



FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Thèse en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat en Ecologie Animale

Étude des facteurs du dépérissement du chêne-liège dans les subéraies de l'Est Algérien

Présenté par:

M^{me} ADJAMI HACHEMI RACHEDI
Yasmine

Devant la commission d'examen:

Président :	BAIRI Abdelmadjid	Professeur	Université de Annaba
Directeur de Thèse :	OUAKID Med Laid	Professeur	Université de Annaba
Co-Directeur de thèse:	PUJADE-VILLAR Juli	Professeur	Université de Barcelone
Examineurs :	NEFFAR Souad	MCA	Université de Tebessa
	SAMRAOUI Boudjema	Professeur	Université de Annaba
	MAIZI Med Cherif	MCA	Université de Souk-Ahras

2016

« Je dédie ce mémoire à mon cher et défunt Papa »

-Remerciements-

En premier lieu, mes remerciements se dirigent vivement vers les membres du jury, qui ont accepté d'évaluer mon travail.

Tout d'abord, je remercie **M^r BAIRI Abdelmadjid** Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, pour avoir accepté de présider le Jury et aussi pour sa sympathie, sa gentillesse et son humour.

Je remercie **M^{me} NEFFAR Souad** Professeur à l'Université de Tebessa, **M^r SAMRAOUI Boudjemaa** Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, **M^r MAIZI Mohamed Cherif** Professeur à l'Université de Souk-Ahras, qui vont m'honorer par leur déplacement afin d'examiner et de juger ce travail.

Cette thèse constitue une riche expérience qui ne peut s'achever sans remercier les personnes qui m'ont encadré, aidé et soutenu le long de ce parcours.

Mes remerciements vont à **M^r PUJADE-VILLAR Juli** professeur à l'université de Barcelone pour avoir accepté de co-diriger cette thèse sans hésitation un soir à Tlemcen. Son soutien, sa bonne humeur et sa rigueur ont été pour moi une source. Merci de m'avoir reçu chaleureusement dans votre laboratoire, de m'avoir initié à la systématique et surtout de m'avoir fait découvrir le monde passionnant des « Galles ». J'espère avoir été à la hauteur de vos espérances.

Je tiens beaucoup à remercier grandement mon Directeur de thèse, **M^r OUAKID Mohamed Laid** Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, pour la confiance qu'il m'a accordé en acceptant de m'encadrer, d'avoir été toujours disponible pour le travail malgré ses occupations, pour son aide, ses multiples conseils, son soutien et la sympathie qu'il m'a témoigné au cours de ces années de thèse et surtout pour ses qualités humaines. J'espère avoir été digne de sa confiance et que ce travail est finalement à la hauteur de ses espérances. J'ai appris beaucoup de choses à ses côtés et je suis très honorée qu'il soit mon encadreur.

Je tiens à exprimer ma gratitude à **M^r VIÑOLAS Amador** pour l'aide inconditionnelle qu'il m'a apporté dans la systématique des Coléoptères, pour sa sympathie, sa générosité et d'avoir été disponible durant mon stage à Barcelone.

A l'issue de la rédaction de cette recherche, je suis convaincue que la thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail sans le soutien d'un grand nombre de personnes que j'ai pu recevoir sur le terrain ou au labo dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifestés à l'égard de ma recherche m'ont permis de progresser dans cette phase délicate qui demande de la patience.

Alors je souhaite remercier l'ensemble de l'équipe de l'Ecologie Animale de l'Université de Annaba, l'agréable ambiance du travail qu'elle fait régner, la bonne humeur et la disponibilité de ses membres où nous avons partagé de bons moments. Un grand merci à **M^{lle} DAAS Hiba** pour son aide précieuse qu'elle m'a apporté, pour sa disponibilité et sa sympathie. Je remercie **M^{me} GHALEM Rym** pour le soutien qu'elle m'a apporté et ses conseils. Je tiens à remercier **M^{me} HABBACHI Wafa**, pour son soutien et son écoute dans les moments difficiles de la thèse et surtout pour son honnêteté qui fait d'elle une personne spéciale.

Mes remerciements vont à tous les membres de mon laboratoire d'Ecologie Animale pour leur sympathie et leur soutien **SEDIRA Khadija, ELBAH Djamila, MATOUG Hichem** et **BEKHAKHECHE Manel**.

Mes remerciements s'adressent aussi à l'équipe de l'Ecologie et l'Agronomie de l'université de Amar Telidj à Laghouat, ainsi à mes adorables étudiantes que j'ai eu **DJEMOUAAT Khadija** et **MECHRI Hadjer**.

J'aurai tant espéré que mon « **PAPA** » soit présent avec moi ce jour-là, je sais que tu aurais été si fier.

A ma « **MAMAN** », la plus douce et la plus merveilleuse de toutes les mamans, que je ne pourrai remercier assez, pour son soutien moral, sa compréhension, amour, tendresse, et ses sacrifices, merci de m'avoir soutenu et encouragé pendant ces longs mois de rédaction. Je lui dois beaucoup. J'espère que tu trouveras dans ce modeste travail un témoignage de ma gratitude, ma profonde affection et mon profond respect. Que Dieu lui offre la santé.

Un remerciement spécial à mon cher époux **Sofiane**, pour sa patience, son sacrifice et ses encouragements en me donnant tout le temps nécessaire pour finir ma rédaction et surtout de m'avoir supporté.

A mon petit prince **Mohamed Abdelwaheb**, ma joie de vivre et son sourire a été pour moi le meilleur encouragement. Que Dieu le garde et le protège.

Je remercie avec grande émotion ma famille pour son irremplaçable et inconditionnel soutien. Qui m'a toujours encouragé à aller de l'avant dans la vie. Merci d'avoir été là pour les moments difficiles que je viens de passer. Cette thèse est aussi la vôtre « Ma très chère sœur **Nadjette** et mes chers frères **Abdelhak** et **Mohamed** »

Je remercie ma **belle-famille** pour ses encouragements et son soutien

A mes belles sœurs **Nani, Amel** et mes adorables **neveu** et **nièces** que j'aime beaucoup.

A cet effet,

« Tout travail scientifique est une réalisation communautaire et non pas l'œuvre d'un cavalier seul. » Stephen Jay Gould

SOMMAIRE

1. Introduction	1
2. Matériel et Méthodes	7
2.1 Présentation des régions d'étude	7
2.1.1 Présentation du Parc National d'El Kala (PNEK).....	7
2.1.1.1 Situation géographique.....	8
2.1.1.2 Géologie.....	8
2.1.1.3 Pédologie.....	9
2.1.1.4 Richesses patrimoniales du Parc.....	9
2.1.2 Présentation du Massif de l'Edough.....	11
2.1.2.1 Situation géographique.....	11
2.1.2.2 Géologie.....	12
2.1.2.2 Pédologie.....	12
2.1.2.3 Biodiversité de la région.....	12
2.1.3 Présentation de la région de Souk-Ahras.....	14
2.1.3.1 Situation géographique.....	14
2.1.3.2 Géologie.....	15
2.1.3.3 Couverture forestière.....	16
2.1.3.4 Présentation de la zone d'étude Machrouha.....	17
2.1.4 Position climatique des trois régions d'étude.....	18
2.1.4.1 Précipitations.....	19
2.1.4.2 Température.....	19
2.1.4.3 Autre facteurs climatiques.....	20
2.1.5 Synthèse bioclimatique.....	20
2.1.5.1 Le Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	21
2.1.5.2 Calcul du quotient pluviothermique d'Emberger.....	24
2.2 Présentation du chêne liège	30
2.2.1 Répartition du chêne liège dans le monde.....	30
2.2.2 La répartition du chêne liège en Algérie.....	31
2.2.2.1 Aperçu historique.....	33
2.2.2.2 Forêts de chêne liège de la région forestière du littoral Est.....	34
2.2.2.3 Forêts de chêne liège de la région forestière du Tell Central.....	35
2.2.2.4 Forêts de chêne liège de la région forestière Ouest.....	35
2.2.3 Caractéristiques botaniques.....	35
2.2.4 Exigences écologiques.....	37
2.2.5 Régénération.....	38
2.2.6 Facteurs de dégradation des subéraies.....	39
2.3 Examen de la situation sanitaire des subéraies	39
2.3.1 Relevés caractéristiques des arbres.....	40
2.3.1.1 Relevés dendrométriques.....	40
2.3.1.2 Relevés d'exploitation.....	40
2.3.2 L'examen de la cime.....	40
2.3.2.1 La défoliation.....	40
2.3.2.2 La décoloration.....	41
2.3.2.3 L'indice de dépérissement (ID).....	41
2.3.3 L'examen du tronc.....	43

2.3.3.1 L'examen de l'écorce et la zone sous corticale	43
2.3.3.2 Analyse statistique (AFC).....	44
2.3.4 L'examen des feuilles et des rameaux	45
2.3.4.1 Biométrie des feuilles.....	45
2.3.4.2 Etude des feuilles attaquées et nécrosées.....	46
2.3.4.3 La Nature de l'attaque des feuilles.....	46
2.3.5 L'examen des glands.....	46
2.3.5.1 La régularité de la glandée.....	46
2.3.5.2 Récolte et biométrie des glands.....	47
2.3.5.3 Etude de l'évolution de l'attaque des insectes dans les conditions contrôlées.....	47
2.3.5.4 Evaluation de l'état sanitaire des glands ramassés.....	48
2.3.5.5 Evaluation de l'attaque des glands par les Carpophages.....	48
2.3.5.6 Dosage des métabolites des glands.....	48
2.3.5.7 Analyse chimique des extraits de glands.....	53
2.3.5.8 Germination des glands.....	54
2.3.5.9 Etude des facteurs influant sur la survie et la capacité de pré- germination des glands.....	55
2.3.5.9 Traitement insecticide.....	55
-Le RH-0345.....	56
-L'imidaclopride.....	58
2.3.5.10 Effet du traitement insecticide sur la germination des glands traités.....	59
2.3.6 Etude de la biodiversité des Coléoptères.....	59
2.3.6.1 Méthodes d'échantillonnages des Coléoptères.....	59
3. Résultats.....	63
3.1 Etat sanitaire de la cime et du tronc des arbres échantillonnés dans les trois Subéraies.....	62
3.1.1 Les relevés dendrométriques.....	62
3.1.2 Relevés d'exploitation des arbres.....	64
3.1.3 Etat de la cime.....	64
3.1.3.1 La défoliation.....	65
3.1.3.2 L'indice de dépérissement.....	67
3.1.3.3 Evolution de la décoloration.....	67
3.1.4 Etat sanitaire du tronc.....	70
3.1.4.1 Examen de l'écorce.....	70
3.1.4.2 Examen de la zone sous corticale.....	79
3.1.5 Interaction des variables impliquées dans l'étude de dépérissement des subéraies.....	81
3.1.5.1 Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les variables étudiés.....	81
3.1.5.2 Analyse globale (AFC) des variables fortement corrélés.....	86
3.1.5.3 Conclusion finale de l'AFC réalisés sur les différents variables.....	90
3.2 Etude des feuilles du chêne-liège.....	92
3.2.1 Etat sanitaire des feuilles.....	92
3.2.1.1 Biométrie des feuilles	95
3.2.1.2 Nature de l'attaque des feuilles.....	101
3.2.1.3 Evaluation de la surface foliaire attaquée par les phyllophages..	103
3.2.1.4 Evaluation de la surface foliaire nécrosée.....	106
3.2.1.5 Etude des feuilles présentant des galles.....	108

3.3 Etude des glands.....	114
3.3.1 Evaluation de la glandée.....	114
3.3.2 Etude de l'évolution d'attaque des glands par les carpophages.....	116
3.3.2.1 Caractéristiques morphométriques des glands sains.....	116
3.3.2.2 Evolution de l'attaque des glands des subéraies d'El-Kala.....	117
3.3.2.3 Evolution de l'attaque des glands sains.....	118
3.3.2.4 Evolution de l'attaque des glands troués.....	118
3.3.2.5 Caractéristiques morphométriques des glands infestés.....	119
3.3.3 Etat sanitaire des glands	200
3.3.3.1 Etude de l'infestation des glands.....	122
3.3.4 Dosage des métabolites.....	126
3.3.4.1 Le contenu en lipides des glands du chêne-liège.....	126
3.3.4.2 Le contenu en glucides des glands du chêne-liège	127
3.3.4.3 Le contenu en protéines des glands du chêne-liège.....	128
3.3.4.4 Analyse chimique des différents extraits des glands de chêne-liège	128
3.3.5 Dosage des polyphénols totaux	131
3.3.6 Etude de la germination.....	132
3.3.6.1 Germination des glands infestés par les Carpophages.....	133
3.3.6.2 Facteurs influents sur la capacité de germination des glands.....	135
3.3.7 L'effet du traitement sur les insectes des glands.....	138
3.3.7.1 L'effet du RH-0345 sur la germination des glands traités	139
3.3.7.2 L'effet de l'Imidaclopride sur les insectes des glands.....	141
3.3.7.3 Effet du RH-0345 sur la germination des glands traités.....	144
3.3.7.4 Effet de l'Imidaclopride sur la germination des glands traités.....	146
3.4 Inventaire des Coléoptères bio- indicateurs de la qualité des subéraies.....	149
3.4.1 Répartition taxonomique des Coléoptères inventoriés dans les subéraies d'El-Kala.....	150
3.4.2 Répartition taxonomique des Coléoptères inventoriés dans les subéraies de Seraidi.....	153
3.4.3 Répartition taxonomique des Coléoptères inventoriés dans les subéraies de Souk-Ahras.....	156
3.4.4 Les régimes trophiques des Coléoptères	158
3.4.4.1 Les Coléoptères saproxyliques bio-indicateurs inventoriés dans les subéraies étudiées.....	158
3.4.4.2 Répartition des régimes alimentaire des Coléoptères inventoriés dans les subéraies étudiées.....	159
Discussion.....	161
Conclusion & Perspectives	197
Références bibliographiques	
Résumés	
Annexes	

Liste des figures

N°	Titre	page
01	Situation géographique du Parc National d'El Kala.	8
02	Situation géographique du Seraidi.	11
03	Situation géographique de la région de Souk-Ahras	15
04	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de	23
05	Position des régions El-Kala, Souk-Ahras et Séraïdi sur le diagramme d'Emberger	25
06	Plan de situation des arbres étudiés dans les trois régions	28
07	Les différents subéraies étudiées des trois régions	29
08	Distribution du chêne-liège dans son aire géographique	31
09	Aire de répartition de chêne-liège	32
10	Production annuelle de liège (Quintaux) 1963/2012	34
11	Les principales catégories d'arbres atteints selon les proportions de feuillage affecté	42
12	Extraction des glucides, protéines et lipides totaux selon Lagunez Rivera	51
13	Les différents groupes de régulateurs de croissance	57
14	Structure du RH-0345	57
15	Structure de l'imidaclopride	58
16	Evolution de la défoliation durant les années d'étude dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B), Seraidi (C).	66
17	Evolution de l'indice de dépérissement (ID) dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B), Seraidi (C).	68
18	Evolution de la décoloration durant les années d'étude dans les subéraies. (A) El Kala, (B) Edough et (C) Souk-Ahras.	69
19	Evaluation de l'état sanitaire de l'écorce à travers les classes des Crevasses (A), Liège déhiscent (B) et Ecoulement (C) des subéraies d'El-Kala.	73
20	Evaluation de l'état sanitaire de l'écorce à travers les classes des Crevasses, Liège déhiscent et Ecoulement des subéraies de Souk-Ahras (A) et Seraidi (B).	
21	Etat sanitaire du tronc évalué à travers les différents descripteurs des Subéraies d'El-Kala liés aux: Trous d'insectes xylophages(A), Suintement	75

	noirâtre(B), Flore lichénologiques(C)	
22	Etat sanitaire du tronc évalué à travers les différents descripteurs des subéraies d'El-Kala liés à l'action de l'homme: Incendie(A), Blessures(B), Flore Délivage illicite(C).	76
23	Etat sanitaire du tronc évalué à travers les différents descripteurs des Subéraies de Souk-Ahras (A) et Seraidi (B).	78
24	Etat sanitaire de la zone sous corticale évaluée à travers les différents descripteurs des subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraidi (C).	80
25	Analyse factorielle des correspondances (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies d'El-Kala durant les 7 années d'étude (2005-2011). (A): 2005, (B): 2006, (C): 2007, (D): 2008, (E): 2009, (F): 2010, (G): 2011.	84
26	Analyse factorielle des correspondances (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Seraidi. (A): 2010, (B):2011.	85
27	Analyse factorielle des correspondances (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Souk-Ahras. (A): 2010, (B):2011.	86
28	Analyse globale (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies d'El-Kala. (A): Analyse sur 15 variables, (B): Analyse sur 8 variables.	87
29	Analyse globale (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Seraidi. (A): Analyse sur 15 variables, (B): Analyse sur 8 variables	
30	Analyse globale (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Souk-Ahras. (A): Analyse sur 15 variables, (B): Analyse sur 8 variables	89
31	Répartition des feuilles en fonction de leur état sanitaire dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B), Seraidi (C).	92
32	Distribution de la surface des feuilles saines et atteintes des subéraies d'El-Kala	94
33	Distribution de la surface des feuilles saines et atteintes des subéraies de Souk-Ahras.	96
34	Distribution de la surface des feuilles saines et atteintes des subéraies de Seraidi	98
35	Répartition de la nature de l'attaque des feuilles au niveau des subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraidi (C).	100

36	Les différents types d'attaques des feuilles par les phyllophages (A): Décapeuse, (B): perforation, (C): décapeuse + perforation	101
37	Les différentes classes estimées de la surface foliaire perdue par les phyllophages dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraïdi (C).	103
38	Feuilles nécrosées	
39	Les différentes classes estimées de la surface foliaire perdue des feuilles nécrosées dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraïdi (C)	105
40	Evaluation du taux de répartition des galles au niveau des feuilles du chêne-liège dans les subéraies d'El-Kala et Souk-Ahras	106
41	Evaluation du taux de répartition des espèces gallicoles au niveau des feuilles du chêne-liège des subéries d'El-Kala	107
42	Evaluation du taux de répartition des espèces gallicoles au niveau des feuilles du chêne-liège des subéraies de Souk-Ahras	108
43	Les différentes galles des feuilles récoltées dans les subéraies étudiées.	109
44	Evaluation de la coexistence des espèces gallicoles au niveau d'une même feuille du chêne-liège de la région d'El-Kala.	110
45	Evaluation de la coexistence des espèces gallicoles au niveau des feuilles du chêne-liège des subéraies de Souk-Ahras.	111
46	Les différentes associations des espèces gallicoles dans les feuilles du chêne-liège étudiées.	111
47	L'indice d'abondance de la glandée (IAG). Subéraies d'El-Kala (A), Subéraies de Souk-Ahras (B), Subéraies de Séraïdi (C)	113
48	Indice d'abondance moyen de la glandée (IAMG) dans les 3 régions (El-Kala, Seraïdi et Souk-Ahras)	114
49	Taux d'attaque initiale des glands récoltés	115
50	Evolution du taux d'attaque des glands sains récoltés dans les subéraies d'El-Kala.	116
51	Evolution du taux d'attaque des glands troués récoltés dans les subéraies d'El-Kala	117
52	Distribution des catégories des glands: Subéraies d'El-Kala(A), Subéraies de Souk-Ahras (B), Subéraies de Séraïdi (C)	119
53	Les différents états sanitaires des glands étudiés	120
54	Taux d'infestation par les Carpophages: Subéraies d'El-Kala(A), Subéraies de Souk-Ahras(B), Subéraies de Séraïdi(C)	122

55	Les Carpophages des glands étudiés	123
56	Le nombre de Carpophages par gland	124
57	Variations du contenu en lipides des glands sains et attaqués : Au niveau de l'amande A et au niveau du péricarpe B	125
58	Variations du contenu en glucides des glands sains et attaqués : Au niveau de l'amande A et au niveau du péricarpe	125
59	Variations du contenu en protéines des glands sains et attaqués : Au niveau de l'amande A et au niveau du péricarpe	126
60	Profil chromatographique et spectre de masse d'un extrait « type » illustrant les composés lourds extrait à l'hexane et au pentane du péricarpe et des cotylédons des glands du chêne –liège.	127
61	Profil chromatographique du péricarpe et de l'amande d'un gland de chêne-liège extrait par les deux solvant l'hexane et le pente.	128
62	Effet des différents solvants sur le contenu polyphénolique des glands troués de <i>Quecus suber</i> . Les valeurs sont exprimées en mg GAE/g du poids sec. (m ± s n=3)	130
63	Différentes étapes de germination des glands sains après 4 semaines.	130
64	Les étapes de la germination des glands observés	131
65	Taux de germination des glands sains et attaqués	132
66	Différentes étapes de germination des glands à 1 trou après 4 semaines.	132
67	Différentes étapes de germination des glands à 2 trous après 4 semaines	133
68	Différents facteurs associés à la rupture de péricarpe (pré-germination)	135
69	Le Nombre total des larves mortes durant la période de traitement par le RH-0345 et l'Imidaclopride.	136
70	Taux de mortalité des Carpophages par les faibles doses (25 mg/l et 50 mg/l) du RH-0345	137
71	Taux de mortalité des Carpophages par les fortes doses (100 mg/l, 150 mg/l et 200 mg/l) du RH-0345.	138
72	Mortalité cumulée après 15 jours du traitement par le RH-0345	138
73	Mortalité observée après 15 jours des carpophages des glands traités par le RH-0345	139
74	Taux de mortalité des Carpophages par les faibles doses (25 mg/l et 50mg/l) de l'imidacloprid	139

75	Taux de mortalité des Carpophages par les fortes doses (100 mg/l, 150 mg/l et 200 mg/l) de l'imidaclopride.	140
76	Mortalité cumulée après 15 jours du traitement par l'imidaclopride	141
77	Mortalité observée après 15 jours des carpophages des glands traités par l'imidaclopride	141
78	Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses du RH-0345.	142
79	Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par le RH-0345: témoin (A), faible dose (B) et fortes doses (C).	143
80	Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses d'imidaclopride	144
81	Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par l'Imidaclopride: témoin (A), faible dose (B) et fortes doses (C)	145
82	Vitesse de germination des glands traités par le RH-0345 (A) et l'Imidaclopride (B).	147
83	La répartition de la richesse spécifique et les familles de Coléoptères entre les subéraies étudiées	148
84	Taux des différentes familles de Coléoptères recensés dans les subéraies d'El-Kala	151
85	Taux des différentes familles de Coléoptères recensés dans les subéraies de Seraidi.	154
86	Taux des différentes familles de Coléoptères recensés dans les subéraies de Souk-Ahras	157
87	Répartition des régimes trophiques des Coléoptères récoltés dans les subéraies d'El-Kala (A), Seraidi (B), Souk-Ahras (C).	159

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	La richesse floristique du PNEK. Famille.	10
02	Répartition de la superficie par type de peuplement.	14
03	Moyennes mensuelles des précipitations (mm) enregistrées sur une période d'observation de dix ans allant de 2002 à 2011.	20
04	Moyennes mensuelles des températures (°C), enregistrées sur une période d'observation de dix ans allant de 2002 à 2011.	20
05	Moyennes mensuelles de l'humidité relative (%) enregistrées sur une période d'observation de dix ans allant de 2002 à 2011.	21
06	Diagramme Ombrothermique des stations d'étude (2001/2011).	25
07	Les coordonnées géographiques des stations de Seraidi	26
08	Les coordonnées géographiques des stations d'El-Kala	27
09	Les coordonnées géographiques des stations de Souk-Ahras	27
10	Superficie (ha) occupées par le chêne-liège dans différents pays et selon de nombreux auteurs.	31
11	Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres atteints.	41
12	Classes de décoloration des feuilles	41
13	Principales catégories de dépérissement du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de l' « ID».	43
14	Différents descripteurs utilisés dans l'examen du tronc et la zone sous corticale.	44
15	Classes de notation de la déhiscence du liège.	44
16	Classes de notation des feuilles endommagées par les phyllophages et par les nécroses.	46
17	Classes de notation du nombre de galles par feuille.	46
18	Echelle de notation de la glandée.	47
19	Dosage des protéines totales dans l'amande et le péricarpe des glands sains et attaqués: réalisation de la gamme d'étalonnage.	49

20	Dosage des glucides totaux dans l'amande et le péricarpe des glands sains et attaqués: réalisation de la gamme d'étalonnage.	49
21	Dosage des lipides totaux dans l'amande et le péricarpe des glands sains et attaqués: réalisation de la gamme d'étalonnage.	50
22	Relevés dendrométriques des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, Souk-Ahras et Seraïdi.	63
23	Relevés d'exploitation des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, Souk-Ahras et Seraïdi.	64
24	Codes des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies utilisés dans l'analyse.	81
25	Caractéristiques morphométriques des glands sains.	115
26	Caractéristiques morphométriques des glands infestés.	118
27	Analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse des différents extraits. Concentrations (%) des composés identifiés.	129
28	Liste des espèces de Coléoptères recensés dans les subéraies d'El-Kala.	150
29	Liste des espèces de Coléoptères recensées dans les subéraies de Seraïdi.	152
30	Liste des espèces de Coléoptères recensées dans les subéraies de Souk Ahras.	156
31	Localisation des Coléoptères saproxyliques des subéraies étudiées selon leurs régimes alimentaires.	158

1. Introduction

La biodiversité est devenue le cadre de réflexion et de discussion dans lequel on est amené à revisiter l'ensemble des questions posées par les relations que l'homme entretient avec les autres espèces et les milieux naturels. Certains diront que la biodiversité est devenue un «médiateur» entre les systèmes écologiques et les systèmes sociaux. Quoi qu'il en soit, la question de la biodiversité a maintenant pris place parmi les grands problèmes d'environnement global (Lévêque et Mounolou, 2008).

