo et *al,* 2005). Par contre utilisé contre les œufs *Vitripennis homalodisca,* il n'a pas montré aucune activité oocide. C'est sur les nymphes qu'on enregistre une forte mortalité (Byrne et Toscano, 2007).

Notre étude a mis en évidence un effet différé du traitement, qui se traduit sur le pouvoir germinatif des glands, puisqu'on a observé des glands attaqués et traités par

l'Imidaclopride présentant un taux de germination qui dépasse celui du témoin. Ce sont les glands traités à faible dose qui présentent le meilleur taux de germination. Malgré que l'imidaclopride ait provoqué une faible mortalité contre les insectes des glands, mais son effet a été visible sur la germination.

Le processus de la germination des glands de chêne-liège est un phénomène physiologique complexe faisant intervenir l'intégrité physiologique mais surtout morphologique des glands, l'attaque d'insectes intervient pour perturber cette intégrité en modifiant la morphologie des glands (consommation de l'endosperme) ; mais aussi en exerçant un stress permanent sur les glands ; les capacités physiologiques s'en trouvent diminuées et se traduisent par un effet négatif sur le pouvoir germinatif. (Marouani et al, 2005).

Les glands attaqués par les insectes présentent des changements dans leur état physiologique, on enregistre une diminution du poids frais accompagné d'une augmentation du taux d'humidité des glands (Branco *et al.,* 2002). La consommation de l'endosperme par les insectes induit probablement une diminution de la pression physique sur le germe et se traduit par une diminution de la vitesse de germination exprimée par le temps moyen de germination (T.M.G) (Montaya & Iranzo, 1997 ; Soria *et al*, 1997 ; Branco *et al*, 2002).

Le poids des glands infestés par les insectes est réduit de 60%. Les larves ne se nourrissent que rarement de l'embryon, si bien que les glands attaqués peuvent germés. Cependant les réserves dans la graine sont réduites et parfois contaminées par des champignons, rendant le jeune plant moins viable avec un potentiel de croissance réduit (Duarte Mil-Homens, 2003)

La germination des glands traités par le RH-0345 a dépassée celle du témoin et de l'imidaclopride. Les glands attaqués et traités par de fortes doses présentent le meilleur taux de germination. Le RH-0345 provoque une inhibition de l'alimentation et précocement un développement incomplet causant ainsi une mortalité larvaire (Dhadialla et *al*., 1998), ce qui induit probablement un effet positif sur le pouvoir germinatif.

Selon, Merouani, 2005, le taux de germination des glands attaqués est très faible du fait des dommages causés aux glands par les insectes déprédateurs puisque plus de 80% des glands attaqués restent métaboliquement inactifs.

CONCLUSION

Les résultats obtenus à travers nos relevés et observations durant les années, 2005, 2006 et 2007 au niveau des 3 subéraies du Parc National d'El-kala, nous ont permis de cerner l'état sanitaire des forêts de la région. Nous avons mis en évidence un état sanitaire en dépérissement assez grave à travers l'évolution de l'indice de dépérissement pour chaque site, qui se manifeste par le passage des arbres d'une classe de défoliation à une autre. L'affaiblissement du chêne-liège enregistré est en progression dans les trois subéraies qui se traduit par la production de feuilles chétives souvent attaquées par des défoliateurs. Le déficit foliaire observé peut être la conséquence de plusieurs conditions défavorables cumulées durant plusieurs années, qui peuvent être les facteurs biotiques ou abiotiques ou les deux à la fois.

Au niveau du tronc on enregistre une forte présence d'insectes xylophages qui atteint presque tous les arbres échantillon des trois sites. Cet état peut être lié aux conditions climatiques de la région, l'absence totale de la sylviculture qui peut favoriser l'installation d'insectes xylophages, des maladies d'origine fongique se manifestent à travers les suintements noirâtres et les croûtes charbonneuses.