L'homme vie au sein d'un ensemble complexe de milieux biologiques, dont chacun comporte des centaines, sinon des milliers d'espèces, tant végétale qu'un animale. C'est l'honneur des pionniers de l'écologie d'avoir compris que l'étude de ces milieux ne se réduisait pas à celle de leurs populations mais qu'elle comportait aussi la compréhension de la structure et du fonctionnement global des systèmes appelés généralement écosystème. Comme conséquence des interactions entre les populations des diverses espèces, émergent en effet des caractéristiques imprévisibles à l'échelle des populations elles-mêmes. Ce sont ces caractéristiques synthétiques qui posent les vrais problèmes des relations entre l'homme et son milieu (Villemant et Fraval, 1991).

La forêt méditerranéenne est largement exposée à ces enjeux, son importante biodiversité fait d'elle l'une des régions du monde la plus renommée par l'existence de Parcs naturels, alors que son riche potentiel en matière de produits fournis pourrait conduire à l'épuisement des ressources et au déclenchement de conflits entre divers usagers (Houée, 1996). De plus, en absence d'une politique forestière valorisante, le milieu forestier méditerranéen se dégrade et devient la proie d'une exploitation humaine anarchique (Mermet *et al.*, 2004).

Selon Seigue (1985), la forêt méditerranéenne couvre environ 65 millions d'hectares dont 45 millions de forêts proprement dites et 19 millions d'hectares de formations forestières. La forêt Algérienne appartient à cet ensemble, elle présente un élément essentiel de l'équilibre écologique, climatique et socio-économique de différentes régions du pays (Berchiche, 1986).

En Algérie, la forêt est mal connue à l'échelle internationale, à l'exception de quelques citations dans les publications consacrées aux forêts du Maghreb (Maroc et Tunisie). Cette réalité est sans doute le résultat des conditions de terrains difficiles rencontrées au cours de la décennie noire. Alors qu'à l'échelle nationale, et malgré les études rudimentaires, le système forestier n'a pas cessé d'attirer les chercheurs, notamment les forestiers pour des études

d'aménagements et les écologistes pour leurs divers inventaires de faune et de flore (Ouelmouhoub, 2005).

La dégradation du patrimoine forestier est signalée depuis l'époque coloniale où furent détruits quelques 116 000 ha de forêts (Ouelmouhoub, 2005). Actuellement le couvert végétal global en Algérie est de 4,1 millions d'hectares soit un taux de boisement de 16,4% du Nord de l'Algérie. Néanmoins seuls 1,3 millions d'hectares qui représentent véritablement la forêt (FAO, 2013).

L'Algérie assiste à une dégradation intense de son patrimoine forestier (Ferka Zazou, 2006). Sa situation actuelle se présente comme l'une des plus critiques dans la région méditerranéenne (Ikerroud, 2000 in Berriah, 2015).

Cette situation a poussé un nombre de chercheurs nationaux et internationaux de conduire des travaux portant sur la répartition, l'écologie des formations forestières, le climat, les sols, la biodiversité, les caractéristiques phytosociologiques, la sylviculture, les reboisements et les aménagements. Tous ces aspects ont été pleinement explorés et ont donné naissance à des centaines de travaux et de publications. Nous citerons à titre d'exemple les travaux de COSSON (1853) ; BOUDY (1955); MANJAUZE (1958); KILLIAN (1961); QUEZEL & SANTA (1962); GRECO (1966); OZENDA (1977); ABDESSEMED (1981, 1985); GAOUAR (1980); ZERAÏA (1981); ALCARAZ (1982, 1991); BENABDELI (1983,1996, 1998); KADIK (1987); QUEZEL & BARBERO (1989); AIME (1991); LETREUCH BELAROUCI. (1991, 1995); BAKRY et ABOUROUH (1996); DAHMANI (1997) in BERRIAH (2015).

Le problème de la dégradation sanitaire des écosystèmes forestiers (feuillus et conifère) est connu depuis la fin du 19^{ème} 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 in Delatour, 1983) puis plus tard, par de nombreux autres auteurs comme Chararas (1980) ou Lohelle (1988 in Sousa, 1996). 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 dit.

En Europe et en Amérique du Nord, ce phénomène a touché particulièrement les forêts de *Quercus sp.* De nombreux travaux ont été entrepris dans le but d'effectuer un bilan de cette situation, et de mieux connaître les facteurs associés à ce déclin ainsi que leurs nombreuses et complexes interactions (Villemant et Sousa, 2001).

Des dépérissements d'une certaine ampleur se produisent fréquemment dans les chênaies, affectant très souvent des arbres adultes et bien développés, ce qui dans le cas des espèces à vocation de production de bois comme les chênes pédoncules et sessiles (*Quercus robur* et *Q. petraea*), se traduit par des pertes de production sensibles. On constate ainsi une perte de vigueur, des défoliations plus ou moins importantes, et dans certains cas la mort des arbres (Delatour, 1983 in Dreyer, 1994).

Des phénomènes voisins ont été observés sur des espèces méditerranéennes comme le chêne-liège (*Q. suber*) dans la péninsule ibérique, ou même le chêne vert (*Q. ilex*) en France. Ces phénomènes ont suscité des inquiétudes dans les rangs des gestionnaires forestiers et ont fait l'objet de nombreuses recherches dans toute l'Europe depuis une dizaine d'années (ainsi d'ailleurs que de réunions scientifiques internationales...). En fait, une analyse historique des données accumulées par les gestionnaires a permis de confirmer que de tels dépérissements de chênes n'étaient en aucun cas des phénomènes nouveaux, mais qu'ils avaient été maintes fois observés par le passé à travers l'Europe en particulier (Delatour, 1983 in Dreyer, 1994).

Les peuplements de chêne-liège présentent un taux de mortalité anormal et préoccupant, qui s'est aggravé surtout depuis les années 1990 (PDPS, 2003 ; Sousa *et al.*, 2007 ; Tuset & Sánchez, 2005; AIFM, 2006).

Le chêne-liège, (*Quercus suber L.*), constitue une des richesses forestières de l'Algérie. Ses forêts tenaient et tiennent toujours une place primordiale dans la vie socio-économique de la population riveraine et du pays en général. Elles constituent en effet, un terrain de parcours pour un cheptel varié grâce à leur abondant en sous-bois et en glands. (Marc, 1916; Peyerimhoff, 1941).

La superficie couverte par le chêne-liège a connu ces dernières décennies une régression terrifiante. Sur une superficie totale d'environ 450 000 ha évoquée par Boudy (1955), 230 000 ha seulement est productive (D.G.F. 2009), le reste est transformé en maquis.

Les facteurs de dégradation des subéraies sont multiples et interférant entre eux : les conditions climatiques particulières comme les épisodes de sécheresses excessives, vents (Guillaumin *et al.*, 1985 ; Garrec, 1994 ; Douzon, 2004), le vieillissement des peuplements, répétition des incendies, surpâturage, l'absence d'entretien et de soins cultureux,

l'accumulation au fil du temps de blessures de récolte, l'absence de régénération, (Garolera, 1988; Garrec, 1994; Lieutier et *al.*,1994; Bouhraoua, 2003; Anonyme.b, 2004 ; Sebei et *al.*,2004 ; Messaoudene et *al.*,2006; Adjami (2008, 2009), Ghalem (2014).

L'état actuel des forêts Algériennes dont les subéraies est préoccupant; peuplements arrivés au terme de leur exploitabilité, déficience de la régénération naturelle, faible rendement à l'hectare du liège, diminution progressive des quantités de liège récoltés annuellement qui passe de 200 000 quintaux environ en 1973 à 32 212 quintaux en 2012 (D.G.F, 2013).

L'importance écologique et socio-économique du chêne-liège (*Quercus suber.L*) incite à augmenter les efforts en vue de la réhabilitation des subéraies. Les problèmes dont souffrent les subéraies sont nombreux.

Le premier est l'aspect lié à l'insuccès de la reforestation, il peut être surmonté par un recours à la régénération assistée. La régénération du chêne-liège par voie séminale qu'elle soit artificielle, semi directe ou naturelle demeure problématique (Messaoudene, 1984 ; Sondergaard, 1991 ; Diaz-Fernande et Gil-Sanchez, 1998 ; Louro, 1999 ; Hasnaoui, 1998 ;Messaoudene *et al.*,1998). La lenteur de la germination des glands augmenterait le risque de mortalité (dessiccation, attaque fongique et entomologique) et/ ou de prélèvement par les rongeurs (Marouani *et al.*, 2001a; Marouani *et al.*,2001b), en plus de la qualité et de la quantité de la production des glands.

Il y a aussi les problèmes liés à la physiologie et l'écologie de l'arbre: comme le vieillissement, dormance embryonnaire et l'irrégularité des glandées (Sork et Bramble, 1993) et les contraintes biotiques et abiotiques empêchant la régénération naturelle (Lorimer *et al.*,1994 ; Herrera, 1995; Asmrfc, 1998) notamment la déprédation exercée sur les glands par les champignons, les insectes et les conséquence de la sécheresse (Cabal *et al.*, 1993; Crawley et Long, 1995; Fuchs *et al.*, 2000) et les problèmes induit par le dépérissement des peuplement.

Cependant, un recours à la régénération serait indispensable pour la réhabilitation de ces forêts, d'où l'importance des glands qui joue un rôle capital dans la régénération de cette essence. Mais cette régénération dépend fortement de la régularité et de l'abondance des glandées mais aussi de la taille et de l'état phytosanitaire des glands. (Suszka et *al*, 1994; Merouani et *al*, 2001).

Les insectes jouent un rôle important dans la diminution de la viabilité des glands, elles ont une incidence notable sur le potentiel de reproduction de chêne. Les effets directs

sur l'alimentation de l'embryon et sur les cotylédons peuvent empêcher la germination des glands. L'effet direct des insectes c'est la consommation de l'embryon par les larves ou de l'endommager, qui rend la germination et le développement des plantules impossible (Hirka et Csóka, 2003). Cela implique une diminution des réserves en métabolites.

La population des chênes lièges élément évidemment essentiel de la subéraie (Villemant et Fraval, 1991). Par leur immense diversité, leur rôle écologique majeur et le caractère bio-indicateur on trouve les coléoptères, on estime par ailleurs que ces derniers représentent près du tiers du monde animal. Ces insectes se distinguent par une grande homogénéité. (Leraut, 2003).

Cependant la connaissance du régime alimentaire de ces espèces jointe à celle de leur localisation dans le milieu permet de reconstituer les grands traits de réseaux trophiques sur lesquels repose le fonctionnement énergétique de l'écosystème (Villemant et Fraval, 1991).

Les Coléoptères saproxyliques sont des espèces liées au cycle du bois, qu'il s'agisse de xylophages, de saprophages, de mycétophages ou de prédateurs des précédents. Certains de ces saproxyliques ont des exigences extrêmement strictes et ne se rencontrent que dans les rares secteurs forestiers européens qui n'ont pas connu d'interventions sylvicoles notables depuis des siècles. D'autres espèces, moins rares, peuvent se trouver dans des peuplements où est pratiquée une sylviculture de production respectueuse de la biodiversité (Meriguet et Zagatti, 2008).

Les insectes saproxyliques participent au recyclage de la matière organique et sont absolument nécessaires au bon fonctionnement des écosystèmes forestiers. Ils sont reconnus pour être d'intéressants bio-indicateurs de « naturalité » des forêts et principalement dans les subéraies.

Les principales subéraies Algériennes sont situées en zones humides et sub-humides du Nord-Est du pays jusqu'à la frontière tunisienne. Elles se présentent en massifs continus sur tout le long de la zone littorale. Dans le centre et l'Ouest, les subéraies ne sont en réalité que des peuplements reliques et isolés coïncidant avec des taches de climat sub-humide ou intermédiaire entre semi-aride et sub-humide sous une pluviométrie annuelle moyenne de 400 à 700 mm (Belhoucine, 2013).

Cependant, vu la richesse du chêne liège dans le Nord-Est Algérien, nous avons mis en place un réseau de surveillance permanent constitué de trois stations d'observation. Le travail a été mené dans les subéraies du parc national d'El Kala, la forêt domaniale d'Ouled Bechih à Souk-Ahras et les subéraies de l'Edough à Annaba, qui permet d'étudier l'état

sanitaire des subéraies et d'approfondir notre connaissance sur les différents facteurs impliqués dans le dépérissement du chêne-liège. Cette étude est divisée en quatre chapitres.

Le premier chapitre concerne l'évaluation de l'état sanitaire du peuplement de chêne-liège à travers des relevés caractéristiques des arbres échantillons (relevés dendrométriques et d'exploitation), par ailleurs plusieurs aspects sont mis en évidence comme l'examen de la cime qui se fait à travers deux indicateurs pertinent la défoliation et la décoloration, l'examen du tronc, et l'abondance de la glandée.

Le deuxième chapitre est consacré dans l'étude détaillée de l'état sanitaire des feuilles du chêne-liège dans le but de déterminer les différents types d'infestation provoquée par différents agents biotiques. Ainsi une étude particulière concernant les différentes espèces gallicoles qui attaquent les feuilles et leur cohabitation.

Le troisième chapitre propose d'évaluer l'attaque des glands par les carpophages et de déterminer l'effet de ces derniers sur le contenu des métabolites des glands (protéines, glucides et lipides) et en conséquence sur le contenu en polyphénols. D'autre part un essai insecticide contre les insectes du gland est réalisé. Pour cela nous avons utilisé deux insecticides; le Halofénozide RH-0345, un agoniste des ecdystéroïdes qui perturbe le processus normal de la mue et le deuxième l'imidaclopride (IMI), un insecticide de la famille des néonicotinoides, qui perturbe le système nerveux des insectes. En conséquence l'évaluation de son effet différé sur la germination des glands.

Enfin Pour affiner notre travail sur l'état des subéraies étudiées, nous nous sommes penchés sur un autre référentiel: les espèces bio-indicatrices de la qualité du milieu forestier qui sont les subéraies étudiées. En fonction de la nature de ces milieux, certaines espèces animales comme les Coléoptères pourront être sélectionnées comme bio-indicateurs de la qualité de ces milieux. Leur présence simultanée appartenant à toutes les classes d'arbres (arbres dépérissant, arbres à cavités, arbres attaqués par des champignons etc....) et également se trouvent dans le bois mort à terre (chablis). Cependant le but de l'inventaire des Coléoptères étant de caractériser la biodiversité liée aux forêts du chêne-liège, grâce à un simple constat de présence-absence et en fonction du nombre d'espèces rencontrées et de leur régime alimentaire, de ce fait on peut caractériser l'importance de ces espèces dans ces subéraies.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Présentation des régions d'étude

2.1.1 Présentation du Parc National d'El Kala (PNEK)

Le parc national d'El-Kala (PNEK) est l'un des grands parcs nationaux en Algérie, d'une superficie de 80.000 ha. Il figure parmi les zones protégées les plus prestigieuses de la Méditerranée occidentale, caractérisé par des zones humides, dont l'ensemble constitue un complexe considéré comme unique dans le bassin méditerranéen. Il présente un paysage fortement marqué par une structure en mosaïque d'écosystèmes forestiers, lacustres, dunaires et marins, lui conférant une haute valeur biologique et écologique, à travers sa flore, sa faune et son patrimoine culturel qui lui ont valu son inscription en tant que réserve de la Biosphère par l'UNESCO en 1990.

Le PNEK a été protagoniste d'un long parcours de conservation et gestion. L'urgence de protection de la région d'El Kala a été ressentie depuis les années 1970. Au milieu de cette décennie, une mission de prospection a eu lieu dans la zone (Dupuy, 1972). Le site a reçu une protection légale avec sa désignation comme Parc National par le décret N° 83-462 du 23 juillet 1983. Par ailleurs, ce parc héberge de nombreux lacs tels que, le Tonga, l'Oubeira et le lac des oiseaux dont l'importance est reconnue à l'échelle internationale (Benyacoub & Chabi, 2000).

À l'intérieur de ce parc, sont situées deux, des plus belles zones d'expansion touristique à savoir : Messida et Cap Rosa, ainsi que les lacs : Mellah (eau salée), Oubeïra (eau douce), et le lac Tonga (eau saumâtre). En 1982, les deux derniers ont été considérés comme sites d'importance internationale par la convention de Ramsar (1971).

Bref historique de l'aire protégée

L'existence de richesses naturelles exceptionnelles, la multitude d'espèces végétales et animales, la juxtaposition d'écosystèmes différents (marin, dunaire, lacustre et forestier) ont été à l'origine de la prise de conscience pour le classement de la région d'El Kala en parc national en juillet 1983. En 1990, le parc national figure sur la liste des réserves de la biosphère dans le cadre du programme « l'homme et la biosphère » « MAB » lui conférant ainsi un caractère de patrimoine mondial.

2.1.1.1 Situation géographique

Le Parc National d'El Kala a une superficie actuelle de 76 438 ha. Il est situé entre 36°55' et 36°90' N et 08°16' et 08°43' E. Appartenant à la partie Nord-Est du Tell algérien, le PNEK est limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne et au Sud par les monts de la Medjerda. La limite Ouest du Parc est tracée de façon à englober le bassin versant de l'Oued Bougous vers le Sud et la ville d'El Tarf plus au Nord, puis continue vers l'ouest parallèlement à la route N°44 jusqu'au village de Bouteldja, et se prolonge vers le Nord jusqu'à l'Ouest immédiat du Cap Rosa (Fig.01).

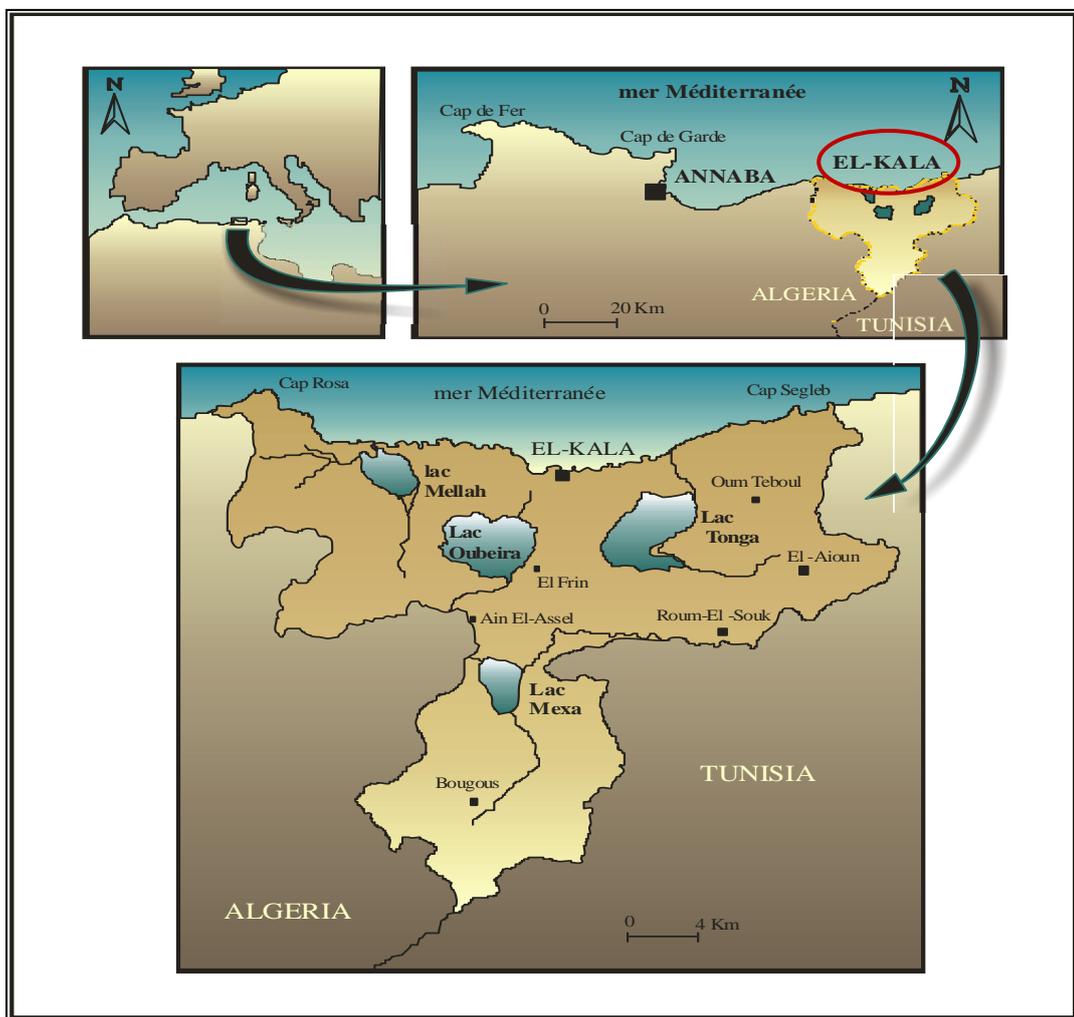


Figure. 01: Situation géographique du Parc National d'El Kala (Benyacoub *et al*, 1998).

2.1.1.2 Géologie

Le territoire du PNEK se caractérise par un relief et une géologie relativement complexes. Le relief est un facteur déterminant pour la répartition des éléments climatiques sur

le territoire. D'une manière générale, le relief du parc est composé d'une juxtaposition de dépressions dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres et des hautes collines aux formes variées (De Belair, 1990). Il est formé dans sa partie septentrionale par un cordon dunaire qui s'étend sur une distance de 40 kilomètres et d'autre part vers le Sud jusqu'au pied du Djebel Segleb, s'enfonçant parfois jusqu'à 24 kilomètres à l'intérieur des terres, avec de petites éminences de relief gréseux de faible altitude. Un ensemble de collines ne dépassant pas 600 m de hauteur se situent au Nord, à l'Est et à l'ouest de la région d'étude. Une plaine alluviale et marécageuse est adossée à ces collines (Joleaud, 1936).

Selon Joleaud (1936) et Marre (1987), la structure géologique actuelle de la région résulte d'une activité tectonique datant du tertiaire (environ 65 millions d'années) et du quaternaire (près de 2 millions d'année). Cette structure a été soumise à ce jour notamment grâce à une pluviométrie importante (Benyacoub, 1993).

2.1.1.3 Pédologie

L'étude des sols de la région d'El-Kala permet de déterminer plusieurs types de sols dont les principaux sont les sols podzoliques insaturés à vocation forestière de chêne-liège. Ils sont à structure granuleuse légèrement lessivée sans accumulation importante de la litière. Les sols de marais occupent la partie centrale des différentes cuvettes, formés d'argiles lacustres. Par ailleurs, il y a les sols des prairies marécageuses, les sols tourbeux non inondés, les sols alluvionnaires des oueds, les colluvions des pentes gréseuses et les sols dunaires (Durand, 1952).

2.1.1.4 Richesses patrimoniales du Parc

Le PNEK est une région très diversifiée abritant une richesse floristique et faunistique remarquable. Cette diversité écologique lui confère une valeur patrimoniale élevée tant au point de vue biodiversité que du point de vue agronomique (Oulmouhoub & Laboudi, 1999).

Richesse floristique

Riche d'environ 840 espèces, la flore se caractérise par un taux particulièrement élevé d'espèces endémiques, rares et très rares (De Belair, 1990). Avec 231 espèces rares et très rares, appartenant à 62 familles et représentant plus du quart (27 %) de la flore du Parc, soit 15 % de la flore rare à l'échelle nationale. Cette flore présente une valeur patrimoniale élevée. Les familles présentant une richesse spécifique élevée en espèces rares sont indiquées dans le tableau 01.

Tableau. 01: La richesse floristique du PNEK

Familles	Nombre d'espèces
Apiacées	23
Fabacées	16
Astéracées	15
Poacées	15
Cypéracées	14
Brassicacées	12
Lamiacées	11
Caryophyllacées	10
Scrofulariacées	8
Orchidées	7
Onagracée	6

Source : Plan de gestion - PNEK. (Benyacoub *et al.*, 1998).

Les forêts représentent un peu plus de la moitié (57%) des 305 000 hectares que compte la superficie de la wilaya d'El Tarf (174 000 hectares), de part sa situation en zones humides, la flore du parc est riche et diversifiée. Elle se caractérise par un taux particulièrement élevé d'espèces endémiques, rares et très rares, environ 15 % de la flore rare à l'échelle nationale. Il abrite en effet le tiers de l'ensemble de la flore d'Algérie soit 964 espèces. Les formations végétales sont principalement à base de chêne-liège (43000 ha), chêne zeen (2716 ha), aulnaie (3000 ha), peuplier et orme (621 ha), et pin d'Alep (20 ha). Les maquis sont répandus (10649 ha). Les peuplements artificiels sont représentés par le pin maritime (500 ha), l'acacia (1000 ha) et les eucalyptus (8508 ha) (A.P.N.A., 2006).

Ce patrimoine est constitué aussi par des spermaphytes et des cryptophytes (fougères, mousses, lichens, algues et champignons) (Toubal, 1986; De Belaire, 1990 cités par Ouelmouhoub, 2005). La flore du parc constitue un véritable carrefour biogéographique avec, d'une part, l'élément méditerranéen dominant (50 % : chêne liège, chêne kermès, oléastre, bruyère arborescente, myrte, arbousier...) et, d'autre part, des espèces à affinité européenne (20 % : aulne, saules, houx...), cosmopolites (20 %) et tropicales (10 %) (A.P.N.A., 2006).

La richesse faunistique

La diversité des habitats rencontrés au sein du parc a pour conséquence la présence d'une faune particulièrement riche et diversifiée. En effet, les principaux groupes systématiques y sont rencontrés, à savoir les mammifères, les oiseaux et les reptiles. Parmi ces différents groupes systématiques, les oiseaux qui constituent la richesse faunistique la plus spectaculaire du parc, avec 189 espèces d'oiseaux, dont 21 rapaces, 61 espèces protégées par le décret présidentiel du 20 Août 1983 complété le 17 janvier 1995 (Benyacoub et *al.*, 1998).

2.1.2 Présentation du Massif de l'Edough

L'Edough est un village forestier très ancien, connue sous le nom de "Bugeaud" depuis 1845, comme il y a une très vieille fontaine connue par "La fontaine des princes" récemment aménagé par l'administration appelée "Ain fadha".

C'est un village touristique avec son paysage marqué par 100% de montagne, par sa grande plage appelée "Djenane El Bey" et par les plus belles forêts de chênes d'Algérie.

2.1.2.1 Situation géographique

Avec une superficie de 13665 ha, Seraidi est situé au Nord-Est de l'Algérie. Ce massif dont l'altitude atteint 1008m au "Kahf sbaa" est bordé par la Méditerranée au Nord et Nord-Est, au Sud et Sud-Est par le lac de "Fetzara" et les riches plaines agricoles d'Annaba, au Nord-Ouest par la plaine de "Sanhadja" et les massifs de "Chetaïbi" (DGRF, 2006) (Fig. 02).

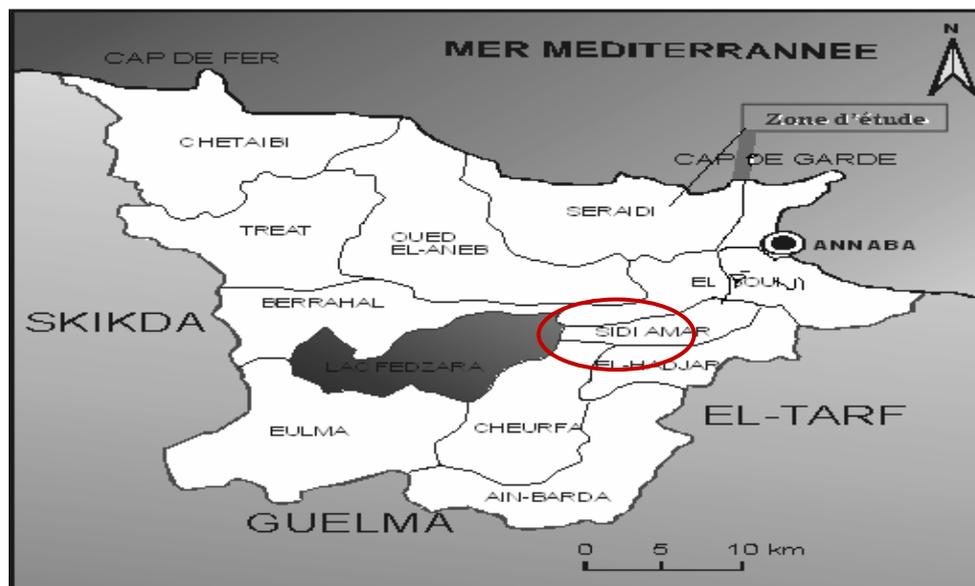


Figure. 02: Situation géographique de Seraidi.

2.1.2.2 Géologie

Le massif de l'Edough se caractérise par un relief très accidenté. Environ 40 % de la totalité du terrain possède une pente supérieure à 25 %. Comme il est remarqué par son étendue et met en relief "*Le corps de l'égyptienne*" forme de massif appelée ainsi en raison de la ressemblance des contours à celui d'une femme allongée sur le dos. La région de Seraïdi est remarquée par les fortes pentes de ses versants.

Le massif montagneux de l'Edough est formé de trois ensembles: Djebel Edough (commune de Séraïdi) culminant à 1008 m d'altitude, Djebel Chaïba (commune de Oued El Aneb) à 827 m d'altitude et le massif de Cap de Fer qui culmine à Kef Ennsour (commune de Chétaïbi). Les lignes de crête prennent une direction sud ouest sur l'Edough et ouest-est depuis le Cap de Garde jusqu'à Chétaïbi.

Le versant nord du massif de l'Edough plonge directement dans la mer et les falaises font contact en pente très abrupte ($> 45\%$). Les versants sud épousent des pentes moyennes qui deviennent faibles en contact avec la plaine de Ben Azouz à l'ouest et la plaine d'Annaba à l'est (0 et 4 %). Les formes des pentes sur les deux versants sont concaves en amont, convexo-concaves à mi versant et concaves en contre bas de la pente. Le massif est caractérisé par un relief très accidenté, environ 40% de la totalité du terrain. La présence de végétation dense interdit le ruissellement diffus et favorise l'érosion linéaire le long des talwegs principaux.

La géologie est caractérisée par un ensemble constitué essentiellement par des Micaschistes, Gneiss allongé, Grès de Numidie et quelques affleurements de calcaire.

2.1.2.2 Pédologie

Le sol est généralement profond. Le sol squelettique n'occupe qu'environ les 10% de la superficie totale du massif. L'étude pédologique de la forêt domaniale de l'Edough a fait ressortir plusieurs types de sols répartis dans les classes suivantes: classe des sols peu évolués, classe des sols à sesquioxyde de fer, classe des sols brunifiés (DGRF, 2006).

2.1.2.3 Biodiversité de la région

La richesse floristique

La flore du massif forestier de l'Edough est caractérisée par deux essences principales: le chêne liège, qui occupe jusqu'au sommet toutes les pentes orientées au sud et au sud-ouest, l'autre essence est le chêne-zeen, qui couvre en massif compact toutes les parties humides ou fraîches des versants nord et est.

Le pin maritime se rencontre également par places sur les points où le sol est sec. Il existe, en outre, dans la partie nord de Seraïdi, d'assez nombreux châtaigniers, mélangés avec les chênes-zeen et paraissent spontanés. Dans les ravins ombragés, on trouve le merisier et dans les parties humides aux bords des oueds, l'aulne glutineux.

Dans la région occupée par le chêne liège, le sous bois est composé d'essences diverses où domine la bruyère arborescente, (dont la racine est utilisée pour la fabrication de pipe), l'arbousier, le laurier sauce, le genêt...

Le chêne-zeen avec ses branches étendues et son feuillage dense, présente un couvert plus épais que le chêne liège, aussi, l'ombre qui y règne ne permet pas au sous bois de se développer. Le sol se couvre donc d'un tapis de feuilles mortes qui constitue un humus particulièrement favorable à la croissance de l'arbre. Toutefois, dans les parties les plus claires des peuplements de chêne-zeen, on trouve la cytise à trois fleurs, la bruyère arborescente et parfois, des fourrées où s'entremêlent les chèvrefeuilles, les clématites et les smilax. On ne rencontre le houx que dans des ravins (Tab. 02).

Le tapis herbacé est très réduit à part la fougère (*Polypodium vulgare*) qu'on trouve en abondance, près des sommets. Sur les crêtes sèches pousse le diss (*Ampelodesma mauritanica*).

Tableau. 02: Répartition de la superficie par type de peuplement (DGF Annaba)

Communes	Superficie par espèce (Ha)							Total
	Chêne liège	Chêne zeen	Pin maritime	Pin pignon	Cyprès	Eucalyptus	Acacia	
Annaba	141	-	63	-	-	117	35	356
Seraïdi	3419	738	33	-	-	-	-	4 190
El Bouni	320	-	-	-	-	80	-	400
Oued El Aneb	3 105	-	1 599	-	40	879	-	5 623
Tréat	3 840		650	160	-	-	-	4 650
Chetaïbi	3 708	-	10	-	-	211	-	3 929
T o t a l	14 533	738	2 355	160	40	1 287	35	19 148

La richesse faunistique

Historique: (Rapport manuscrit et anonyme non daté sur le parc National de Bugeaud)

Le capitaine Gometz qui, gouvernant la place de Bône (Annaba) pendant l'occupation espagnole, écrivait en 1535 : « *la montagne de l'Edough est très giboyeuse, on y trouve des lions, des porcs-épic, des ours, des sangliers, des lièvres, des lapins, des perdrix, les sangliers y pullulent à tel point qu'on les voit par bandes en beaucoup d'endroits* ».

Actuellement, la faune n'est plus la même, l'ours puis le lion ont complètement disparu, le dernier lion tué en Algérie, l'a été dans l'Edough vers 1890. On signale parfois une panthère, mais il reste des sangliers, des chacals, des renards, des chats sauvages, des porcs-épic et quelques lièvres.

Parmi les oiseaux, on peut citer la Buse, l'épervier, le pigeon ramier, le merle, la grive et le geai. Au cours de ces pérégrinations, la bécasse s'arrête assez fréquemment dans les ravins. Aujourd'hui, on trouve au niveau du massif de l'Edough les animaux suivants : le sanglier, le porc épic, le hérisson, le lapin, le lièvre, le chacal, le renard, la belette, la loutre et plusieurs espèces d'oiseaux forestiers.

2.1.3 Présentation de la région de Souk-Ahras

2.1.3.1 Situation géographique

La wilaya de Souk-Ahras est localisée au Nord-Est Algérien (36°17'11"N, 7°57'4"E). La wilaya est limitée au nord-est par la wilaya d'El Tarf, au Nord-Ouest par la wilaya de Guelma, au Sud par la wilaya de Tébessa, au Sud-Ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi et à l'Est par la Tunisie (Fig. 03). La wilaya de Souk-Ahras s'étend sur une superficie de 4.359,65 km², ne représente que 0,18% de l'ensemble du territoire national. Elle est divisée en 26 communes, dont quatre ont fait l'objet de notre étude: Souk-Ahras ville, Hanancha, Sedrata et Ain Soltane.

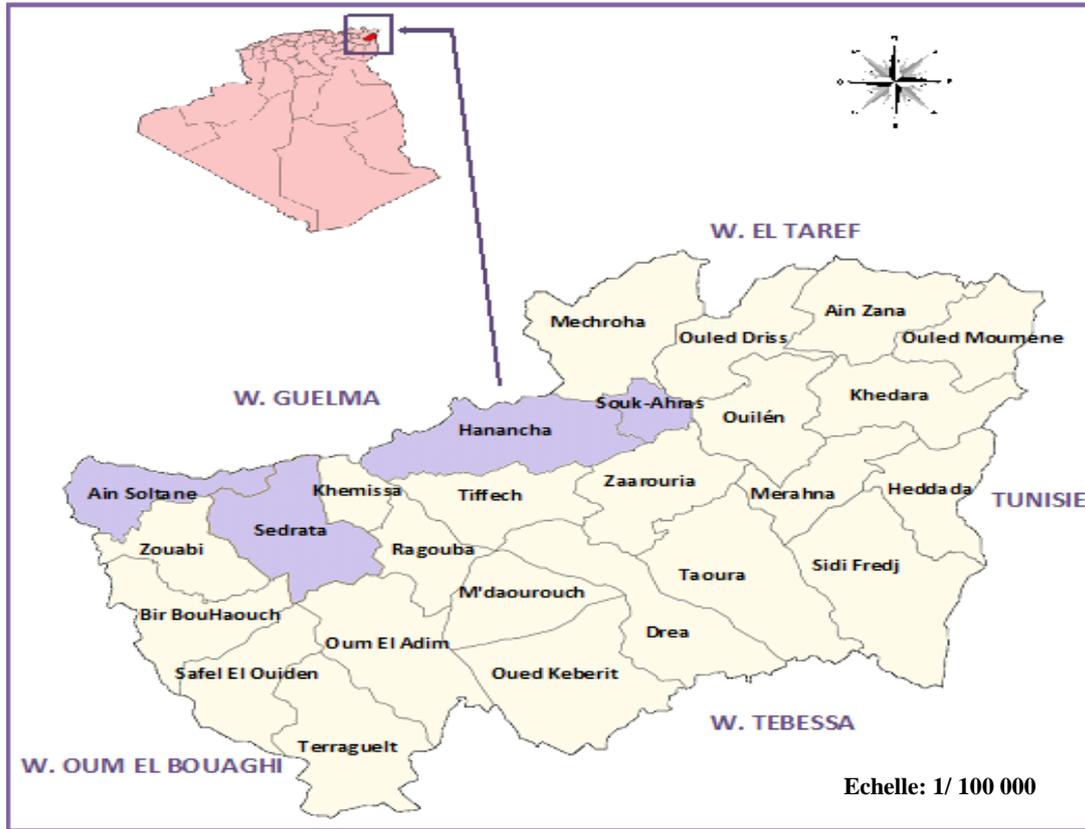


Figure. 03: Situation géographique de la région de Souk-Ahras.

2.1.3.2 Géologie

La wilaya de Souk-Ahras se distingue par deux caractéristiques essentielles : le Nord à caractère montagneux faisant partie de l'Atlas Tellien et le sud faisant partie des hautes plaines. Selon la classification des pentes et du climat dominant, la wilaya de Souk-Ahras se caractérise par trois régions :

- **Région Nord-Est** : c'est une région montagneuse présentant des pentes très rudes variant de 15% à plus de 20% et faisant partie de la chaîne Tellienne, constituant le patrimoine forestier.
- **Région Sud-Ouest** : est une région médiane constituée de piedmonts. Elle est le prolongement des hauts plateaux et est caractérisée par de plaines agricoles et de pâturage.
- **Région Sud**: les terres sont de vastes étendues caractérisées par un relief plat, le sol est dégradé et de faible profondeur aggravé par une exposition aux divers aléas climatiques (faibles pluviométries). C'est l'espace des hauts plateaux (DGF, 2002).

2.1.3.3 Couverture forestière

La wilaya de Souk-Ahras renferme d'importantes potentialités non négligeables, notamment dans le domaine forestier qui peut être un facteur de relance économique très important. En effet, elle recèle une richesse exceptionnelle de part la diversité de sa couverture forestière estimée à plus de 89 000 ha, soit les 21% de sa surface totale, dont 43 625 ha de pin d'Alep et 23 431 ha réservés au chêne (gland et liège).

Sur le volet de la réalisation, quelque 1890 ha ont été reboisés récemment. La correction torrentielle, quant à elle, est de l'ordre de 23 000 m³. Près de 1 270 ha ont été réservés à la plantation fruitière. Les surfaces boisées de pin d'Alep sont situées dans les communes de Merahna, Sidi Fradj, Oum El Adim, Hanancha, M'daourouch, Khemissa, Ouled Driss et Ain Soltane.

Considérée comme la plus importante couverture forestière dans la wilaya, le chêne-liège permet de collecter environ 5 700 q de liège annuellement depuis 1992. Quelque 16% du patrimoine forestier constitué de chêne-liège sont répartis à travers la région du nord-est de la wilaya, notamment les communes de Machrouha, Ain Zana, Ouled Driss. La subéraie de Souk Ahras (12000 ha) représente 12,47 % des forêts de chêne-liège en Algérie.

❖ Situation des subéraies

Les forêts de la wilaya de Souk-Ahras se répartissent en deux secteurs naturels : l'un au Sud regroupant les forêts de pin d'Alep et l'autre au Nord représenté par les forêts de chêne-liège et de chêne zeen. Ces derniers s'étendent sur 24 232 hectares dont 13 080 hectares de chêne-liège.

Les subéraies sont situées au Nord de la wilaya et sont composées de cinq forêts domaniales :

- Forêt domaniale d'Ouled Bechih, d'une superficie de 6582 ha, constituée principalement de chêne-liège et chêne zeen.
- Forêt de Fedj Mecta, d'une superficie de 683 ha constituée de chêne-liège et chêne zeen.
- Forêt domaniale de Bou-Mezran d'une superficie de 7428.8 ha.
- Forêt de Rezgoun d'une superficie de 653.3 ha.

2.1.3.4 Présentation de la zone d'étude Machrouha

Notre travail a été réalisé à la commune de Machrouha, dont la superficie est de 22623 ha. La superficie forestière est de 16448ha et le taux de boisement est de 73%. C'est la commune la plus boisée de la wilaya. Elle regroupe une population totale de 17614 habitants selon RGPH (1998).

Située à un carrefour important, elle est traversée par deux voies, l'une routière que matérialise la route nationale 16 (Annaba - Tébessa) et l'autre ferroviaire qui rattache la ville de Annaba et sa wilaya à la ville de Ouenza et de là vers Tébessa et la Tunisie.

Située à l'extrême nord de la wilaya, la commune de Machrouha est limitée administrativement par les communes de Bouchegouf (w. de Guelma) et Bouhadjar (w. de Taref) au nord, les communes de Souk-Ahras et Hnancha au sud, la commune d'Ouled Driss à l'est et la commune d'Oued Cheham (w.de Guelma) à l'ouest.