Le calcul statistique effectué afin de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre les 21 descripteurs qui forment les différents relevés montre qu'il ya une corrélation. Cependant, un groupe de 8 variables formés de crevasse-croûte charbonneuse, déliégeage illicite -blessure, xylophages-lichens-qualité du liège, nécrose-incendie-gourmant, écoulement divers, liège déhiscent- polypores-hypoxylons- armillaires, glandée, défoliation-décoloration semble significativement corrélé.

A travers ces résultats, on peut dire que le couple défoliation décoloration reste un bon descripteur de l'état général de la forêt, les xylophages et l'état de la glandée semblent être impliqués dans cette dégradation qui peut soit affaiblir l'arbre soit accélérer sa mort.

Concernant les glands, durant les trois années d'étude l'indice d'abondance de la glandée calculé pour les trois sites El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia montre que les arbres sont globalement inféconds traduisant une mauvaise production. Les mensurations

morphométriques des glands montrent que les glands sains du site Brabtia sont les plus grands et au niveau des glands troués, ce sont les glands du site El-Mellah qui sont les plus grands et selon les observations faites au laboratoire les glands récoltés au sol sont plus attaqués par les insectes que les glands récoltés des arbres. Cette attaque des glands par les insectes perturbe et diminue la régularité et l'abondance de la glandée, elle a aussi des incidences directes sur la capacité germinative et par conséquent sur la régénération naturelle de l'essence.

Pour lutter contre ces insectes ravageurs et préserver les glands du chêne-liège, nous avons montré un effet insecticide du Halofénozide (RH-0345), un mimétique de l'hormone de mue (la 20 hydroxyecdusone), ainsi que de l'imidaclopride. Nous avons observé pour le RH-0345 que les larves de *Cydia splendana* (Lépidoptère) sont plus sensibles au traitement que les larves de *Curculio sp* (Coléoptère). Par contre pour l'imidaclopride presque aucune mortalité n'a été signalée pour *Curculio sp.* A la fin de nos observations, on remarque que le RH-0345 a un effet insecticide plus significatif que l'imidaclopride.

Nous avons montré aussi que l'effet du traitement se traduit sur la germination puisqu'on a observé des glands attaqués et traités par l'Imidaclopride présentant un taux de germination qui dépasse celui du témoin et ce sont les glands traités à faible dose qui présentent le meilleur taux de germination. Concernant l'effet différé du RH-0345, la germination a dépassée celle du témoin et de l'imidaclopride. Les glands attaqués et traités par de fortes doses présentent le meilleur taux de germination.

RESUME

La présente étude, vise à évaluer l'état phytosanitaire des subéraies d'El-Kala, Pour cela, nous avons mis en place, à partir de 2005, un réseau de surveillance permanant constitué de trois stations d'observation (El-Mellah, Sanaoubari et Brabtia), qui permet d'étudier les différents facteurs du dépérissement du chêne-liège. Nous avons effectué des relevés dendrométriques et d'exploitations. Ces observations ont surtout concerné l'évaluation de l'état sanitaire du peuplement de chêne-liège à travers l'examen du houppier, du tronc, des branches, des feuilles, des rameaux et des fruits (glands). La vigueur des peuplements a été appréciée par le biais de la défoliation et la décoloration. Outre ces deux indicateurs, on a calculé également l'indice de dépérissement (ID) qui exprime d'une façon directe l'état général du peuplement. Les observations des années 2005, 2006 et 2007 montrent que sur les 3 sites étudiés, les arbres sont attaqués par le cortège des xylophages et la flore lichénologique, sur les troncs nous avons observé des suintements noirâtres, une croûte charbonneuse, la présence des crevasses et une importante surface de liège déhiscent. Nous avons noté une forte défoliation accompagnée d'une coloration anomale (vert clair). Les indices de dépérissement calculés sont en progression pour les trois sites d'étude (El Mellah, Brabtia et Sanaoubari) indiquant un dépérissement assez grave. Nous avons aussi étudié les feuilles saines et les feuilles endommagées, où nous avons remarqué une diminution de la surface foliaire des feuilles saines pour chaque année, et les feuilles attaqués ont une surface foliaire petite. Concernant les fruits, les glands du sol sont les plus attaqués par les insectes. Pour lutter contre les insectes des glands (*cydia fagiglandana, cydia splondana, Curculio sp*), nous avons utilisé le halofénozide RH-0345**,** qui perturbe le processus normal de la mue ainsi l'imidaclopride qui perturbe le système nerveux des insectes. Nous avons traités les glands par pulvérisation en utilisant 5 doses (25, 50, 100,150 et 200 mg/l). Nous avons déterminé les différents taux de mortalité qu'on a enregistré, ces taux ne sont pas liés aux doses utilisées ni au temps d'exposition, l'effet du RH-0345 est plus significatif que l'imidaclopride. Les glands attaqués et traités mis à germer ont montré un fort taux de germination pour les deux insecticides comparativement au témoin, les glands traités par le RH-0345 ont germés plus que celui de l'imidaclopride.

Mots clés : Subéraie, dépérissement, El-Kala. Insectes des glands, Halofénozide, Imidaclopride, germination.

ABSTRACT

The present survey, aim to value the state phytosanitaire of the cork oak forest of El-Kala (El-Mellah, Sanaoubari and Brabtia), For it, us put in place, from 2005, a network of surveillance constituted permanant of three stations of observations, that permits to study the different factors of the fading of the cork oak. We did some dendrometric and exploitation summaries. These observations especially concerned the assessment of the sanitary state of the cork oak population through the exam of the summit, of the trunk, of the branches, the leaves, the branches and the fruits (acorns). The vigor of the populations has been appreciated by the slant of the defoliation and the fading. Besides these two indicators, one also calculated the indication of fading (ID) that expresses a direct way the general state of the population. The observations of the years 2005, 2006 and 2007 show that on the 3 studied sites, the trees are attacked by the cortege of the xylophages and lichenologic flora, on the trunks we observed the blackish oozing, a crust, the presence of the crevasses and an important surface of cork dehiscent. We noted a strong defoliation accompanied by an anomalous coloration (green clear). The indications of calculated fading are in progression is of 1,96 indicating a site in beginning of fading for the site El-Mellah, whereas the sites of Brabtia and Sanaoubaris present a serious enough fading with indications of 2,45 and 2,33. Concerning the fruits, to fight against the bugs of the acorns (*cydia fagiglandana*, *cydia splondana*, *Curculio sp*), we used the RH-0345 halofénozide, an insecticide of new generation, agoniste of the ecdystéroïdes that disrupts the normal process of the molt so the imidaclopride that disrupts the nervous system of the bugs. We treated the acorns by pulverization while using 5 doses (25, 50, 100,150 and 200 mg / l), the studied variable is the number of dead individuals for every devastating species of the acorns, of which the effect of the RH-0345 is more meaningful than the imidaclopride Us determined the different death rates that one recorded are not according to the doses nor used in the time of exhibition. The acorns attacked and treaties put to germinate showed a strong rate of germination for the two insecticides comparing to the witness, the acorns treated by the RH-0345 one germinated more that the one of the imidaclopride. The statistical analysis shows that the xylophages and the state of the acorns seem to be implied in the deterioration of the cork oak forest as well as other factors abiotique that 'one didn't yet identify.

Key words: cork oak forest, fading, El-Kala. Bugs of the acorns, Halofenozide, Imidaclopride, germination.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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.

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. 50p

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

Amrani L., Zerguine, K., Farine J. P., Smagghe G., Soltani- Mazouni N, 2004- Imidazole derivative KK 42 reduces ecdysteroids titers and reproduction in adult female of *Tenebrio molitor*.Pest. Biochem. Physiol. 80 : 163-172.

Andersson, C, 1992- The effect of weevil and fungal attacks on the germination of *Quercus robur* acorns. For. Ecol. Manage. 50: 247-251.

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

Aribi N., Smagghe G., Lakbar C., Soltani-Mazouni N., Soltani N, 2005- Effects of pyriproxyfen, a juvinle hormone analogu on development of mealworm, *Tenebrio molitor. Pest. Biochem. Physiol., (In press).*

ASMRFC, 1998- Actes du Séminére Méditerranéen sur la Régénération des forêts de chêne-liège, Tabarka 22-24 Octobre 1996, Annales de l'INRGREF, N° spécial, 259p.