La richesse floristique

Les facteurs climatiques ont une influence considérable sur l'existence et la diversité biologique dans la région. Le climat de la région de Souk-Ahras favorise le développement d'un domaine forestier très important sur un terrain très accidenté dont les pentes peuvent dépasser les 20%. La région est connue comme zone agro-forestière qui s'étend sur un grand espace.

La région de Machrouha est distinguée par un couvert végétal très important formé par des plantes et arbres spécifiques au climat méditerranéen. Le patrimoine forestier de la commune offre des niches écologiques à tous les niveaux. La flore est diversifiée et on peut citer parmi les espèces recensées: Le pin d'Alep, le chêne zeen et le chêne-liège qui représente l'essence dominante des forêts naturelles, associée à des reboisements récents. On y trouve aussi des oliviers et l'eucalyptus, ainsi que des essences secondaires composées de genêt, genévrier, oxycèdre, calycotome, myrte, oléastre, thuya, cèdre et les plantes reliques cytise, phylaria et bruyère (RGPH, 1998).

Richesse faunistique

La faune terrestre rencontrée dans l'environnement forestier de la région est constituée de mammifères (sangliers, chacals, renards, lièvres, lapins, gerboises, genettes, furets, porcs épic, mangoustes, hérissons, cerfs de Barbarie qui est une espèce protégée), des oiseaux (vautour percnoptère, faucon pèlerin, huppe fasciée, perdrix gamba, caille des blés, la

tourterelle, chardonneret (espèce protégée), moineau, hiboux grand-duc, hiboux moyen duc, pic vert, pic épeiche, gobe mouche noir, merle noire, mésange noire, mésange charbonnière, fauvette, serin ciné, verdier, palombe, la cigogne) et des reptiles (tortues, lézards, couleuvres). L'entomofaune reste à recenser (RGPH, 1998).

2.1.4 Position climatique des trois régions d'étude

Différents travaux sur la climatologie et la bioclimatologie ont été réalisés sur l'Algérie par de nombreux auteurs. (Seltzer, 1946; Chaumont et Paquin, 1971; Stewart, 1975; Le-Houérou et *al.*, 1977; Djebaili, 1984; Quezel et *al.*, 1994; Benabadji et Bouazza, 1995; Bouazza, 1995; Benabadji et Bouazza, 2000 cités par Ait Mouloud, 2006) qui s'accordent à intégrer le climat algérien au climat méditerranéen. Ce dernier est caractérisé, selon Daget (1984), par deux saisons principales: une saison humide et fraîche à forte pluviométrie qui correspond à l'hiver, et une saison estivale sèche avec un minimum de précipitation. Emberger (1930, 1943, 1955, 1971) lui reconnaît deux composantes essentielles:

1- l'été est la saison la moins arrosée

2- et, de plus, il est biologiquement sec.

De nombreux indices bioclimatiques ont été proposés par des géographes (Lang, de Martonne) et par des botanistes (Gaussen, Emberger) pour caractériser le climat. La plupart de ces indices bioclimatiques combinent des valeurs des précipitations (Pr) et des températures (T).

Ainsi, la délimitation d'une aire isoclimatique méditerranéenne résultera de l'analyse des régimes pluviaux et de l'analyse de sa sécheresse estivale. C'est cette démarche que nous suivrons pour définir le climat de notre zone de travail en raison de la disponibilité de données pour ces deux paramètres climatiques sus cités.

C'est enfin en fonction de ces deux critères que le climat est agencé en « niveaux bioclimatiques ». Ces critères ombriques et thermiques sont représentés et corrélés sur des climagrammes dont celui d'Emberger est le plus utilisé en région méditerranéenne (Lehouerou et *al.*, 1977 ; Achhal et *al.*, 1980).

Le climat de l'Algérie se distingue par une influence marine au nord, et par une tendance continentale subdésertique provenant du sud. Les vents prédominants sont de direction nord et nord- est (Lounaci, 2005).

La pluviométrie en Algérie est sous l'influence de facteurs géographiques comme l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente

d'ouest en est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le sud (Seltzer, 1946 ; Quezel, 1957 et Chaumont et Paquin, 1971 cités par Lounaci, 2005).

2.1.4.1 Précipitations

D'après les données météorologiques fournies par les stations d'El Kala, Souk-Ahras et Séraïdi, nous avons mesuré les précipitations mensuelles d'une période qui s'étale de 2002 jusqu'au 2011 (Tab. 03).

Ce tableau montre que les précipitations sont réparties sur l'ensemble de l'année avec une moyenne annuelle de l'ordre de 810,1 mm à El Kala, 831,39mm à Souk-Ahras et 978,93mm à Séraïdi. Les précipitations maximales moyennes mensuelles sont enregistrées au mois de Décembre pour les trois régions d'étude. Elles varient de 135,38mm à El Kala, 147,69mm à Souk-Ahras et 229,9mm à Séraïdi. Les précipitations minimales moyennes mensuelles se situent au mois de Juillet pour les trois régions : 1,97mm à El Kala, 10,19 mm à Souk-Ahras et 6,90mm à Séraïdi.

Tableau 03: Moyennes mensuelles des précipitations (mm) enregistrées sur une période (2002 – 2011)

Mois / Région	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Préc anl
El Kala	115,79	84,48	98,18	70,45	36,37	14,07	1,97	9,26	60,68	74,14	109,33	135,38	810,1
S-Ahras	127,12	88,14	77,51	87,12	65,86	25,45	10,19	20,32	43,06	63,33	75,6	147,69	831,39
Séraïdi	195,3	109,2	125,8	105,2	34,94	21,3	6,90	21,3	59,3	84,09	146,7	229,9	978,93

2.1.4.2 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 (De Belair, 1990).

Le seuil des températures minimales et maximales influence directement les besoins en eau de la région surtout en période sèche et humide.

La température moyenne annuelle est plus élevée à El Kala (18,85°C) par rapport à Souk-Ahras et Séraïdi (15°C). La température moyenne des différentes régions d'étude est peu variable. Les mois de Juillet et Août sont les plus chauds, alors que Janvier et Février sont les plus froids pour les trois régions (Tab. 04).

Tableau 04: Moyennes mensuelles des températures (°C), enregistrées sur une période

(2002 -2011)

Mois Région	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy anl
El Kala	12,81	12,68	14,47	16,23	19,45	22,63	25,87	26,79	23,55	21,56	16,72	13,44	18,85
S-Ahras	7,48	7,86	10,46	13,58	17,49	22,32	26,42	25,91	21,47	17,74	12,16	8,41	15,94
Séraïdi	7,51	7,58	11,10	13,05	17,3	22,6	23,4	24,8	20,2	18,0	11,9	8,3	15,49

2.1.4.3 Autres facteurs climatiques

L'humidité

La proximité de la mer et des étendues de zones humides favorisent la nébulosité de la région d'El-Kala et Séraïdi. 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 (Boumezbeur, 1993). L'humidité de l'air varie entre 73,47% à El Kala, 71,40% à Séraïdi et 68,04% pour la région de Souk-Ahras avec un maximum durant l'hiver et au début de l'été (Tab. 05).

Tableau 05: Moyennes mensuelles de l'humidité relative (%) enregistrées sur une période (2002 – 2011)

Mois Région	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy anl
El Kala	76,06	74,76	74,63	74,08	72	71,06	69,78	70,06	72,77	73,53	75,75	77,2	73,47
S-Ahras	77,55	77	74,35	72,9	67,65	59	51,7	53,51	64,5	69	71,2	78,15	68,04
Séraïdi	81,10	79,6	73,7	74,2	69,3	60,1	57,8	61,1	69,5	70,8	78,1	81,5	71,40

Le vent

Les vents nord-ouest dominants sont souvent chargés en humidité et en précipitations de l'Atlantique. La vitesse moyenne reste modérée car elle ne dépasse pas les 20m/s (De Belair, 1990).

2.1.5 Synthèse bioclimatique

Une carte bioclimatique a pour but de représenter pour une région donnée une synthèse des facteurs du climat ayant une importance particulière pour les êtres vivants. Elle est donc basée sur un aspect particulier de l'étude du climat. Cependant, la notion même de « climat » est extrêmement complexe. On est encore au stade de l'expérience pour déterminer

l'action de tel ou tel facteur climatique sur telle espèce animale ou végétale. On est encore aux conjectures pour démêler les interactions de certains facteurs climatiques entre eux (UNESCO. FAO, 1963).

Dans le but de visualiser d'avantage les caractéristiques bioclimatiques permettant de classer nos zones d'études dans le contexte climatique global, le calcul d'indice climatique est important.

2.1.5.1 Le Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

L'index ombrothermique traduit l'effet du stress hydrique sur le développement de la végétation et la formation de la biomasse (Bagnouls et Gaussen, 1953) et exprime la durée et l'intensité de la saison sèche. Il est employé pour identifier des phénomènes liés à la sécheresse (indiqués par des valeurs positives de BGI) et pour l'évaluation des zones sensibles à la désertification dans la région méditerranéenne (Kosmas *et al.*, 1999).

Bagnouls et Gaussen (1953) considèrent, sur la base d'une comparaison graphique entre les précipitations (P) et les températures (T), deux saisons avec une échelle des pluies deux fois plus grande que celle des températures : l'une humide et l'autre sèche. On parle de saison sèche lorsque la courbe des pluies passe en dessous de celle des températures autrement dit lorsque $P=2T$.

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

Selon Sauvage (1963), dans la région méditerranéenne, pendant les années normales, la sécheresse peut aller jusqu'à six mois allant de la fin du printemps à l'automne.

Les diagrammes ombrothermiques établis dans la figure (4) montrent que dans les régions d'étude, on distingue : deux périodes humides et une période sèche.

Selon la même figure (4), on constate que la période sèche s'étend de 3 mois et plus jusqu'à 4 mois. A partir du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre pour la région d'El-kala, du fin Mai jusqu'au mois de Septembre pour la région de Souk-Ahras et concernant la région de Seraidi s'étend du mois de Mai jusqu'au mi-Aôut.

La période humide à El-Kala s'étale du mois de Janvier jusqu'au mois de Mai et la deuxième du mois de Septembre jusqu'au mois de Décembre. A Souk-Ahras s'étend du mois de janvier jusqu'à la fin mai et la deuxième du mois de Septembre jusqu'au mois de Décembre. A Séraïdi, la période humide s'étale du mois de Janvier jusqu'au mois de Mai et la deuxième de mi-Aôut jusqu'au mois de Décembre (Fig. 04).

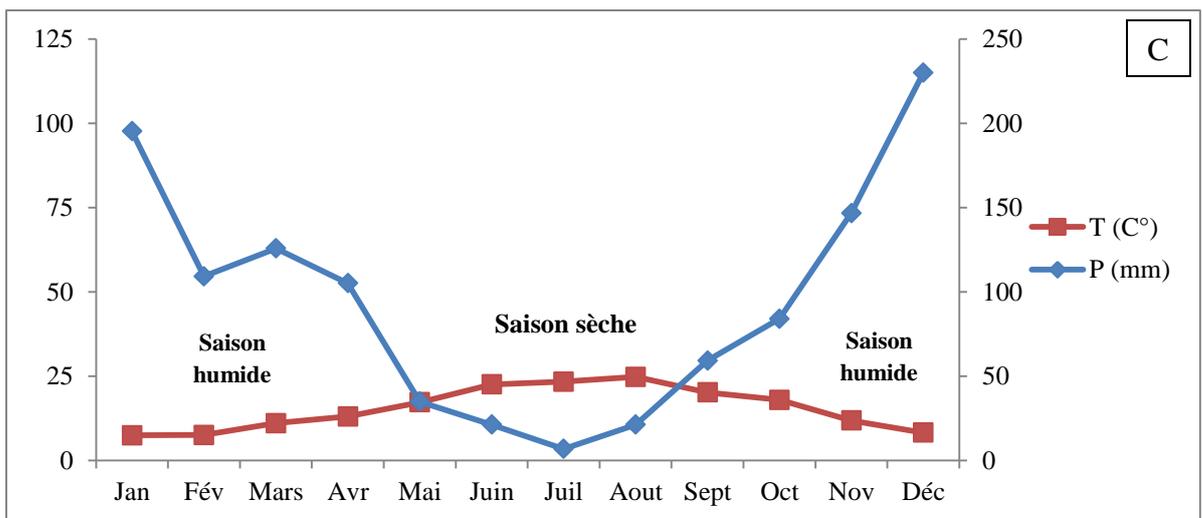
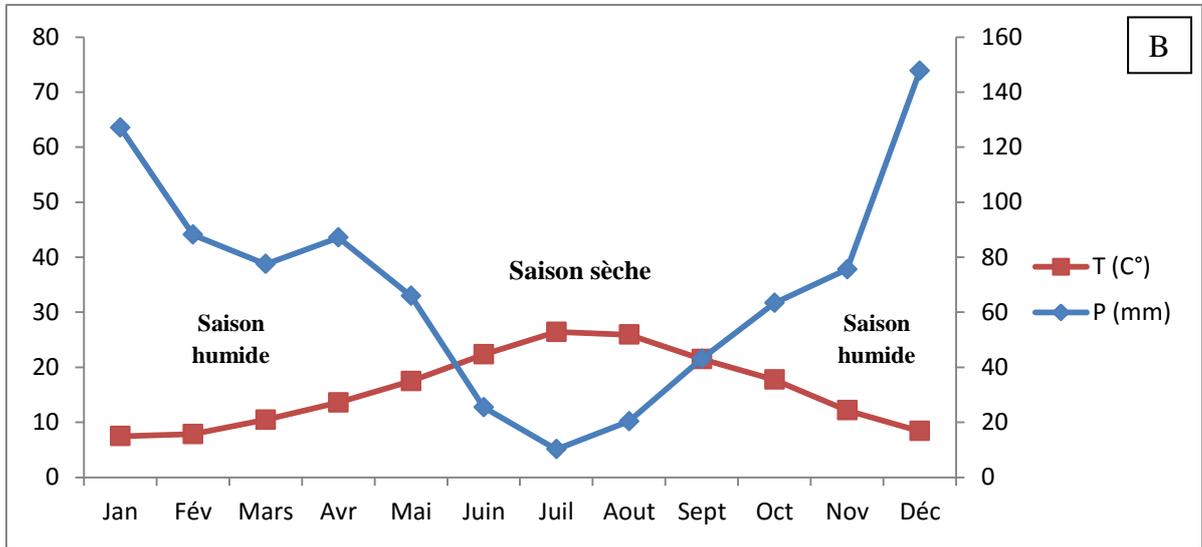
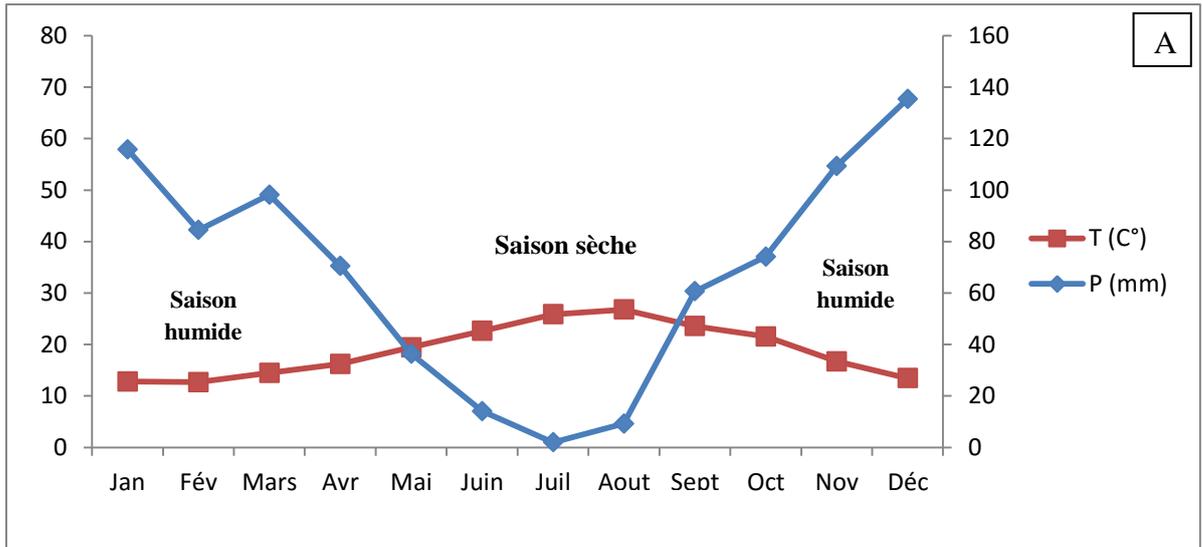


Figure. 04: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de : (A) El Kala, (B) Edough et (C) Souk-Ahra

2.1.5.2 Calcul du quotient pluviothermique d'Emberger

Pour le bassin méditerranéen, à partir d'un coefficient pluviothermique d'Emberger (indice d'aridité perfectionné par la prise en compte de l'amplitude thermique annuelle), Emberger a classé toutes les situations météorologiques suivant deux coordonnées : d'une part les valeurs de ce coefficient et d'autre part la moyenne des températures du mois le plus froid.

D'après Emberger (1930,1955). Le bassin méditerranéen dans son ensemble peut être subdivisé en cinq étages bioclimatiques : aride, semi-aride, subhumide, humide et per humide :

Aride: P compris entre 100 et 400 mm.

Semi-aride : P compris entre 400 et 600 mm.

Sub-humide : P entre 600 et 800 mm.

Humide : P entre 800 et 1200 mm.

Per-humide: P > 1200 mm (Quezel, 2000).

Selon Emberge (1936), l'étage bioclimatique correspond à l'étage de végétation et les diverses structures de végétation qui correspondent à des critères écologiques spécifiques, notamment en fonction des étages altitudinaux de végétation et de types bioclimatiques (Quezel *et al*, 1990), peuvent être représentés sur le climagramme (Quezel, 2000).

Le quotient pluviothermique d'Emberger « Q₂ » est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat :

P : Précipitation annuelles en mm ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré de Kelvin (°K) ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré de Kelvin (°K). (Khanfouci, 2005).

La formule utilisée pour le calcul est la suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{(M-m)}$$

Tableau. 06: Diagramme Ombrothermique des stations d'étude (2001/2011).

La région	M (°K)	m (°K)	P (mm)	Q ₂	M (°C)
El Kala	304,39	281,63	810,1	121,47	8,63
Souk-Ahras	308,54	275,61	831.39	86,44	2,61
Séraïdi	301,61	278,02	978,93	143,18	5,02

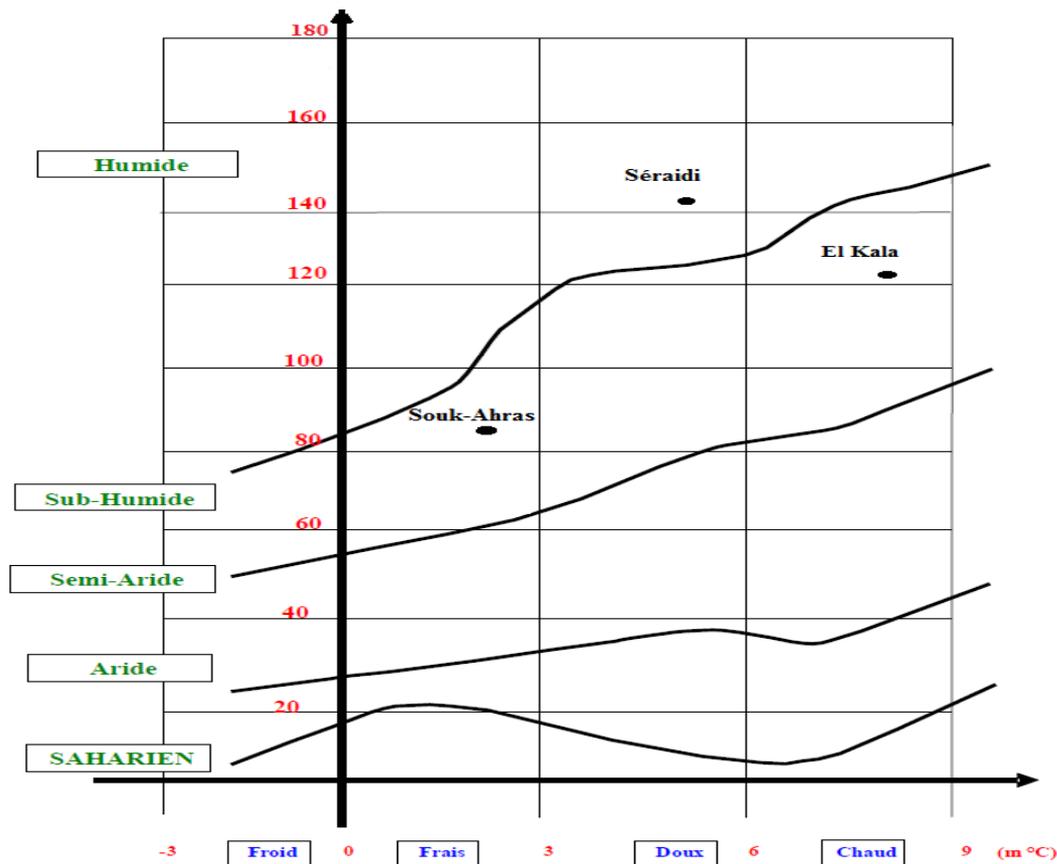


Figure. 05: Position des régions El-Kala, Souk-Ahras et Séraïdi sur le diagramme d'Emberger.

D'après les données précitées, nous avons marqué les valeurs du quotient pluviométrique d'Emberger des trois régions d'étude. Il est égal à 121,47 à El Kala et 86,44 qui permettent de situer les deux régions dans l'étage bioclimatique sub-humide, à hiver chaud à El Kala et hiver frais à Souk-Ahras. À Séraïdi, le quotient est égal à 143,18 qui permet de situer la région dans l'étage bioclimatique humide à hiver doux (Fig. 05).

❖ Le choix des sites d'échantillonnage

De deux à trois sites d'échantillonnage ont été établis pour chaque région choisie du nord-est algérien. Au début, nous avons choisi les subéraies d'El-Kala avec trois sites d'échantillonnages: Brabtia, Sanaoubari et El-Mellah (Fig.06A, 07). Après cinq ans, il a donc fallu étendre les recherches à d'autres subéraies, afin de rendre possible la mise sur pied, la stratégie de surveillance de l'état sanitaire des subéraies. Nous avons choisi la région de Seraidi avec deux sites d'observation: Sidi- Temmem et El-Berouaga (Fig.06B, 07). La troisième région est celle de Souk-Ahras avec 3 sites qui se situent dans la région de Mechroha: M'ghassel, Kef M'kasser et Gliaa (Fig.06C, 07).