Bakry M & Abourouh M, 1995- Dépérissement du chêne-liège au Maroc : Etats des connaissances et perspectives.- IOBC/wprs Bull. 18 (6) : 50-56.

Bakry M et Abourouh M, 1996 a- Nouvelles données sur le dépérissement du chêne-liège (Quercus suber L.) au Maroc. Ann. Rech. For. Maroc, 29: 24. 39.

Bakry M ., Abourouch M et Satrani B, 1999- Réaction de différentes provenances de chêne-liège à l'action pathogène de *Diplodia mutila*. Integrated Protection in Oak Forests, IOBC *wprs* Bull., 22 (3) : 19-24.

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.

Benabid A, 1989- Ecologie, conservation et restauration des subéraies. C.R. session de formation continue sur le liège, juin 1989. Doc. E.N.F.I., Salé, 1-16.

Benjamâa M. L., Sousa E., M'Nara S. & Selmi H, 2007- Détermination des attaques et la bio-écologie de *platypus cylindrus* F. (Col., Platypodidae) dans les subéraies tunisiennes et portugaises (sous press).

Benjamâa M. & Hasnaoui B, 1996- le dépérissement du chêne-liège *(Quercus suber* L.*)* en Tunisie.- Ann. Rech For. Maroc, numéro spécial : 1-10.

Benjamâa M & Abdel Moula K, 2004 - Les feux de forêts dans la subéraie tunisienne. Vivexpo : «*Le chêne-liège face au feu*». 1-11p.

Benslama M, 1993- Contribution à l'étude de la couverture écopédologique et de le matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (Bassin versant du lac Tonga). Thèse. Mag. Agro. I. N. A.

Bensalama M, 1999- Analyse pollinique des sédiments tourbeux, Bourdim (al 12m), Gavaat El ouez (45m) du complexe humide d'El-kala N-E Algérie IV symposium international de polynologie Africaine- Sousse Tunisie : 15-30 Avril 1999.

Benyacoub, S 1993- Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de le région d'El-Kala (Nord-Est Algérien).thèse de Bourgogne, Dijon.

Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Chalabi B., Haou F., 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.

Boudjelida H., Bouaziz A., Soin T., Smagghe G., & Soltani N, 2005- Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. These de doctorat. Univ. Annaba

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.

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

Branco M., Branco C., Merouani H. & Almeida M.H, 2002- Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber.* Forest Ecology and Management 166: 159-164 p.

Byrne F.J et Toscano N.C, 2007: Lethal toxicity of systemic residues of imidacloprid against Homalodisca vitripennis (Homoptera: Cicadellidae) eggs and its parasitoid Gonatocerus ashmeadi (Hymenoptera: Mymaridae). Biological Control 43 (2007) 130–135.

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

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 zoneshumides algériennes pour la protection de l'avifaune, cas du lac tonga, Parc national d'El-Kala. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach.

Chararas C, 1980- Etude écophysiologique des scolytidae parasites des conifères. I : les Scolytidas spécifiques de *Cedrus atlantica*.- Ann. Rech. Forest. Maroc, 20 : 207-266.

C.T.B.A, 2000- Insectes et champignons du bois. 2ème édition, Paris, 116p

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.

Derbal R, 2000- Contribution à l'étude des insectes des glands les yeuseraies de la région de Ras-El-Oued (Bordj Bou Arréridj). Min. Ing. Nat. Agro., El-Arrach. 64 p.

Dessain G, 1992- Historique de l'utilisation de liège. acte de colloque « les subéraies méditerranéennes »**,** Vives 1992 : 35-39.

D.G.F, 1999- Statistiques des produits forestiers de 1963 à 1998. Min. Agri. , Alger, 1 p.

D.G.F, 2002- Rapport sur le dépérissement du chêne-liège. Conservation des forets de Guelma. 1-4 p**.**

DGRF, 2006- Vitalité des peuplements de chênes- liège et chênes verts: Situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre. Actes du colloque en Portugal *«Association international forets Méditerraneennes*». P6.

Dhadialla T.S., Carlson G.R., & L.E.D.P, 1998- New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity, Annu. Rev. Entomol. 43, 545.

Dhadaialla T S., Retnakaran A., Smagghe G.,2005- Insect growt- and development-disturbing insecticides; in Gilbert L- I., Latrouk., Gill S. K. (eds), *Compréhensive molecular insect science*, Elsevier, Oxford, Vol: 6 pp. 55- 116.

Drinkwater T. W, 2003- Bioassays to compare the systemic activity of three neonicotinoids for control of Heteronychus arator Fabricius (Coleoptera:Scarabaeidae) in maize. Crop Protection 22 (2003) 989–993 p.

D. S .F, 1991 a -Réseaux de surveillance de l'état sanitaire des forêts (Réseau CEE et réseau bleu) : protocole pour les observations D. E. R. F, Min. Agri. For, 27p

D. S. F., 1991 b- Le dépérissement du chêne-liège (Quercus suber L). Information santé des forêts, 7, Janvier 1991, 3p.

Dziri H, 2003- Les chiroptères de la région d'El-Kala : Biologie des peuplements et sélection de l'habitat. Mémoire Magister. Univ 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, 1971- Travaux de Botanique et d'Ecologie. Masson et Compagnie, Paris.

Emberger L, 1955- Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Geo. Zool;* Fac. Sci. Univ. Montpellier, Fasc. 1 – 43p.

Franceschini A; Marras F; Sechi C. 1993- Funghi segnalati sulla quercia da sughero (Quercus suber L.)- collana Biologica n°3, Sassari, Italy.

Fraval A, 1991- Contribution à la connaissance des rytmes de floraison du chêne-liège en forêt de Mamora. Ann. Rech. For. Maroc, 25 : 102-118.

Fukumoto H. & Kjimura H, 2000- Effects of insect predation on hypocotyl survival and germination success of mature *Quercus variabilis* acorns. J. For. Res. 5 : 31-34.

G.G.A, 1927- Instruction sur les travaux d'exploitation dans les forêts de chêne-liège. Imp. V^{ve} D. Braham, Constantine, 98p.

Goumand B. & Peyre S, 1992- Le liège dans les Pyrénées Orientales. Acte du colloque « les Subéraies méditerranéennes, Vives 1992 : 40-45.

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.

Houston DR, 1992- Host-stress-saprogen model for forest dieback-decline diseases. In: Manion P, Lachance D, éds. *Forest decline concepts.* Minnesita : PDS Press: 3-25.

Horwitz A.R. & Ishaaya I, 1996- Chemical control of *Bemisia tabaci* management and application In: GERLING G., MAYER R.T. (eds) Bemisia, 1995: Taxonomy, Biology, domage control and management. Pp. 537-556. Intercept., Andover.

Jaramillo J., Borgemeister C., Ebssa L., Gaigl A, Tobón R., G Zimmermann, 2005- Effect of combined applications of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) strain CIAT 224 and different dosages of imidacloprid on the subterranean burrower bug *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae). Biological Control 34 (2005) 12–20

Kaakeh w, 2006- Toxicity of imidacloprid to developmental stages of Rhynchophorusferrugineus (Curculionidae: Coleoptera): Laboratory and field tests. Crop Protection 25 (2006) 432–439

Khalla A, 2006- Etudes des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-Est Algérien): cas de la subéraie de Sanoubari. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba

Kherris T, 2002- L'état de la subéraie Algérienne. INRF. Jijel. 1p.

Lamey A, 1983- *Chêne-liège : sa culture et son exploitation.* Levrault 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 interministeriel de forpa. La santé des forêts(France) en 1988, Min. Agri. For. (DERF), Pari;13-51 p.

Lohele, 1988 ; in Sousa E.M.R, 1996- Contribution à l'étude de la biologie de population de Platypus cylindrus (Cleoptera, Platypodidae) dans les peuplements de chêne-liège au Portugal.- Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, 163p.