Ce choix est basé sur la possibilité d'accéder facilement aux sites, afin de nous permettre la sélection des arbres-échantillons. Les coordonnées géographiques de tous les sites sont mentionnés dans le tableau 07, 08 et 09.

L'étape préalable à la prise des observations sur le terrain a consisté à localiser les peuplements qui correspondaient aux critères de sélection. Les peuplements choisis devaient répondre aux caractéristiques suivantes :

- Peuplement pur de chêne-liège
- Arbres démasclés
- Nous avons envisagé, en particulier, l'intégration des lisières forestières qui sont potentiellement plus exposées à certains agents de dommages forestiers biotiques ou abiotiques.

Tableau.07: Les coordonnées géographiques des stations de Seraidi

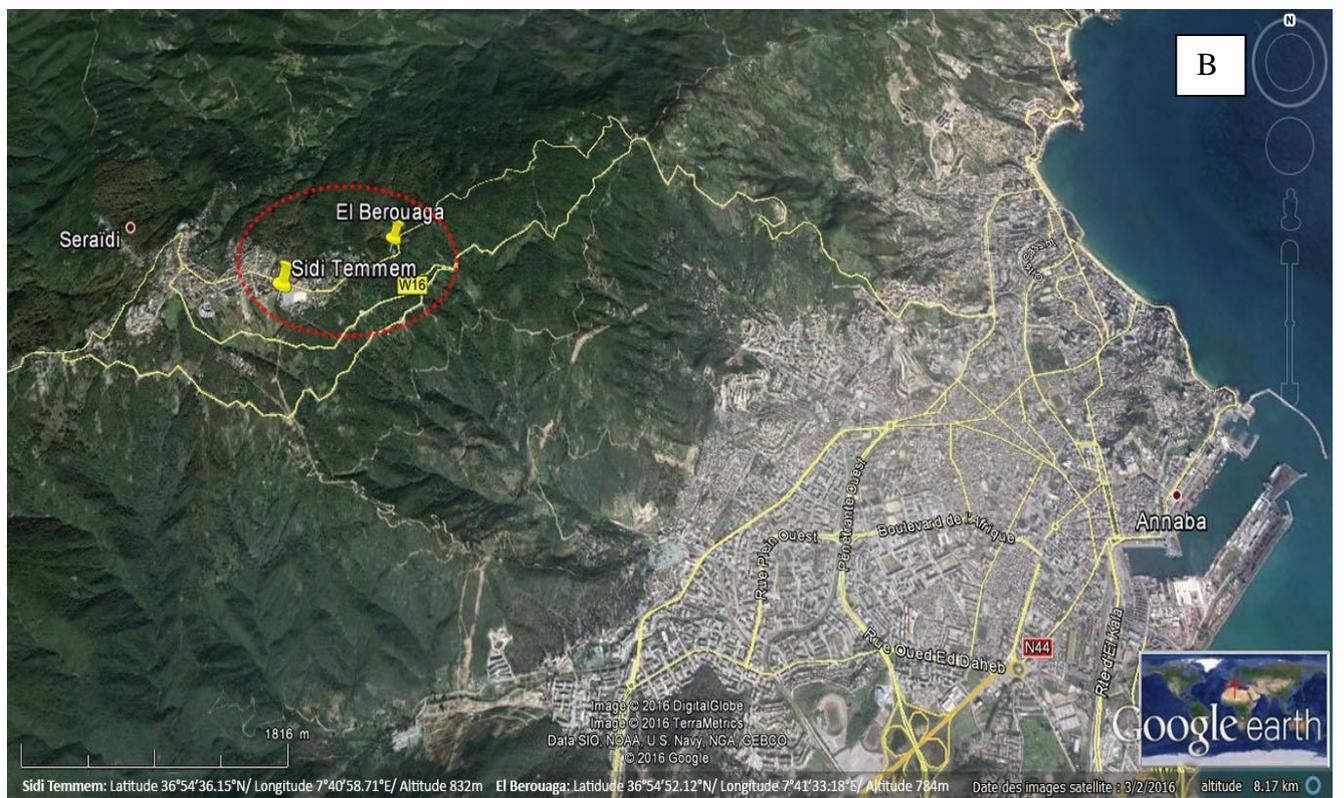
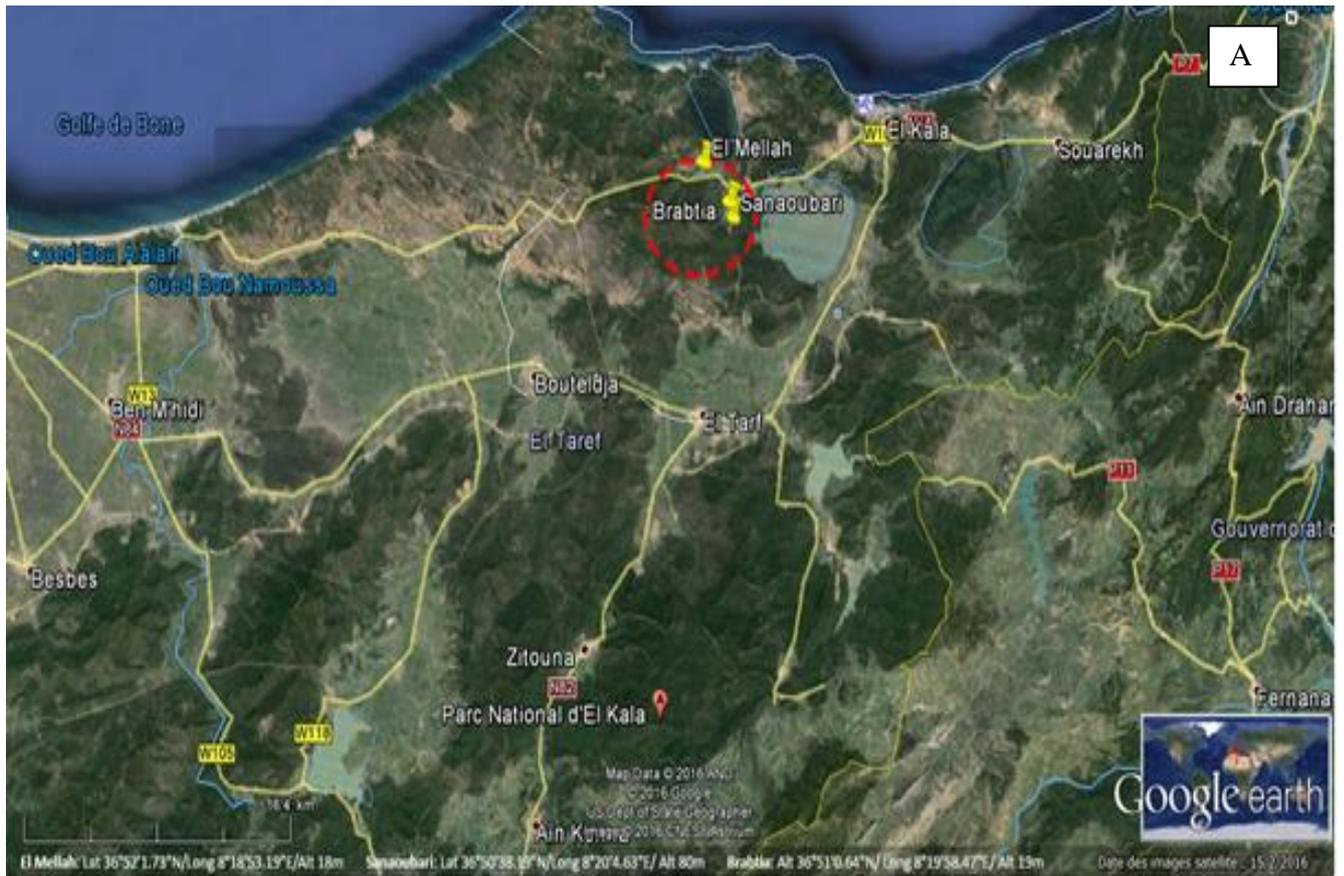
Seraidi	Sidi Temmem	El Berouaga
Latitude	36° 54' 33,73'' N	36° 54' 52,78'' N
Longitude	07 ° 41' 00,97'' E	07 ° 41' 32,16'' E
Altitude	832m	788m

Tableau.08: Les coordonnées géographiques des stations d'El-Kala

El-Kala	Brabtia	El-Mellah	Sanaoubari
Latitude	36° 51' 00.64'' N	36° 52' 01.73'' N	36 50' 38.19'' N
Longitude	8° 19' 58. 47'' E	8° 18' 53.19'' E	8° 20' 4. 63'' E
Altitude	19m	17m	18m<

Tableau. 09: Les coordonnées géographiques des stations de Souk-Ahras

Souk-Ahras	M'ghassel	Kef M'kasser	Gliaa
Latitude	36°22'04.30''N	36°22'29.06''N	36°23'02.76''N
Longitude	7°50'51.15''E	7°50'51.64''E	7°51'13.57''E
Altitude	738m	770m	939m



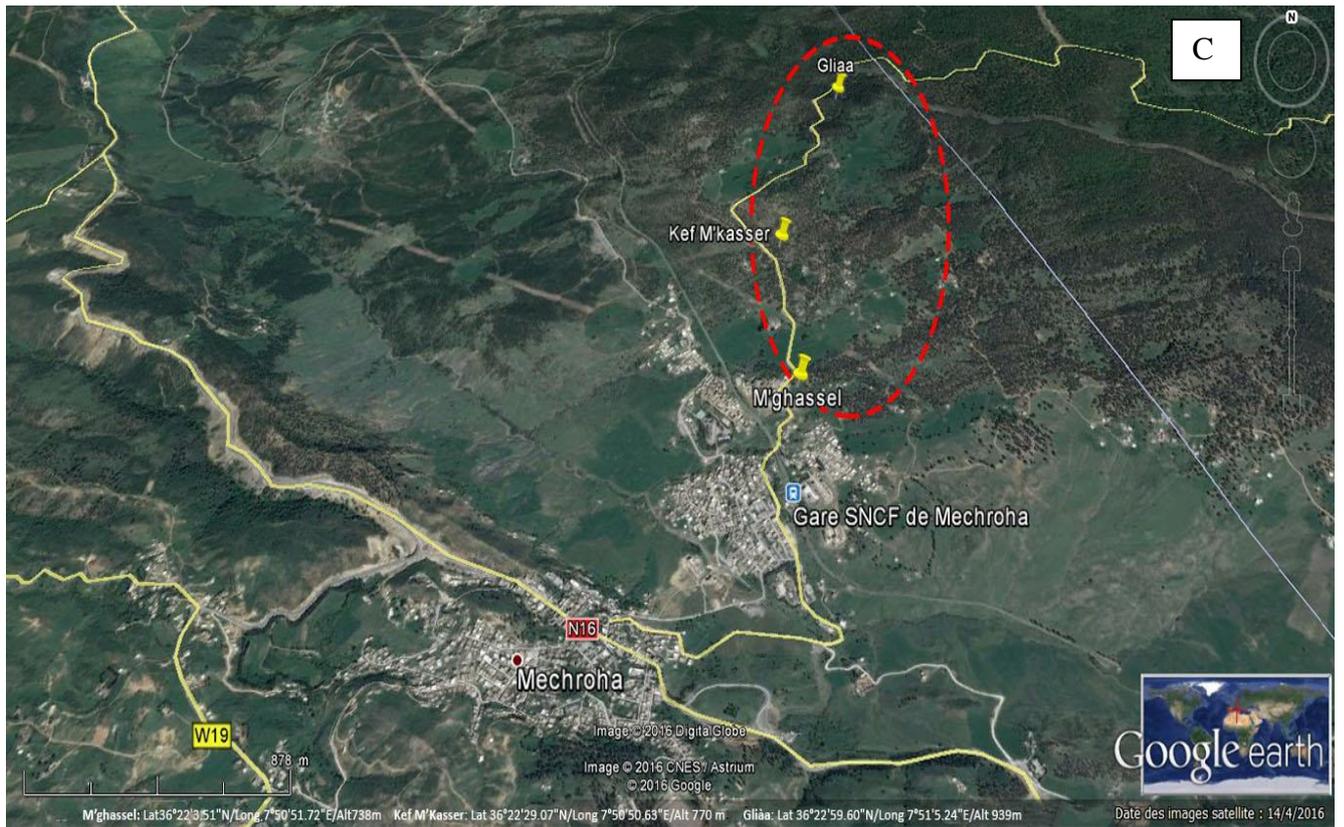


Figure.06: Plan de situation des arbres étudiés dans les trois régions (Google earth, 2016)
(A): La région d'El-Kala.
(B): La région de Seraidi.
(C): La région de Souk-Ahras.

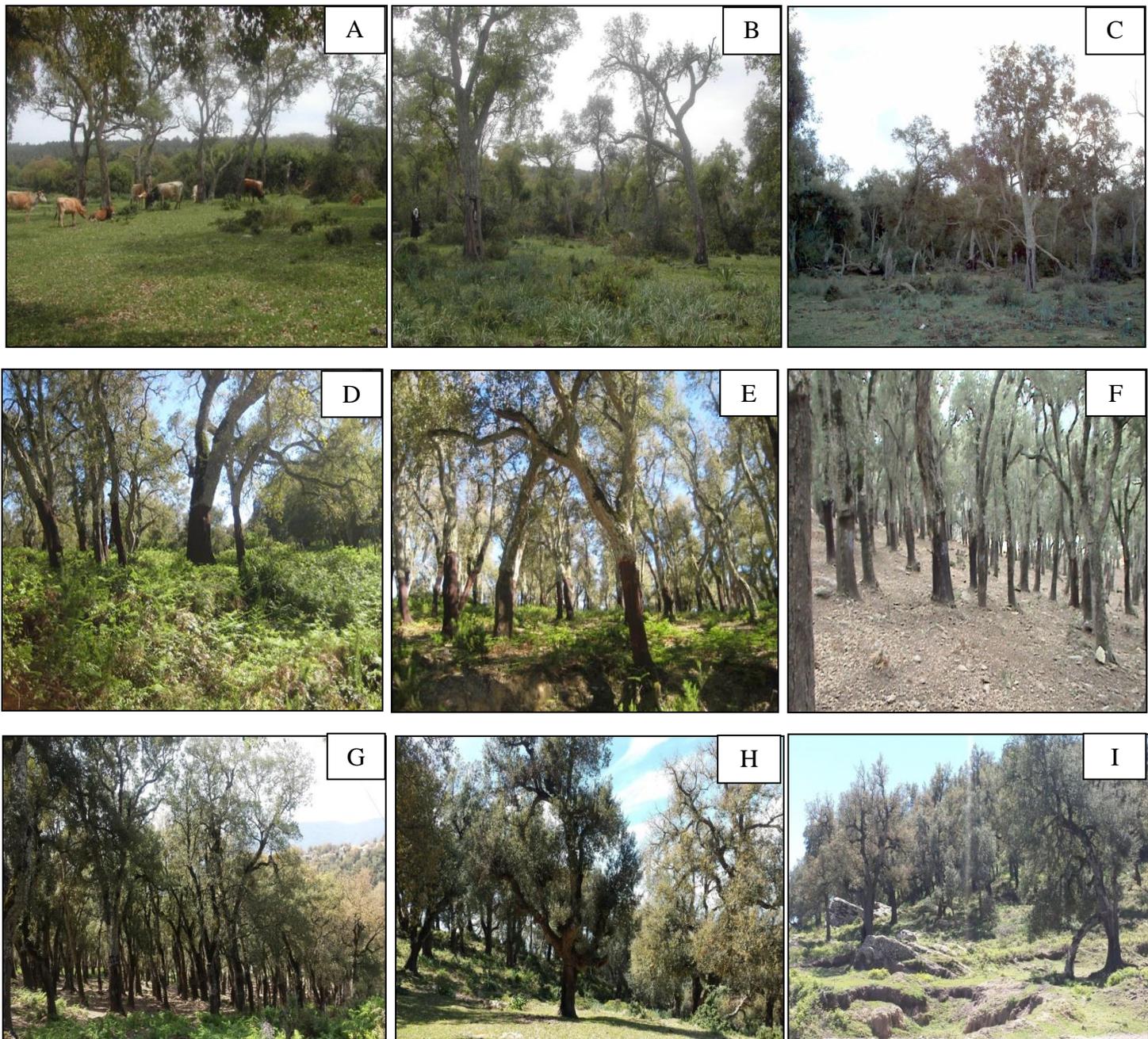


Figure. 07: Les différentes subéraies étudiées des trois régions
 (Cliché Adjami, 2005- 2010-2016)
 (A), (B), (C): Les subéraies d’El-Kala.
 (D), (E), (F): Les subéraies de Seraidi.
 (G), (H), (I): Les subéraies de Souk-Ahras

2.2 Présentation du chêne-liège

On désigne par subéraie, des peuplements forestiers dominés par le chêne-liège, en latin *Quercus suber*, le mot « suber » signifie liège (Amandier, 2002).

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce végétale qui appartient à la famille des Fagacées (sous famille des Quercoïdées), ordre des Fagales, classe des Dicotylédones, sous embranchement des Angiospermes, embranchement des Spermaphytes et genre *Quercus*, un genre qui comprend 200 à 500 espèces dont 6 existent en Afrique du nord. L'arbre a été décrit pour la première fois par Linné en 1753 (Nativadade, 1956). Le chêne-liège est relativement polymorphe, de nombreuses variétés ont été décrites.

Phylogénétiquement, le chêne-liège est considéré comme étroitement lié à trois espèces asiatiques de chêne, qui sont toutes à feuilles caduques. Il s'agit du chêne chevelu (*Quercus cerris*) du sud-ouest de l'Asie, le chêne-liège en dents de scie (*Quercus acutissima*) de l'Asie orientale, et le chêne-liège (*Quercus variabilis*) (Manos & Stanford, 2001). En outre, de récentes études génétiques suggèrent une origine évolutive du chêne-liège, se situant un peu à l'est de son aire de répartition actuelle (Lumare et al., 2005). En effet les fossiles des ancêtres de chêne-liège, dans le groupe *Quercus sosnowsky*, ont été trouvés en France, la Pologne, la Roumanie, la Bulgarie, la Turquie et la Géorgie (Bellarosa, 2000). Cependant, l'origine du chêne-liège est encore en débat (Magri et al., 2007). Au siècle dernier, le chêne-liège a été introduit artificiellement dans plusieurs pays en dehors de la région méditerranéenne, comme un arbre ornemental d'ombrage et de curiosité botanique ou dans l'espoir de générer la production de liège local. Raisonnablement, une bonne acclimatation a été observée en Bulgarie (Petrov & Genov, 2004), la Nouvelle-Zélande (Mac Arthur, 1994), le sud de l'Australie, le Chili et la Californie (*in* Bekdouche, 2010).

2.2.1 Répartition du chêne-liège dans le monde

Le chêne-liège occupe une place bien particulière au sein de la forêt méditerranéenne. Il couvre une superficie totale d'environ 2,7 millions d'hectare (Remacha Gete, 2002). Le tableau (10), présente les superficies du chêne-liège dans le monde selon différents auteurs, dont on remarque que les subéraies européennes possèdent les 2/3 de la subéraie mondiale, dont seul le Portugal occupe 30%. Par contre, les subéraies maghrébines occupent le reste de la superficie (1/3) dont la moitié est localisée en Algérie (Fig. 08, Tab. 10).

Selon Pausas *et al.* (2009), une grande partie de ce que nous voyons aujourd'hui des subéraies ne représentent que des reliques.

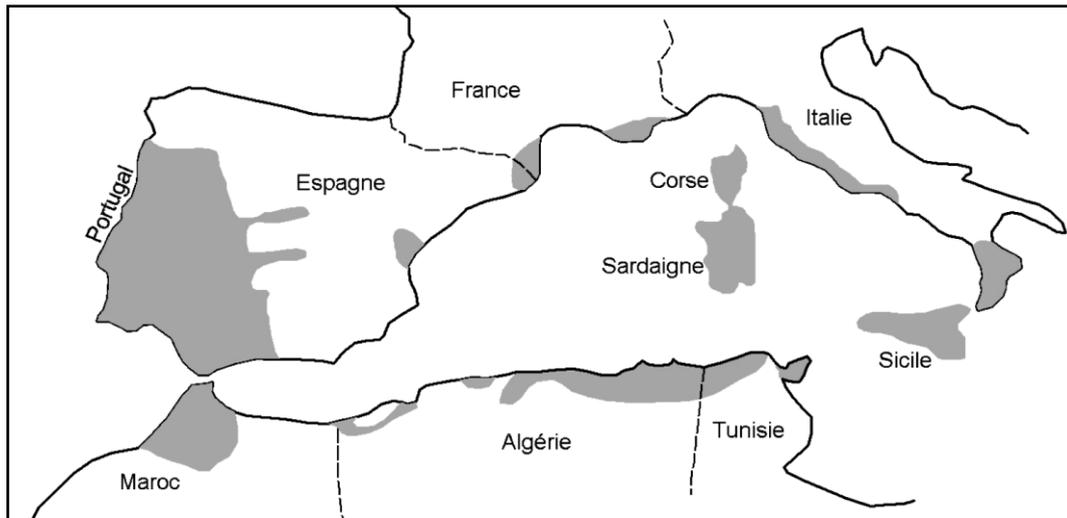


Figure. 08: Distribution du chêne-liège dans son aire géographique (Machouri, 2009)

Tableau.10: Superficies (ha) occupées par le chêne-liège dans différents pays et selon de nombreux auteurs

	Saccardy (1937)	Natividade (1956)	Seigue (1985)	Veillon (1998)	Yessad (2000)	Santos Pereira <i>et al.</i> (2008)
Portugal	600 000	765 000	600 000	60 000	605 000	862 000
Espagne	340 000	350 000	365 000	340 000	352 000	725 000
France	150 000	149 000	54 000	70 000	56 000	44 000
Italie	75 000	107 000	70 000	70 000	70 000	99 000
Algérie	444 000	426 000	440 000	200 000	450 000	375 000
Maroc	300 000	360 000	320 000	300 000	345 000	440 000
Tunisie	140 000	114 000	45 000	100 000	90 000	144 000
Total	2 045 000	2 271 000	1 894 000	1 680 000	1 968 500	2 689 000

2.2.2 La répartition du chêne-liège en Algérie

En Algérie, le chêne-liège domine dans la partie humide, de l'est d'Alger jusqu'à la frontière tunisienne. Il s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale où il offre le maximum de son aire de répartition. Dans la partie ouest, il reste disséminé et constitue des îlots de moindre importance. Il se répartit à travers 22 wilayates (Fig. 09). L'Algérie offre une superficie appréciable de 410 000 hectares selon les estimations données par Silva & Catry (2006). Les différentes estimations de la superficie de la subéraie algérienne données par Zeraia (1981) se situent entre 400 000 et 480 000 hectares. Khelifi (1987) pour sa part, note suite aux diverses dégradations, une réduction de cette aire pour se situer autour de 200 000 hectares (*in* Bekdouche, 2010).