Lopes F, 1996- O sobreiro e a cortiça. - Revista Florestal 9: 2.

Lorimeer C. G., Chapman J. W., Lambert W. D, 1994- Tall understorey vegetation as a factor in the poor development of oak seedlings beneath mature stands.-J.Ecol. 8: p 227-237.

Maiza A., Kilani S., Farine J.-P., Smagghe G., Aribi N., Soltani N, 2004- Roproductive effects in *German cockroaches* by ecdysteroid agonist (RH- 0345), juvinile hormone analog (méthoprène and carbamate benfuracarb. *Comm. Appl. Biol. Ghent University*.69/3. P 257.

Maugard F, 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.

Marc M, 1916- Notes sur les forêts de l'Algérie. Typographie, Adolphe Memoire de magister. Univ Annaba. 148 p.

Merouani H., Branco C., Almeida M.H., João S., Pireira J.S, 2001 : Comportement physiologique des glands de chêne-liège (*Quercus suber L*) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs. Ann. For. Sci. 58 (2001) 143–153. INRA, EDP Sciences.

Merouani H., Trubat R., Lourenço M.J., Sampaio T., Santos M.L., Cortina J., Perira J.S. & Almeida M.H. 2005: Le développement de champignons, un facteur limitant la conservation à long terme des glands de chêne-liège (Quercus suber L.). IOBC/ Bull. 28(8) : 129-136 p.

Messaoudene M, 2000- Réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège ; 32p.

Merabet F, 2006- Etudes des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-Est Algérien): cas de la subéraie de Brabtia. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.

Metro A, 1958- *Forêts. Atlas du Maroc*. Institut Scientifique Chérifien, Rabat, 157p.

Moali A, 1998 in 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.

Moneville, 1944 in Harrieche O, 2004- Impact du Cadimium et l'intéraction Cadimium-Calcium sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durm* Dest.,Variété Vitron). Effet sur le respiration des racines. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.

Montaya J.A.M., Iranzo F.T, 1997- Effecto del ataque de Balaninus eleph*as Gyll (Coleoptera : Curculionidae) Sobre la germinacacion y peso de la bellota de Quercus ilex* L. 6ª Jornadas Cientificas. Socedad Española de Entomología Aplicada Lleila, p. 148. 164.

Morackchi S., Maiza A., Farine J.- P., Aribi N., Soltani N, 2005- Effects of a neonicotinoid insecticide (acetamipride) on acetylchloinesterase activity and cuticular hydrocarbons profil in german cockroache. C omm. Appl. Biol. University,70/4.

Mugnossa G., Scarascia Oswald H., Piussi P. & Radaglou K, 2000- Forests of the Mediterranean region: Gaps in Knowledge and research needs.- For. Ecol. Manag. 132: p 97-109.

Munoz lôpèz M.C., Cobos Suarez P., Martinez Saavedra G., Soldivilla Puga C., Diaz Lliorente M, 1996- Micoflora y patologia del alcornoque(Quercus suber.L).M .A.P.A ; Madrid, 328 pp.

Naggar M, 1999- L'aménagement sylvo-pastoral: un outil pour un développement durable des ressources forestières IOBC/wprs Bull. 22 (3): 181p.

Natividade J.V, 1956- Subericulture. ED Française de l'ouvrage Portugais subériculture E.N.E.F. (Nancy), 303p.

Oberlander H., Silhacek D. & Porcheron P, 1995- Non steroïdal ecdysteroïdagonists : tools for study of hormonal action. Arch. Insect Biochem. Physiol. 28, 209-23.

Ohno I., Hirata K., Ishida C., Ihara M., Matsudab K & Kagabua S, 2007- Proinsecticide candidates N-(5-methyl-2-oxo-1, 3-dioxol-4-yl)methyl derivatives of imidacloprid and 1-chlorothiazolylmethyl-2-nitroimino-imidazolidine 4500P. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 17 (2007):p 4500–4503.

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, 87 p.

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.