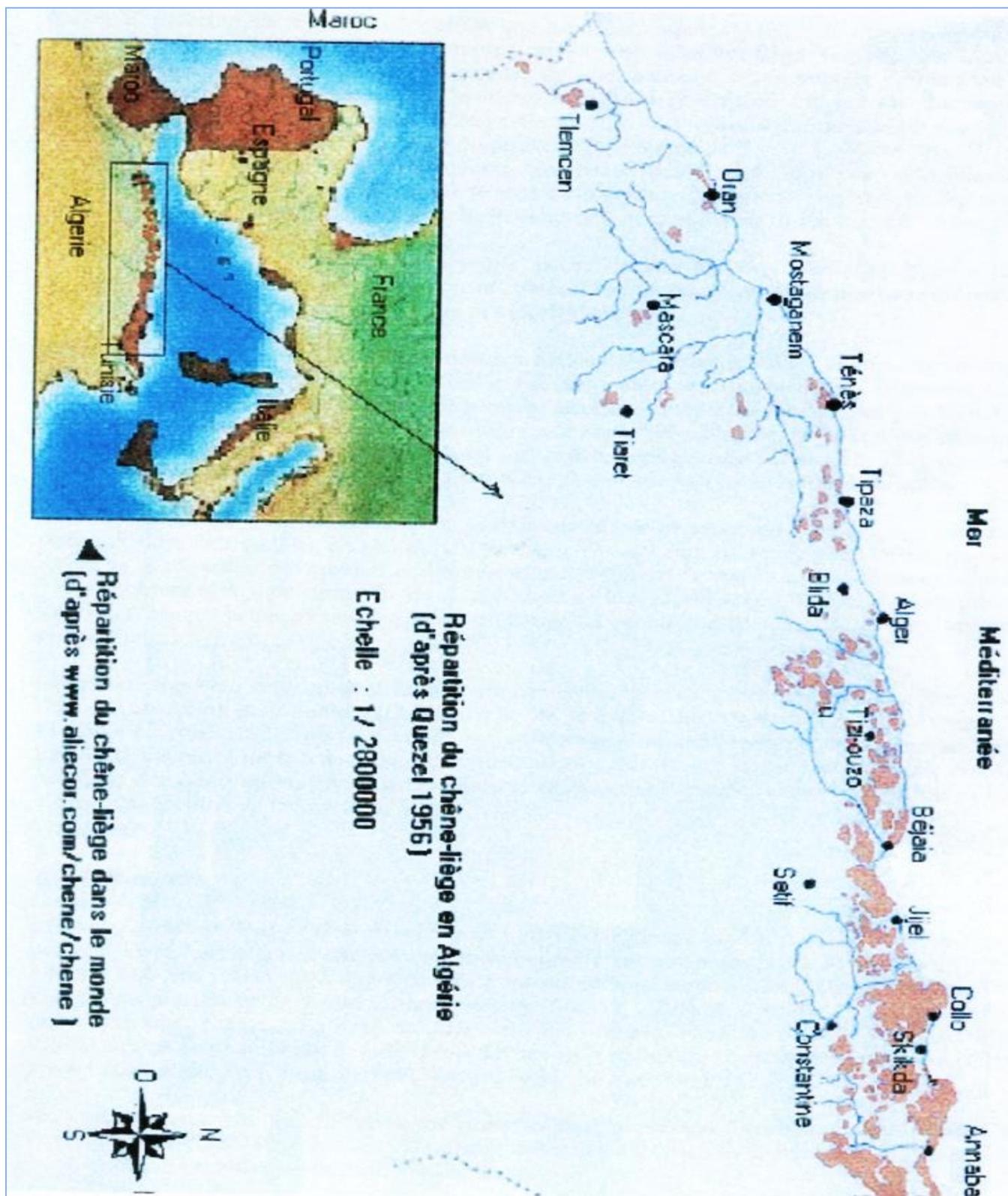


Figure. 09: Aire de répartition de chêne-liège (Bouhraoua, 2003).

2.2.2.1 Aperçu historique

L'Algérie couvre une superficie d'environ 2,4 millions de km², ce qui permet de la classer en première position en Afrique du point de vue étendue. Le Sahara couvre près de 84% de son territoire à savoir, 2 millions de km². La partie nord est constituée par des terres à vocation forestière qui occupent 250 000 km², soit un peu plus de 10% de la superficie totale. Les conditions pédoclimatiques sont généralement favorables au développement des forêts (Ouelmouhoub, 2005).

L'époque précoloniale

Les grandes forêts de chêne-liège n'étaient pas vraiment exploitées, les Turcs se contentaient d'utiliser le liège dans la confection des ruchers et de tablettes destinées aux dépôts de leur provision à l'intérieur de leur habitation et parfois pour la toiture. Par contre, les massifs de chêne-liège étaient plus utilisés comme parcours pour leurs cheptels ovins et bovins, et ce pour la richesse de leurs sous-bois tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Ceci permet d'entretenir l'alimentation du bétail, et d'assurer des revenus non négligeables à toutes les populations riveraines qui ont toujours utilisé diverses espèces à des fins diverses (C.C.I.A, 1973).

L'époque coloniale

Dix années après la colonisation française en 1830, le gouvernement ordonna l'exploitation des massifs de chêne liège, et dès 1841, des études ont été engagées sur les possibilités de production des grands massifs de chêne liège, dont les plus touchés sont ceux d'El Kala, Skikda et Annaba. L'exploitation se faisait par le biais des concessions. Ces dernières ont été le résultat de l'intérêt économique que pouvait procurer le liège à cette époque et par ailleurs, combler les importations massives de la France en la matière. Le revenu obtenu du chêne-liège constituait les 3/4 du revenu national (Marc, 1930).

Après l'indépendance

Dès l'indépendance, le service forestier algérien a repris l'exploitation des massifs de chêne liège. En raison d'une absence d'exploitation durant la guerre de libération, la production a atteint un pic jamais égalé depuis, soit 350 000 qx en 1965. Cette quantité a baissé durant les 24 années qui suivirent, elle a subi des fluctuations à tendance régressive durant les 30 dernières années (1972 - 2002) (Letreuch-Belarouci, 2010).

La surface actuelle occupée par le chêne-liège en Afrique du nord est probablement inférieure à 30% de sa superficie potentielle à cause du surpâturage, des incendies et l'absence d'aménagement (Charco, 1999 in Pausas, 2009).

Depuis l'indépendance à ce jour, la production annuelle du liège n'a cessé de fluctuer d'une année à une autre (Fig. 10). Cette situation découle de la conjoncture sécuritaire qu'a connue l'Algérie sur une décennie. La production du liège a chuté aux environs les 32 000 qx. (Letreuch-Belarouci, 2010 in Berriah, 2014).

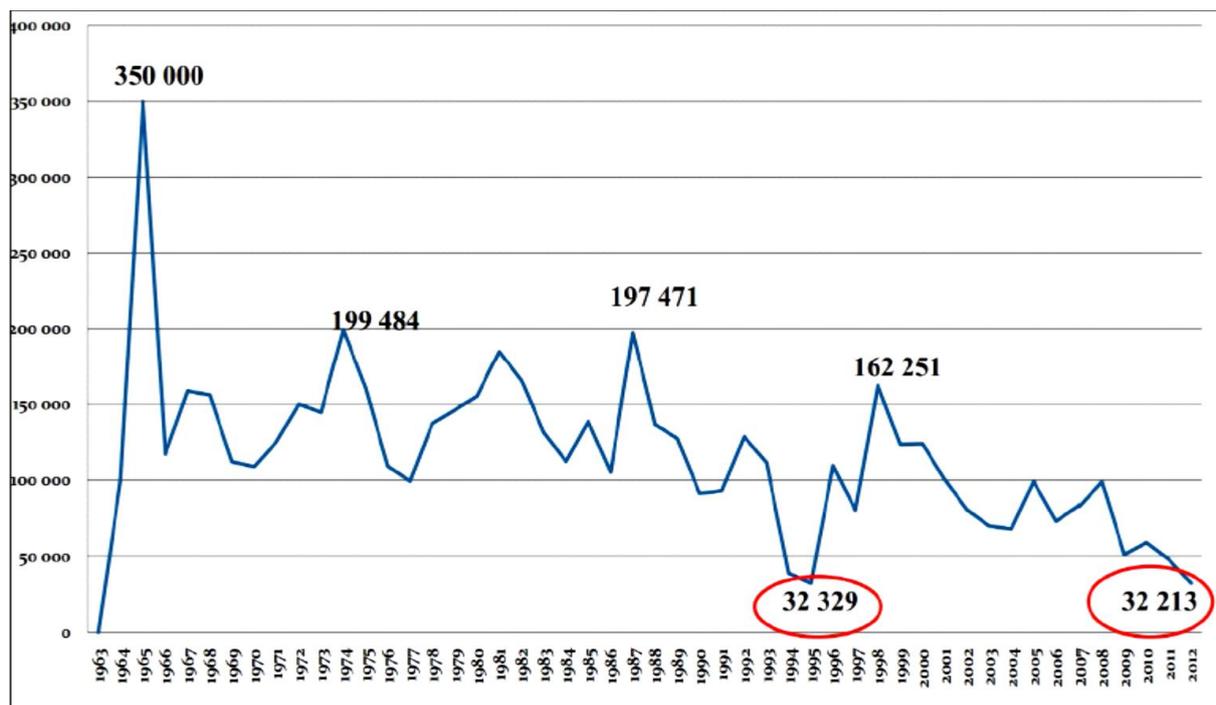


Figure. 10: Production annuelle de liège (Quintaux) 1963/2012 (D.G.F., 2013).

2.2.2.2 Forêts de chêne-liège de la région forestière du littoral-Est (Wilayas: Boumerdes, Tizi Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba, El Tarf et Guelma)

- **Massifs forestiers de la région centre- Est** (régions de Tizi Ouzou, Azazga Tizirt, est de Béjaia- Jijel)
- **Massifs forestiers de Collo - El Milia**
- **Massifs forestiers de l'Edough et de Guerbes** (W. de Annaba et Skikda) :
- **Massifs forestiers de Bouchegouf, de la Medjerda et de Beni Salah** (W. de El Tarf, Guelma et Souk Ahras, partie nord).

2.2.2.3 Forêts de chêne-liège de la région forestière du Tell- central

- **Sous région forestière des monts du Dahra et du massif montagneux du Zaccar** (Wilayas de Chlef, Tipaza, Ain Defla) qui sont bien boisés
- **Sous région forestière du massif montagneux de l'Ouarsenis:**(Wilayat de Chlef, Relizane, Ain Defla, Tissemsilt, Médéa).
- **Sous région forestière de l'Atlas Blidéen :**(*Wilaya de Blida, Médéa et Bouira*).

2.2.2.4 Forêts de chêne-liège de la région forestière - Ouest

- **La sous région Nord - Ouest:** Constituée par la chaîne littorale et la chaîne médiane du Tell oranais.
- **Forêts de la chaîne littorale :** Monts de Traras, les massifs côtiers de Ain Témouchent et d'Oran, les monts sublittoraux de Mostaganem et le Dahra, est peu boisée.
- **Mont de Traras** (Wilaya de Tlemcen)
- **Piémonts côtiers de Beni Saf et de El Amria** (Wilaya de Ain Témouchent).
- **Massif côtiers d'Oran**

2.2.3 Caractéristiques botaniques

Le chêne-liège est un arbre de taille moyenne de 10 à 15 mètres et peut atteindre 20 à 25 m. La cime est irrégulière, s'étalant en longueur. L'arbre présente un couvert léger laissant passer la lumière. À l'état isolé, le tronc est couvert de grosses branches étalées, quand il vit en massif le tronc est plus droit et plus long. Il peut vivre jusqu'à 250 à 300 ans, mais les levées successives de liège diminuent fortement cette longévité à environ 150 à 200 ans (Vignes, 1990).

Les feuilles du chêne-liège présentent un polymorphisme très marqué, elles sont alternées généralement coriacées, plus ou moins dentées ou pas, ovales assez souvent renflées, vert foncé et glabre sur leurs parties supérieures, grises blanchâtres et duveteuses sur leurs parties inférieures. D'après Piazzetta (2005), elles sont persistantes dont la durée de vie est de 2 à 3 ans, et elles ont entre 5 et 7 paires de nervures. Leurs tailles varient de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 3 cm en largeur. Le pétiole peut atteindre 2 cm. Selon Yessad (2000),

l'arbre peut perdre la totalité de ces feuilles après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège.

En ce qui concerne les fleurs, le chêne-liège est monoïque et allogame, les fleurs mâles pendent en chatons à l'extrémité des rameaux de l'année précédente, elles sont longues de 4 à 8 cm (Fraval, 1991). Les fleurs femelles sont de petits boutons écailleux qui poussent isolés ou en groupe de trois au maximum sur les rameaux de l'année en cours, leur cupule protectrice se retrouvera les futures glands. Le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence dès l'âge de 12 - 15 ans et se déroule entre la fin Avril et la fin Mai (Piazzetta, 2005).

Le fruit ou le gland du chêne-liège présente une forme et des dimensions très variables de 2 à 5 cm en longueur et 1 à 2 cm en largeur. La maturation des glands a lieu dans l'année de floraison (Maire, 1926 ; Boudy, 1950 et Natividade, 1956) les glands tombent en Octobre et Novembre, parfois jusqu'à Janvier (Piazzetta, 2005). Selon Saccardy (1937), la fructification commence dès l'âge de 15 ans, les bonnes glandées se répètent tous les 2 ou 3 ans. Le gland mûrit en Automne, ce qui donne lieu à trois récoltes distinctes :

Glands primaires: ce sont des glands de l'année précédente, qui mûrissent en Septembre-Octobre. Ils sont produits en petite quantité mais sont très gros.

Glands secondaires: ils sont produits en grosse quantité de Novembre à Décembre et leur taille est moyenne.

Glands tardifs: qui tombent fin Janvier.

L'écorce du chêne-liège représente la partie la plus singulière de cet arbre. La grande concentration de la subérine dans le liège rend les cellules de ce tissu imperméables aux liquides et aux gaz. Le liège est un tissu parenchymateux formé par l'assise suberophellodermique, il couvre le tronc et les branches. La première levée de liège, appelée démasclage est effectuée lorsque l'arbre atteint 17,5 cm de circonférence à 1,30 m (Veillon, 1998), ce liège appelé liège mâle. Le liège mâle, liège vierge ou de liège naturel, est très creusé et siliceux impropre à la transformation bouchonnière (Piazzetta, 2005).

Le liège femelle ou liège de reproduction, qui se développe après le démasclage, est moins crevasé, plus homogène et plus élastique, et est exploitable au bout de 8-15 ans (Bouhraoua, 2003).

Pour les racines, le chêne-liège est muni d'un système racinaire pivotant avec des ramifications latérales puissantes, permettant un enracinement profond qui fixe l'arbre sur des sols légers peu profonds et même rocheux (Piazzetta, 2005). Natividade (1956), souligne que dès le jeune âge, le chêne-liège montre des dispositions naturelles à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol trois mois après le semis, les racines atteignent 55 à 60 cm, tandis que la partie aérienne atteint 9 cm. Les racines superficielles présentent l'aptitude de former des drageons, les racines peuvent être mycorhizées par des champignons tels : *Boletus*, *russula*, et *Lactarius*. (Veillon, 1998 in Belaidi, 2010).

2.2.4 Exigences écologiques

De nombreux chercheurs se sont penchés sur l'étude des exigences écologiques du chêne-liège notamment Emberger (1939), Marion (1951), Sauvage (1960) et Achhal et al. (1980).

Le chêne-liège est une essence nettement calcifuge, appréciant 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. Il ne supporte pas la présence de calcaire actif dans le sol et ne tolère le substratum calcaire qu'à condition que la chaux soit sous une forme facilement soluble (El Antry et al, 2008). Il préfère des sols siliceux (grès numidiens, sable, pliocène) ou à la rigueur argilo-siliceux, il s'accommode à d'autres sols, qui ne sont pas pourvus de calcaire assimilable, il craint les terrains calcaires et argileux (Veillon, 1998).

Le système racinaire du chêne-liège à l'état juvénile est constitué d'un pivot unique et un système racinaire traçant (Sauvage, 1961), celui-ci est surpris par la saison sèche bien loin du plancher argileux humide, ce qui génère le dessèchement des jeunes plants (El Hassani & Dahmani, 1996).

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 (on peut observer des lésions irréversibles sur les feuilles à partir de -5°C) (Piazzetta, 2005).

En ce qui concerne son exigence en matière de lumière, le chêne-liège est héliophile. Frochot et Levy (1986) estiment que l'augmentation de l'éclairement provoque la levée de dormance d'une partie du stock de graines au sol et permet une photosynthèse plus intense.

Des observations quantifiées confirment que la survie des semis et leurs croissances augmentent sensiblement avec l'éclairement relatif (Chollet, 1997).

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 (Piazzetta, 2005).

2.2.5 Régénération

Il existe trois possibilités de multiplication de l'espèce :

- Régénération naturelle (*semis naturel*)

Partout en Algérie, la régénération par semi-naturel est déficiente en raison du manque de sylviculture. Etant une espèce de lumière, à tous les niveaux de son développement, le jeune semis issu d'un gland supporte mal le couvert végétal et finit par disparaître à l'ombre de ses concurrents (Belabbes, 1996).

- Régénération par rejet de souche

Selon Cemagref (1983), les souches peuvent rejeter et donner des rejets vigoureux jusqu'à un âge très avancé (75 à 80 ans), selon les conditions écologiques. Le chêne-liège drageonnerait sur des racines superficielles ayant subits un traumatisme.

D'après Belabbes (1996), le chêne-liège est doté d'une grande faculté de rejeter vigoureusement après recépage mais la méthode est peu utilisée en Algérie en raison du manque d'information sur ses possibilités de production.

- Régénération assistée (*semis directes et plantation*)

Le gland du chêne-liège possède suffisamment de réserves pour faire face aux différents aléas climatiques. Malheureusement, cet avantage va à son contre puisqu'il constitue une paroi d'excellence à certains prédateurs tels que le sanglier et les rongeurs.

Les plantations à base de chêne-liège en Algérie comme dans le pourtour méditerranéen font également défaut suite à la non maîtrise des techniques d'élevage de plant en pépinière. Le problème majeur auquel les pépiniéristes sont confrontés demeure l'enroulement des racines latérales et la forte croissance du pivot qui provoque le problème de chignon lorsqu'il atteint le fond du sachet, avant même l'apparition de la tigelle dans les pépinières au sol.

2.2.6 Facteurs de dégradation des subéraies

Au terme général, et d'après la FAO (2001), la dégradation est un processus de changement au sein de la forêt qui affecte négativement ses caractéristiques. La conjugaison de diverses caractéristiques « qualité de la forêt » peut être exprimée comme la structure ou fonction qui détermine la capacité de fournir des produits au service forestier.

Or, les facteurs de dégradation des subéraies sont multiples et interférant entre eux: les conditions climatiques particulières comme les épisodes de sécheresses excessives, vents (Guillaumin et *al.*, 1985 ; Garrec, 1994 ; Douzon, 2004), le vieillissement des peuplements, répétition des incendies, surpâturage, l'absence d'entretien et de soins cultureux, l'accumulation au fil du temps de blessures de récolte, l'absence de régénération, (Garolera, 1988 ; Garrec, 1994 ; Lieutier et *al.*, 1994; Anonyme.b, 2004 ; Sebei et *al.*, 2004; Messaoudene et *al.*, 2006. In Berriah, 2014).

2.3 Examen de la situation sanitaire des subéraies

Sept années d'observation de 2005 à 2011 ont permis une étude détaillée sur la situation des subéraies d'El-Kala, complétée par d'autres subéraies du nord-est algérien, celles de Seraidi et de Souk-Ahras durant deux années 2010 et 2011 à travers un réseau de surveillance permanent.

La santé du chêne-liège peut être appréciée globalement après le démasclage des arbres, qui peut être un facteur influençable et favorable pour l'installation de certains pathogènes, provoquant conséquemment, le phénomène de dépérissement. Dans ce contexte, une étude de l'état sanitaire de nos subéraies a été réalisée d'après les relevés dendrométriques et d'exploitation qui caractérisent nos arbres-échantillons. Ainsi, l'étude de chaque partie de l'arbre : l'état de la cime, l'évaluation de l'état du tronc par l'étude de l'écorce et la zone sous corticale, en estimant certains paramètres comme des indicateurs de l'état sanitaire du peuplement du chêne-liège, suivie par l'étude des feuilles et des glands.

Cette étude commence par des observations effectuées sur terrain en choisissant 100 à 150 arbres démasclés. La sélection des arbres-échantillons est faite sans tenir compte de leur état sanitaire apparent. À partir du premier arbre repéré de manière aléatoire dans le peuplement. Le reste des arbres a été sélectionné par la méthode du plus proche voisin (Bouhraoua, 2003). Chaque arbre sélectionné a été numéroté par une peinture blanche non toxique. Quand l'arbre d'un taillis est formé de plusieurs brins, nous n'avons retenu pour chaque cépée que la plus grosse. Ensuite, des observations et des mesures sont effectuées,

traduites par des notes sous forme de classes et une seconde observation détaillée se fait au laboratoire pour l'évaluation de l'état des feuilles et des glands.

2.3.1 Relevés caractéristiques des arbres

2.3.1.1 Relevés dendrométriques: Ils déterminent la croissance des arbres et consistent en la mesure 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).

2.3.1.2 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 (Bouhraoua, 2003).

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

2.3.2 Examen de la cime

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.

2.3.2.1 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. 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 (Tab. 11, Fig. 11).