Orts J.F. & Vallauri D, 2006- La seconde vie d'un bouchon de liège: Panorama mondial des initiatives de collecte et recyclage: 2 p.

Piazzetta R, 2005- La levée du liège, Guide technique et de vulgarisation. Institut Méditerranéen du liège.23p.

Peyre R, 2004- Le chêne-liège des Pyrénées-Orientales face au feu. 1-6 p.

Quezel P. 2000- Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117p.

Rouibi A., 2002- Evaluation d'un mimétique des ecdystéroides (RH-0345) sur *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattelidae): Aspect morphomètriques et biochimiques. Thèse de magister en physiologie animale. Université d'Annaba. Algérie ; 80p.

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 la subéraie d'El –Mellah. Mémoire d'Ingénieur à l'Université d'Annaba.

Sechi C ; Ruiu P.A ; Franceshini A, Corda P, 2002: Nouvelles recherchessur l'extension des phènomènes de dépérissement dans les subéraies de Sardaigne. IOBC/ Bull. 25(5): 2-15 p.

Seifert J. & Stollberg J, 2005- Antagonism of a neonicotinoid insecticide imidacloprid at

neuromuscular receptors. Environmental Toxicology and Pharmacology 20 (2005) 18–21Spaic I., 1986. On the control of the Gypsy moth in Yougoslavia. Experiences and outlook? Proc. I.U.F.R.O. Congr. (Lublijana), 2(2), 765-776.

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

Smagghe G, 1995- Nonsteroidal ecdysteroid agonists: biological activity insect specificity.PHD thesis, Univ Ghent, Belgium, 119 pp.

Smagghe G., Nakagawa Y., Carton B., Mourad A.-K., Fujita T, 1999- Comparative ecdysteroid action of ring- substituted dibenzoylhdrazines in *Spodoptera exigua*. Arch. Insect Biochem. Physiol. 41: 42-53.

Soltani-Mazouni N., Delachambre J & Soltani N, 1993- Biological activity of Flucycloxuron, a novel benzoylphenyl urea derivative on *Tenebrio molitor* : comparaison with diflubenzuron. Experienta. 49 (12): 1088-1091.

Soltani- Mazouni N., Taïbi F, Berghiche H., Smagghe G. & Soltani N, 2002- RH-0345 restored partly the effects induced by KK-42 on reproduction events in mealworm. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 66/20.

Soria F.J., Cano E. & Ocete M.E, 1997- Efetos del ataque de Curculio elephas (Gyllenhal) (Coleoptera : Curculionidae) en el frutodel alcornoque (*Quercus suber* Linné). 6ª Jornadas Cientificas. Socedad Española de Entomologia Aplicada Lleila, p. 146

Sork V.L. & Bramble J.E, 1993- Prediction of acorn crops in three species of North American oaks: *Quecus alba, Q. rubra and Q.velutina.* Ann. For. Sc. 50 (suppl. 1): 128-136.

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

Suszka B., Muller C., et Bonnet- Masimbert M, 1994- *Graine des feuillus forestiers : de la récolte au semis.* INRA Editions, Paris, 291 p.

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.3ème cycle.

Valette A, 1992- La subéraie maghrébine. Acte du Colloque « Les subéraie méditerranéennes », Vives : 90-97.

Villemant C, 1991b- Les ennemis des glands et jeunes semis. In Villemant Cet Fraval A. : La faune du chêne-liège. Actes Editions, Rabat : 21-22 p.

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 dispar en Europe et en Afrique du Nord. IOBC/ Bull. 22(3): 71-79 p.

Yessad S.A, 2000-Le chêne-liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. Edition ASBL Forêt Wallonne. 190 p.

Zafeiridou G et Theophilidis G, 2004- The action of the insecticide imidacloprid on the respiratory rhythm of an insect: the beetle *Tenebrio molitor*. Neuroscience Letters 365 (2004) 205–209.

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

Ziane N. & Roueg R, 1998- Plan directeur de gestion du Parc National d'El Kala et du complexe de zones humides. Projet J.E.F- Banque Mondiale. 220p+28 cartes.

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