Tableau 11: Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres atteints (Bouhraoua, 2003)

Classes	% du feuillage affecté	Signification des classes	Classes	Catégorie sanitaire
1	0-10 %	Arbre non défolié	1	Arbre sain
2	15-25 %	Arbre faiblement 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

2.3.2.2 La décoloration: Elle 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, nous avons procédé comme suit: nous avons découpé le houppier en 4 zones égales, nous avons estimé la proportion du feuillage de chaque zone présentant une coloration anormale et nous avons fait la somme des 4 zones pour définir la note (Tab. 12) (Bouhraoua, 2003)

Tableau. 12: Classes de décoloration des feuilles (Bouhraoua, 2003)

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	

2.3.2.3 L'indice de dépérissement (ID): Il permet d'exprimer d'une façon directe l'état général du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement (Bouhraoua, 2003) (Tab. 13)

$$ID = \frac{(n1.p1) + (n2.p2) + \dots + (ni.pi)}{N}$$

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.

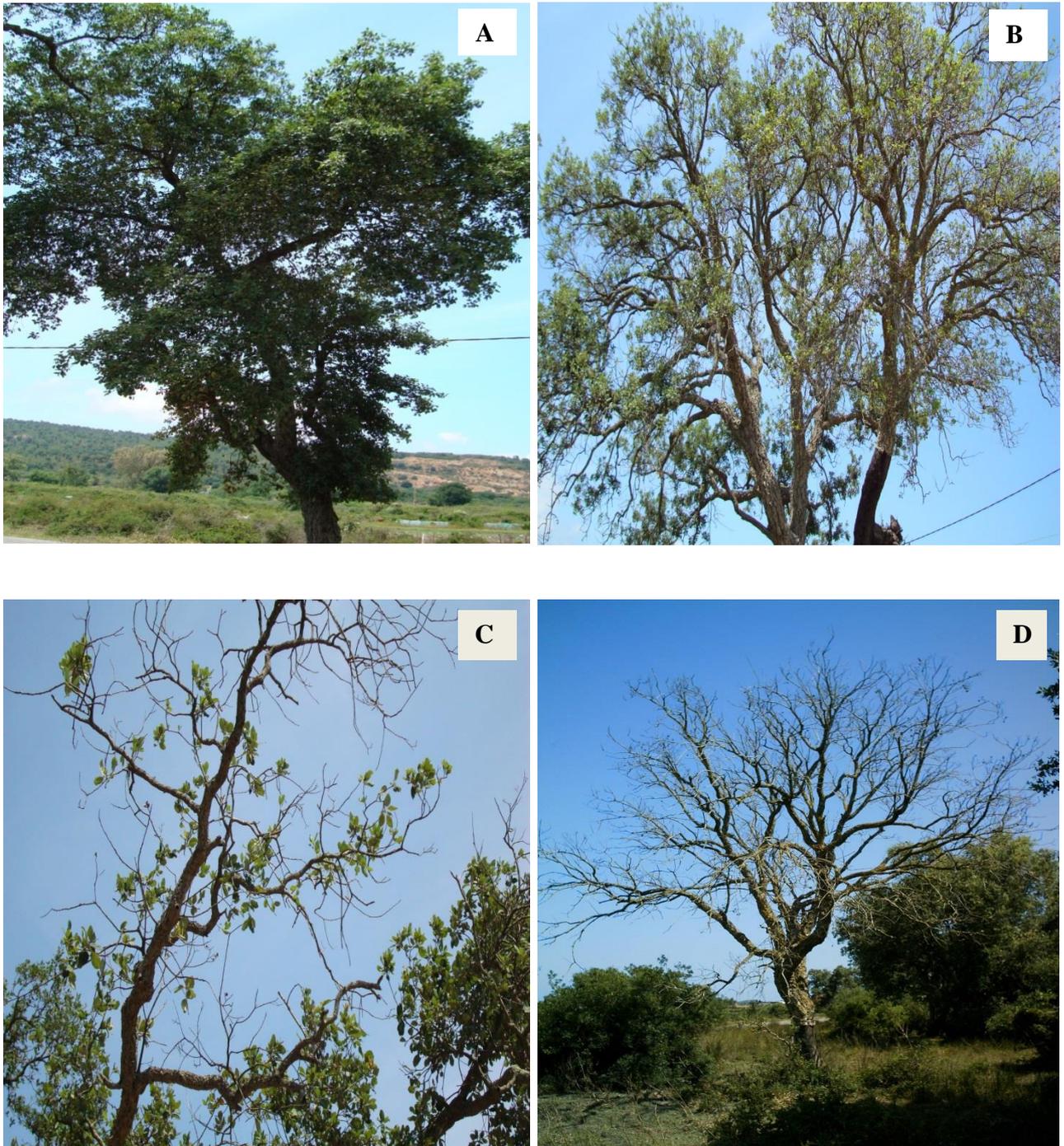


Figure. 11: Les principales catégories d'arbres atteints selon les proportions de feuillage affecté (Cliché Adjami, 2006).

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

Tableau. 13: Principales catégories de dépérissement du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de l' « ID » (Bouhraoua, 2003)

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

2.3.3 L'examen du tronc

Il consiste en des observations visuelles sur une hauteur ne dépassant pas les 3m. Ces observations sont effectuées en Automne (Bouhraoua, 2003). L'évaluation de l'état du tronc est réalisée à travers l'examen de l'écorce et la zone sous corticale. Le tronc de chaque arbre est observé et décrit à l'aide d'un certain nombre de paramètres résumés dans le Tableau (14).

2.3.3.1 L'examen de l'écorce et la zone sous corticale: Elle porte sur la présence des crevasses (partie manquante du tronc correspondant au bois altéré) et des écoulements divers de couleur transparente. Cependant, la proportion de surface détruite est déterminée par rapport à la surface totale de la partie du tronc observé. La proportion ainsi obtenue a été enregistrée en utilisant une notation. Ces trois paramètres sont déterminés à travers des classes. Concernant les agents biotiques, on s'est focalisé sur leur présence suite aux trous d'insectes xylophages et la flore lichénologique, ainsi les champignons phytopathogènes dont les traces sont facilement observées sur les parties ligneuses. Il s'agit des suintements noirâtres d'origine fongique dus au Charbon de la mère (*Hypoxylon mediterraneum*), et des croûtes charbonneuses situées dans les infractuosités. Ensuite, nous avons l'action de l'homme qui se traduit par le déliègeage illicite, les blessures et les traces d'incendies (Tab. 14 et 15).

Nous avons pris en considération aussi 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).

Tableau. 14: Différents descripteurs utilisés dans l'examen du tronc et la zone sous corticale (Bouhraoua, 2003).

	Descripteurs	Notes	Signification des notes
Examen de de l'écorce	Présence de crevasses	1 - 4	1 (Aucune), 2 (Faible : 1- 10% de surface crevassée) 3 (Moyenne; 11- 25%), 4 (Forte : > 25%)
	Suintements noirâtres	1 - 4	1 (Absence), 2 (Présence)
	Flore lichénologique	1 – 2	1 (Absence), 2 (Présence)
	Action de l'Homme Traces d'incendie, blessures, déliègeage illicite	1 - 2	1 (Absence), 2 (Présence)
Examen de la zone sous corticale	Ecoulement 1&2	1 - 2	1 (Aucune), 2 (Faible), 3 (Moyen), 4 (Important)
	Trous d'insectes xylophages1&2	1 – 2	1 (Absence), 2 (Présence)
	Croûte charbonneuse	1 – 2	1 (Absence), 2 (Présence)
	Qualité du liège	1 – 2	1 (Mauvaise), 2 (Bonne)

- Ecoulement 1, Trous d'insectes xylophages1: l'observation se fait au niveau de l'écorce
- Ecoulement 2, Trous d'insectes xylophages2: l'observation se répète au niveau de la zone sous corticale

Tableau.15: Classes de notation de la déhiscence du liège (Bouhraoua, 2003)

Notes	% 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 %

2.3.3.2 Analyse statistique (AFC)

L'étude des relations entre les différents descripteurs utilisés dans l'étude phytosanitaire des forêts du chêne-liège implique la détermination des principaux facteurs responsables de l'état de ces subéraies à travers la corrélation réalisée entre ces différents descripteurs qui repose principalement sur l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

L'AFC est une ordination sans contrainte, donc une méthode d'analyse de gradient qui ne nécessite pas l'intervention d'une matrice de variables explicatives. La quantité de variation des données (leur dispersion par rapport à un point moyen) est mesurée par l'inertie totale. Les tendances principales de cette variation sont décomposées en une succession d'axes factoriels orthogonaux, ordonnés par importance décroissante. Le poids de chacun de ces axes est donné par sa valeur propre. La somme de toutes les valeurs propres est égale à l'inertie totale mentionnée plus haut. Les valeurs propres d'une AFC prennent des valeurs entre 0 et (un peu moins que) 1. Une AFC peut produire au maximum un nombre d'axes égal à la plus petite dimension de la matrice de données (nombre d'échantillons ou d'espèces moins 1) (Borcard, 1997).

2.3.4 L'examen des feuilles et des rameaux

Au niveau de la partie inférieure de chaque arbre, nous avons sélectionné 4 rameaux feuillés de 10 cm 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 quantifier les dégâts causés par les agents biotiques.

Au laboratoire nous avons séparé les feuilles des rameaux qu'on a prélevés des arbres-échantillons. Ces dernières atteignant le nombre de 1000 à 1500. Dans le but d'évaluer leur état sanitaire, nous avons placé les feuilles dans des boîtes en plastiques pourvues d'étiquettes (feuilles saines, attaquées, nécrosées, galles, attaquées et nécrosées, attaquées et présentant des galles, nécrosées et présentant des galles ; attaquées, nécrosées et présentant des galles) et cela pour chacune de nos régions d'étude.

2.3.4.1 Biométrie des feuilles

Pour étudier la biométrie des feuilles, nous avons pris séparément 300 feuilles saines, 300 feuilles attaquées, 300 feuilles nécrosées et 300 feuilles à galles, et une fois celles-ci mesurées (longueur, largeur), nous avons calculé leur surface foliaire par la formule de Moneville (1944):

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

2.3.4.2 Étude des feuilles attaquées et nécrosées

Pour les feuilles attaquées et nécrosées, nous avons déterminé 4 classes représentant le pourcentage endommagé des feuilles (Tab. 16):

Tableau. 16: Classes de notation des feuilles endommagées par les phyllophages et par les nécroses (Adjami, 2009)

Classes	% des feuilles endommagées
C1	1-10%: feuilles faiblement endommagées
C2	10-30%: feuilles moyennement endommagées
C3	30-50%: feuilles endommagées
C4	>50%: feuilles fortement endommagées

2.3.4.3 La nature de l'attaque des feuilles

Quant à la quantification des dégâts des feuilles attaquées par les phyllophages, nous avons évalué le taux des feuilles attaquées en décapées, en perforation et les deux en même temps. Une autre étude est réalisée concernant les feuilles présentant des galles, qui permettent d'évaluer la répartition de nombre de galles par feuille selon des classes (Tab. 17):

Tableau. 17: Classes de notation du nombre de galles par feuille

Classes	Nombre de galles/ feuille
C1	5-10 G
C2	10-15 G
C3	15-20 G
C4	20-40 G

Ainsi, nous avons évalué les différentes espèces gallicoles qui existent et également connu le taux des espèces qui coexistent au niveau de la même feuille.

2.3.5 L'examen des glands

2.3.5.1 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 (18) (Bouhraoua, 2003).

Tableau. 18: Echelle de notation de la glandée (Bouhraoua, 2003)

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.

Nous avons comparé 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.

2.3.5.2 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.

La récolte est faite en fonction de la maturité des glands à partir du mois d'Octobre jusqu'au mois de Novembre. Nous avons ramassé manuellement les glands murs physiologiquement soit, par cueillage direct sur l'arbre, soit ramassés par terre. Il est nécessaire d'attendre quinze (15) jours après la chute des premiers glands qui sont généralement parasités ou mal sains (déformations morphologiques, taille et poids non conformes).

2.3.5.3 Etude de l'évolution de l'attaque des insectes dans les conditions contrôlées

Pour déterminer l'évolution du taux d'attaque des glands par les Carpophages, nous avons récolté 300 glands. Au laboratoire, ces derniers ont été comptés et isolés de manière à obtenir 2 types de glands: glands troués et glands non troués (sains). Le taux d'attaque par les larves a été suivi jusqu'à son arrêt.

2.3.5.4 Evaluation de l'état sanitaire des glands ramassés

Au laboratoire, 300 glands pris d'une manière aléatoire sains et troués, ont fait l'objet d'une observation minutieuse pour déterminer le taux des glands sains et les glands présentant les différents types d'infestation (l'attaque par les Carpophages et l'attaque fongique), à travers la dissection des glands, dans le but de mettre en évidence l'état sanitaire des glands récoltés.

2.3.5.5 Evaluation de l'attaque des glands par les Carpophages

En Algérie, selon plusieurs auteurs les glands de chênes sont attaqués par deux espèces de Coléoptères *Curculio elephas* et *Curculio glandium*, et deux Lépidoptères *Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana*. Dans ce contexte, une étude réalisée sur un autre lot de 300 glands présentant des trous de sorties de Carpophages. Ces glands ont été disséqués pour évaluer et quantifier les différentes espèces qui se trouvent à l'intérieur du gland.

2.3.5.6 Dosage des métabolites du gland

Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de Bradford (1976). Nous avons ajouté à une fraction aliquote de 100 µl, 4 ml de réactif du bleu brillant de coomassie (BBC). La solution de BBC se prépare comme suit : On homogénéise 100mg de BBC dans 50 ml d'éthanol 95°. Nous avons ajouté ensuite 100 ml d'acide orthophosphorique à 85 % et nous avons complété à 1000 ml avec de l'eau distillée. La durée de la conservation du réactif est de 2 à 3 semaines à 4 °C. Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu.

L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (BSA) titrant 1mg/ml (Tab. 19, Fig. 12).

Tableau.19: Dosage des protéines totales dans l’mande et le péricarpe des glands sains et
attaqués: réalisation de la gamme d’étalonnage

Tubes	1	2	3	4	5	6
Volumes d’albumine (ml)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité d’albumine (mg)	0	20	40	60	80	100

Dosage des glucides totaux

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de Duchateau et Florkin (1959). Elle consiste à ajouter 4 ml du réactif d’anthrone à 100 µl du surnageant I (Tab. 20, Fig. 12.), et chauffer le mélange à 80 °C pendant 10 min. une coloration verte se développe dont l’intensité est proportionnelle à la quantité des glucides présente dans l’échantillon. La lecture de l’absorbance est effectuée à une longueur d’onde de 620 nm. Le réactif d’anthrone se prépare comme suit : nous avons ajouté 75 ml d’acide sulfurique concentré et 25 ml d’eau distillée à 150 mg d’anthrone respectivement, pour obtenir une solution limpide de couleur verte qui sera stockée à l’obscurité. La gamme d’étalonnage est effectuée à partir d’une solution mère de glucose (1mg/ml).

Tableau. 20: Dosage des glucides totaux dans l’mande et le péricarpe des glands sains et
attaqués: réalisation de la gamme d’étalonnage

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de glucose (ml)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (ml)	100	80	60	40	20	0
Réactif d’anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de glucose (mg)	0	20	40	60	80	100

Dosage des lipides totaux

Les lipides totaux ont été déterminés selon la méthode de Goldsworthy *et al.* (1972) en utilisant le réactif sulfophosphovanillinique. Le dosage se fait sur des prises aliquotes de 100 μ l des extraits lipidiques ou de gammes étalons, après évaporation au total, on ajoute 1 ml d'acide sulfurique concentré, les tubes fermés sont agités et placés pendant 10 m/n dans un bain de sable à 100°C. Après refroidissement, on prend 200 μ l de ce mélange auquel on ajoute 2,5ml de réactif de sulfophosphovanillinique et on laisse 30 minutes à l'obscurité. La densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde 530 nm. Les lipides se forment à chaud avec l'acide sulfurique, en présence de la vanilline et d'acide ortho phosphorique, le complexe se colore en rose. Le réactif est dissous dans 55 ml d'eau distillée et ajouter à 195 ml d'acide ortho phosphorique à 85%. Ce réactif se conserve pendant 3 semaines à 4 °C et à l'obscurité. La solution mère de lipides se prépare comme suit : on pèse 2,5 mg d'huile de table (Tournesol, 99 % triglycérides), dans un tube eppendorf, on ajoute 1 ml d'éther/ chloroforme (1V/1V) (Tab. 21, Fig.. 12).

Tableau. 21: Dosage des lipides totaux dans l'amande et le péricarpe des glands sains et atteints: réalisation de la gamme d'étalonnage

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de l'huile de table (ml)	0	20	40	60	80	100
Solvant éther/ chloroforme (μ l)	100	80	60	40	20	0
Réactif Sulfo-phospho-vanillinique (ml)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Quantité de glucose (mg)	0	50	100	150	200	250

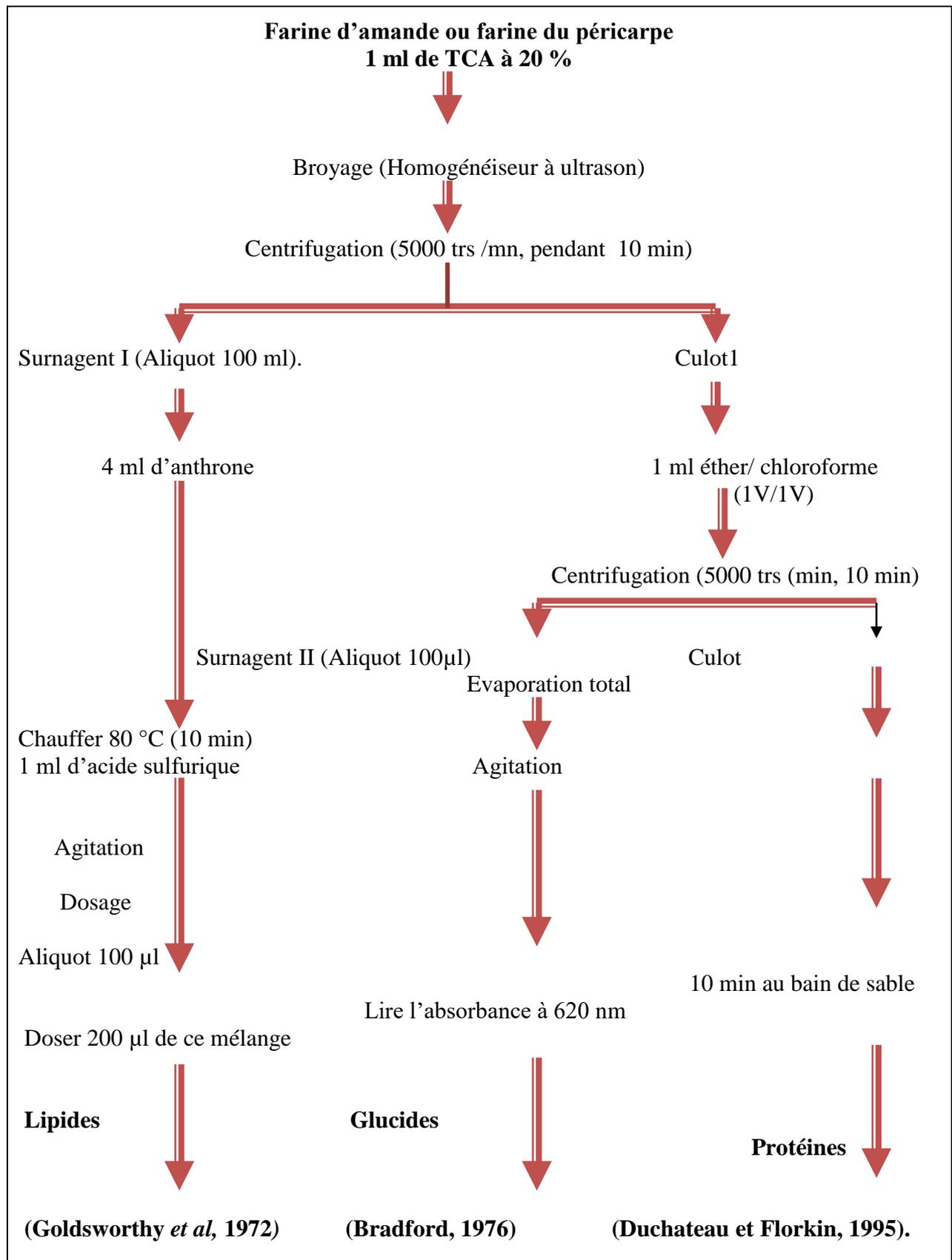


Figure. 12: Extraction des glucides, protéines et lipides totaux selon Lagunez Rivera (2006)

Dosage de la teneur en Polyphénols totaux (PT)

Préparation des échantillons

Les glands sont réduits en une poudre fine dans un broyeur. Les poudres (100 g) ont été extraites dans un extracteur Soxhelt par l'hexane pendant 6 h à 65°C pour enlever le matériel gras. La poudre ainsi dégraissée a été divisée en cinq fractions. Chaque fraction a été séparément ré-extraite dans un appareil Soxhelt pendant 5 h avec 250 ml d'un de ces solvants : ethanol absolu, acétone absolu, chloroforme. Concernant l'extraction à l'eau, la quatrième fraction a été infusée dans 100 ml d'eau déminéralisée bouillie pendant 10 min. L'infusion a été filtrée (Whatman 1) et rafraîchie rapidement sous l'eau courante. Tous les extraits organiques obtenus ont été concentrés par l'évaporation rotatoire sous vide à 45°C afin d'obtenir des extraits bruts, les infusions ont été lyophilisées.

Méthode de Folin-Ciocalteu

Pour le dosage de la teneur des polyphénols totaux dans les différents extraits organiques, on a adopté la technique officielle basée sur l'utilisation du réactif de Folin-Ciocalteu. Il s'agit d'une technique spectrophotométrique, qui permet de déterminer les teneurs en polyphénols qui seront exprimées par rapport à une gamme étalon ($y=69,94x - 0,67$, $R^2=0.99$), utilisant différentes concentrations en acide gallique. Les teneurs en PT sont donc exprimées en mg équivalent acide gallique/g d'extrait sec : EAG (mg/g).

La méthode en question repose sur le fait que le réactif de Folin-Ciocalteu n'est autre qu'un complexe ionique polymérique d'acides hétéropolaires : molybdique et tungstique. Le réactif oxyde les composés phénoliques, et ainsi les complexes acides forment un nouveau complexe de coloration bleu, qui est directement proportionnelle à la quantité de polyphénols dans le mélange.

Pour cela on mélange, dans des tubes à essai, 100 µl d'échantillon et 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 1/10), le tout est complété avec 1 ml d'eau distillée. Après 3min, on ajoute 1,5 ml d'une solution de carbonate de sodium à 20%. On laisse la coloration se développer pendant 2h à l'obscurité. Enfin, l'absorbance de chaque échantillon est déterminée à $\lambda=750$ nm. La lecture est effectuée contre un blanc contenant le solvant dans lequel est solubilisé l'extrait.

2.3.5.7 Analyse chimique des extraits de glands

L'analyse chimique des glands de chêne-liège a été réalisée par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse.

Préparation des échantillons

Des glands de chêne-liège ont été divisés en 3 lots : le premier lot contient le péricarpe du gland découpé finement, le deuxième lot contient l'amande et le troisième lot contient tout le gland découpé finement. Les trois lots sont extraits en utilisant deux types de solvants de polarité différente : le pentane (solvant apolaire) et l'hexane (solvant polaire). Ces solvants permettent d'extraire majoritairement les composés apolaires (cas du pentane) ou polaires (cas de l'hexane).

Cinquante grammes de chaque lot sont plongés dans 200 ml de solvant contenant 100 µg d'octane (C8) et 100 µg de tétradécane (C14) (standards internes). L'extrait est agité de façon constante pendant 30 minutes, puis filtré sur laine de verre. Les préparations sont alors extraites une deuxième fois, de la même façon, par 200 ml du même solvant. Les deux échantillons sont alors poolés et concentrés à 1 ml par microdistillation (méthode de Kuderna-Danish). Les échantillons sont conservés au congélateur (-20°C) jusqu'à leur utilisation.

Le chromatographe utilisé est un Varian CP 9000 équipé d'une colonne capillaire en silice fondue de polarité moyenne (DB 1701, 30 m x 0,32 mm de diamètre interne, épaisseur du film 1 µm, Varian), d'un injecteur de type split-splitless (fuite de 20 ml/mn pendant 30 sec), et d'un détecteur à ionisation de flamme. Le gaz vecteur est l'hydrogène (vitesse, 25 ml/mn à température ambiante). La programmation de température utilisée est la suivante: 40°C pendant 2 min, 20°C/min pendant 1 min, 2°C/min jusqu'à 154°C, puis 10°C/min jusqu'à 250°C. Les températures de l'injecteur et du détecteur sont respectivement de 260 et de 280°C.

Le signal est enregistré sur PC, sous windows, et analysé grâce au programme Maestro (Chrompack). Chaque analyse est répétée sur cinq échantillons différents. La concentration des différents composés quantifiés est calculée en fonction du facteur de réponse de chacun d'eux après injection d'un mélange de référence (composés de synthèse).

L'identification des composés a été réalisée par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (GC/MS) au Laboratoire de Recherche sur les Arômes de l'INRA de Dijon. Le chromatographe utilisé est un Girdel 31 équipé d'une colonne capillaire

en silice fondue de type polaire DBFFAP (50 m x 0,25 mm de diamètre) couplée à un spectromètre de masse quadripôle Nermag R 10-10C. La programmation de température est identique à celle utilisée ci-dessus.

Les spectres de masse obtenus sont comparés aux spectres de références publiés dans le EPA-NIH Mass Spectral Data Base (Heller et Milne, 1980) et avec ceux de la bibliothèque de spectres de l'INRA.

L'identification des composés majoritaires a été vérifiée par co-injection, dans les mêmes conditions que celles décrites ci-dessus, avec les composés de synthèse obtenus dans le commerce (Interchim, Montluçon, France). Ces mêmes composés ont été utilisés pour les tests biologiques de pureté supérieure à 98%.

2.3.5.8 Germination des glands

Nous avons voulu savoir le pouvoir germinatif des glands. Pour cela, les glands sont répartis en deux lots de 100 glands chacun: lot des glands sains, et lot des glands troués.

Les glands, d'abord imbibés pendant 48 heures à 20°C, sont désinfectés 10 à 15 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 dès que la radicule perce le péricarpe et montre un géotropisme positif (Merouani *et al.*, 2005).

En plus des taux de germination notés chaque semaine, nous avons noté aussi les différentes étapes de germination : les glands ne présentent aucune altération morphologique notée : Intact (I), les glands présentant une rupture du péricarpe (RP), ceux présentant une forte rupture du péricarpe (FRP), les glands dont le germe mesure moins de 5 mm notés (G< 5 mm) et enfin ceux dont le germe est supérieur à 5mm (G> 5 mm).

La vitesse de germination est appréciée par le temps moyen de germination (TMG) calculé

Selon la formule :

$$TMG = \sum n_i \cdot t_i / N$$

n_i: représente le nombre de glands germés au temps ***t_i***.

N: le nombre total de glands germés à la fin de l'expérience.

2.3.5.9 Etude des facteurs influant sur la survie et la capacité de la pré-germination des glands

La régénération des glands présente une véritable menace. Plusieurs raisons sont évoquées: insuffisance de chaleur, excès ou pénuries d'eau, litière morte trop épaisse ou se décomposant mal, etc. Mais, il est rapidement apparu par certains auteurs que l'incidence des ravageurs et de certains champignons pouvait dans de nombreux cas anéantir toute possibilité de pré-germination qui se traduit par la rupture du péricarpe. À cet effet, sur les 300 glands récoltés précédemment, nous avons sélectionné les glands qui présentent la rupture du péricarpe associé à deux types d'infestation

- Rupture du péricarpe associée à l'attaque des carpophages.
- Rupture du péricarpe associée à l'attaque fongique (pourriture)
- Rupture du péricarpe associée à l'attaque des carpophages et pourriture

Ensuite on note le taux d'infestation des glands au début de sa germination

2.3.5.10 Traitement insecticide

Au cours de ces dernières années, de nombreuses familles d'insecticides sont apparues. Elles peuvent être classées par groupe selon leurs modes d'action et la cible visée (Insecticide mode of action classification, IRAC 2012). Ces cibles sont variées et correspondent à des enzymes, des protéines, des canaux, des récepteurs... Certaines familles agissent sur la croissance en perturbant la mue des insectes (famille des diacylhydrazines), d'autres comme les benzoylurées perturbent leurs développements. Les insecticides interviennent également dans la respiration cellulaire ou encore au niveau des muscles pour une toute petite partie d'entre eux. Certaines bactéries comme *Bacillus thuringiensis* peuvent être aussi utilisées car elles produisent des endotoxines, délétères pour l'insecte.

Cependant une classe reste largement majoritaire de part son efficacité élevée, et qui correspond aux neurotoxiques. Ils agissent au niveau du système nerveux et renferment plusieurs familles d'insecticides comme les organochlorés ou les néonicotinoïdes. D'autres insecticides sont également utilisés mais la cible et le mode d'action restent incertains ou méconnus comme le bifénazate (Casida, 2009).

Présentation des insecticides utilisés

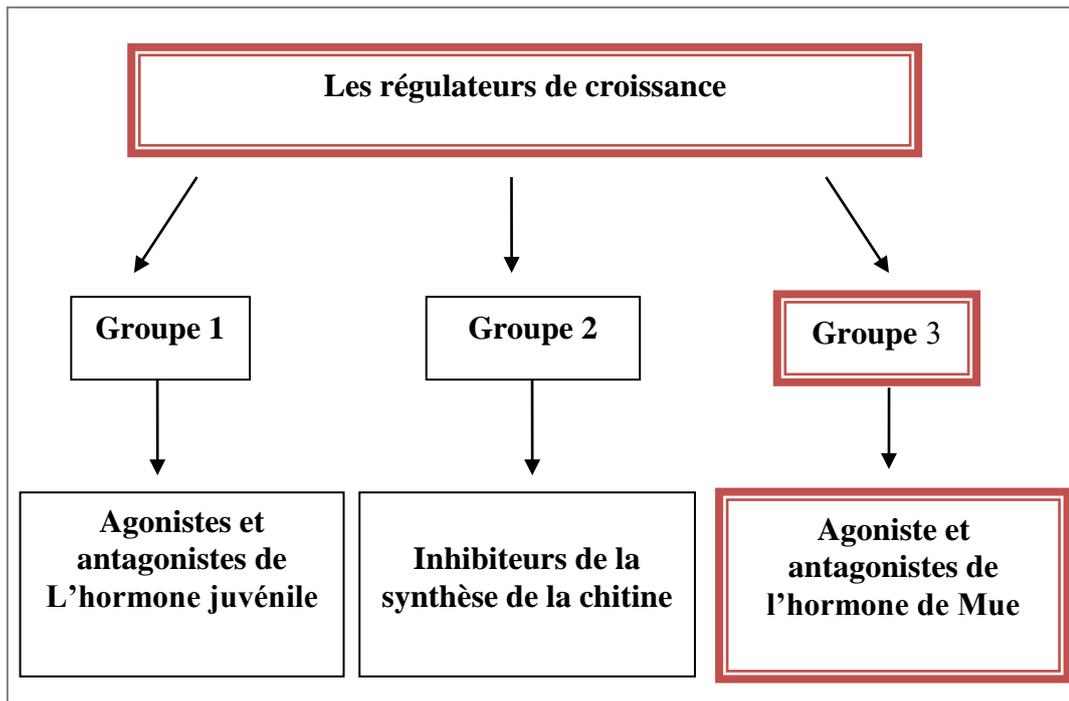
Nous avons traité les glands de chêne-liège par deux insecticides, le RH0345 (Halofénozide), un agoniste de l'hormone de mue des insectes et l'Imidaclopride, un neonicotinoïde qui agit comme insecticide en bloquant les récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChRs).

Le RH-0345

Les régulateurs de croissance d'insectes IGRs (Insect Growth Regulator) sont répartis en trois catégories selon leur mode d'action (Fig. 13).

La première catégorie comporte les agonistes et antagonistes de l'hormone juvénile (JH) qui présente une efficacité chez plusieurs Coléoptères et Lépidoptères (Horwitz & 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 (Ouakid, 1991 ; Soltani *et al.*, 1993,) 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 *et al.*, 1995) (Fig.13)

Le RH0345 (Halofénozide) est le nom commun du N-butyl-N'-(4-chlorobenzoyl benzohydrazide) ; qui appartient à la classe des dibenzohydrazines ; C'est un mimétique de la 20-hydroxyecdysone (20E), ayant un poids moléculaire de 330,81g. sa formule empirique est $C_{18}H_{19}ClN_2O_2$. Sa solubilité dans l'eau est de 12,3 ppm et sa durée moyenne sur le sol est de 129 jours (photolyse). Il a une structure non astéroïdale (Fig. 14). C'est un agoniste des ecdystéroïdes qui perturbe le processus normal de la mue (Smagghe, 1995).



*Pyriproxyfène

*Diflubenzuron(DFB).

*Benzoylhrazine:

(RH 5849, RH5992,

RH 2485 et **RH 0345**).

*Méthoprèn.

*Flucycloxuron(FCX).

*Imidazole

*Pyriproxyfène

*Diflubenzuron(DFB).

(KK-42 et KK-22)

*Méthoprèn.

*Flucycloxuron(FCX).

*Hydropène.

*Hexaflubensuron.

*Précocène I et II.

*Triflumuron(TFM).

Figure. 13: Les différents groupes de régulateurs de croissance (Soltani *et al.*, 2002).

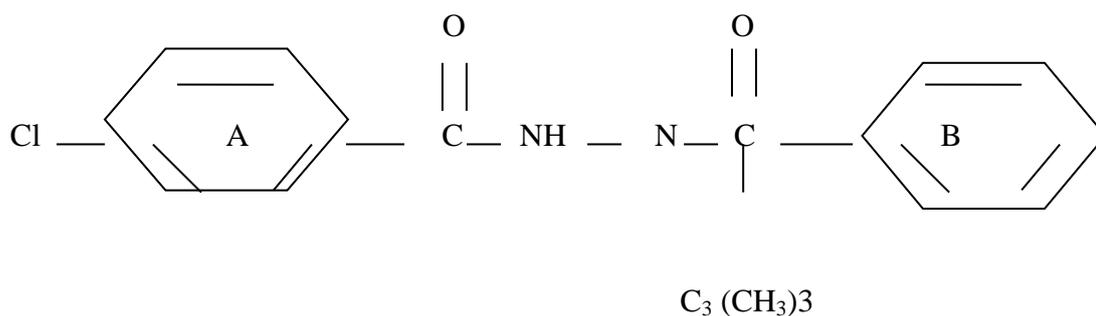


Figure. 14 : Structure du RH-0345.

L'Imidaclopride

L'Imidaclopride (IMI) est un insecticide qui a été d'abord présenté aux 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 (Fig. 15), fait partie de la famille des néonicotinoïdes, 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 & Theophilidis, 2004).

Les néonicotinoïdes dominent actuellement le marché des insecticides dans le monde (Sparks, 2013). L'imidaclopride est le néonicotinoïde le plus commercialisé (41,5% du marché des néonicotinoïdes) ce qui fait de lui l'insecticide le plus utilisé dans le monde (Jeschke *et al.*, 2011).

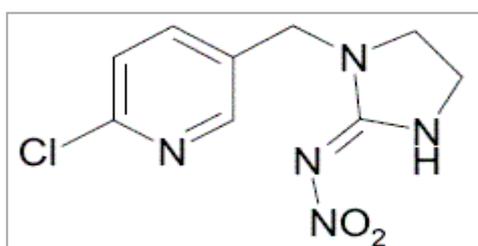


Figure. 15: Structure de l'imidaclopride

Préparation des doses utilisées et traitement

À partir d'un produit commercial du Halofenozide, et d'un produit commercial d'imidaclopride dosant tous les deux 23%, nous avons préparé une solution mère à 200mg/l pour chaque insecticide, puis nous avons déterminé 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 de 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 1 j, 3 jours, 7 jours, 10 jours et 15 jours.

2.3.5.11 Effet du traitement insecticide sur la germination des glands traités

Un lot de glands traités à différentes doses par les deux insecticides et non disséqués est mis à germer selon les mêmes indications de Merouani *et al*, 2005. Le taux de germination est contrôlé après 7 jours, 14 jours, 21 jours et 28 jours. Puis nous avons noté les différentes étapes de germination citée précédemment.

Analyses statistiques

Les données biométriques des feuilles et des glands ont été traitées par des statistiques descriptives permettant de calculer les moyennes et leurs déviations, l'écart-type, la variance, et l'étendue des échantillons étudiés. Nous avons aussi effectué une analyse de la variance (ANOVA) sur XLSTAT 2014 Software (Addinsoft, New York, NY) pour comparer différentes moyennes obtenues.

2.3.6 Etude de la biodiversité des Coléoptères

2.3.6.1 Méthodes d'échantillonnage des Coléoptères

En fonction de la nature des milieux étudiés, certaines espèces comme les Coléoptères pourront être sélectionnées comme bio-indicateurs, qui sont un référentiel pour caractériser objectivement les forêts, les coléoptères saproxyliques en l'occurrence. Une étude entomologique portant sur les coléoptères est réalisée dans les forêts du chêne-liège des trois régions étudiées, cependant ce travail complète objectivement les trois chapitres précédents dans la détermination de ces espèces dont leur présence influe sur l'état de santé de ces subéraies, étant donné que la biodiversité est conservée à travers ces espèces.

Nous avons retenu pour cette investigation 3 méthodes de collectes: Pièges colorés, Pièges trappes ou Barber et Récolte à la main (la chasse à vue).

Pièges colorés

Bacs de congélation aluminium de ½ litre, peints en jaune orangé à la bombe (couleur orange, noir, jaune et blanc), remplis de 4 cl de vinaigre et du sel pour un plus long délai de conservation. Par ailleurs, l'efficacité de ces pièges dépend non seulement du mode de vie et l'activité des insectes mais aussi de la taille et de la forme des pièges et de leur situation spatiale (Benkhelil, 1991).

Ce système de piégeage se pratique aussi avec des bacs peint en blanc ou en bleu ciel dans le cadre des études sur les Apoïdes. Chaque couleur de piège apportant un cortège d'espèces et des variations différentes d'abondance et de diversité. Dans chaque station on a mis 10 récipients séparés les uns des autres d'une distance de 3 mètres (Bonneau, 2008).

Avantages

Les avantages de ce système de piégeage sont : le coût minime et l'installation facile sur le site en raison de leurs faibles dimensions et de leur légèreté (Lhoir *et al.*, 2003).

Inconvénients

Beaucoup d'inconvénients caractérisent ce système de piégeage dont la capture d'une quantité énorme d'insectes qui forment une masse compacte difficile à trier et la difficulté de récolter le contenu des bacs sans en perdre une partie (Lhoir *et al.*, 2003). Les bacs sont parfois renversés ou même arrachés du sol. Aussi, en fin de saison, la quantité de feuilles dans les bacs rend la récolte plus difficile encore.

Pièges trappes ou Barber

Ce sont des récipients en métal ou en matière plastique. Dans le cas présent les pots-pièges utilisés sont des boîtes de conserve récupérées. Celles-ci sont enterrées verticalement de façon à ce que leurs ouvertures se retrouvent au ras du sol. La terre est tassée tout autour, afin d'éviter l'effet barrière pour les petites espèces. Tous les auteurs s'accordent pour conseiller le remplissage des pots aux 2/3 de leur contenu avec un liquide conservateur afin de fixer les invertébrés qui y tombent (Benkhelil, 1991).

Les pièges trappes utilisés ont été remplis jusqu'au 2/3 d'eau additionnée à un détergeant afin d'éviter le dessèchement et qui va jouer le rôle de mouillant pour empêcher les espèces capturées de sortir du piège. Les captures effectuées dépendent de beaucoup de facteurs tels que la forme et la dimension des pièges, leur nombre, leur arrangement et leur espacement, ainsi que des conditions climatiques et de la structure des couches superficielles du sol (Dajoz, 2002 in Kellil, 2011).

Avantages

Les pièges enterrés permettent de capturer les petits animaux Invertébrés et Vertébrés qui se déplacent activement à la surface du sol. Benkhelil (1992) note que la technique des pots Barber est très utilisée par les écologistes, elle permet l'échantillonnage des Invertébrés de la surface du sol. C'est une méthode facile à mettre en œuvre car elle ne nécessite pas beaucoup de matériel. Elle permet la capture de toutes les espèces géophiles qui marchent plus qu'elles ne volent aussi bien diurnes que nocturnes. Elle permet d'obtenir des résultats qui peuvent être exploités par différents indices écologiques et des techniques statistiques.

Inconvénients

Le plus grand inconvénient de cette technique provient des chutes de pluies ou des eaux d'irrigation lorsqu'elles sont trop fortes. Dans ce cas le surplus d'eau finit par inonder les boîtes dont le contenu déborde entraînant vers l'extérieur les arthropodes capturés, on a aussi l'évaporation de l'eau lorsqu'il fait trop chaud. Le deuxième inconvénient est dû à la faiblesse du rayon d'échantillonnage. Par ailleurs quelquefois, les boîtes sont déterrées par des promeneurs. Le troisième inconvénient est en rapport avec la façon de récupérer les insectes. En effet, lorsqu'on verse le contenu des pots Barber sur le grillage de filtration, les insectes trop petits passent entre les mailles du tamis.

Récolte à la main

De nombreux insectes peuvent être attrapés à la main ou avec un banal pot à confiture. Il suffit souvent de simplement rabattre un pot sur l'insecte pour le capturer. Attention, Cependant, certains peuvent mordre ou infliger de douloureuses piqûres. Un pinceau à poils courts peut être utile pour capturer les très petits insectes, surtout ceux à corps mou. Il suffit de l'humecter et de toucher délicatement l'insecte qui s'y collera (Dajoz, 2002).

Avantages

Cette méthode n'est pas coûteuse, elle est utilisable à n'importe quel moment et n'importe où, elle ne nécessite que peu de manipulation et de délicatesse.

Inconvénients

L'inconvénient de cette méthode de capture est dans la récupération des insectes à collection car elle les endommage par faute de délicatesse. Le second provient de la pluie. Dans ce cas, les insectes sont difficiles à repérer.

Préparation et identification des échantillons

Les Coléoptères récoltés ont été triés au laboratoire, nous avons vidé les boîtes une par une dans un tamis, en rinçant sous l'eau pour éliminer le sol.

Le contenu de notre matériel a été séparé selon la date de récolte. La conservation des espèces a été faite dans l'alcool éthylique titré à 70 % dans des petits tubes en verre bien fermés. Chaque tube contient une étiquette correspondante qui mentionne la date de récolte, la région et le type de piège. L'observation se fait à l'aide d'une loupe binoculaire et le stéréoscope, les espèces sont manipulées par des pinces souples et des épingles dans un verre à montre, ensuite la détermination des espèces est réalisée selon des clés d'identification au laboratoire et confirmé d'après :

- Amador Viñolas (*Museu de Ciències naturals de Barcelona, Laboratori de natura. Col·lecció d'artròpodes. Passeig de Picasso s/n. 08003-Barcelona (Spain.)*).
- Clé illustrée des familles des Coléoptères de France (Tome 50) ISSN 0013-8886. (Pierre Ferret – Bouin, 1995)
- Le guide entomologique; plus de 5000 espèces européennes (Patrice Leraut, 2003).
- Guide des insectes (La description, l'habitat, les mœurs) (Walfgang Dierl, Warner Ring, 1992)
- Guide vert poche, Les Insectes (Helgard Reichholf-Riehm, 1985).

3. Résultats

3.1 État sanitaire de la cime et du tronc du chêne-liège

3.1.1 Les relevés dendrométriques

Les relevés dendrométriques des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, ont mis en évidence une circonférence moyenne de $1,36 \pm 0,40$ m. Les valeurs extrêmes enregistrées oscillent entre 0,66m et 2,7m. La hauteur totale des arbres a révélé une moyenne de $8,06 \pm 0,97$ m avec une étendue de 6-12m. La hauteur de la première branche a présenté une moyenne de $3,15 \pm 1,35$ m avec un minimum de 1,4m et un maximum de 8m (Tab. 22).

La circonférence des arbres des subéraies de Souk-Ahras nous a indiqué une moyenne de $1,61 \pm 0,62$ m avec un minimum de 0,5m et un maximum de 4m. La hauteur totale moyenne des arbres étudiés est de $11,96 \pm 2,96$ m avec un minimum de 6m tandis que la valeur maximum est de 18m, ce qui a montré une grande variabilité de nos arbres échantillons. La hauteur de la première branche a une moyenne de $9 \pm 1,51$ m, cette dernière est limitée par un intervalle minimum de 1,12m et un maximum de 2,85 m. La circonférence à hauteur d'homme a indiqué une moyenne de $1,63 \pm 0,63$ m (0,50m-4m) (Tab.22).

Au niveau des subéraies de Seraidi, la circonférence des arbres a révélé une moyenne inférieure à celle des subéraies précédentes de $1,24 \pm 0,34$ m avec un minimum de 0,74m et un maximum de 2,15m. Leur hauteur moyenne est de $9,16 \pm 1,70$ m, comprise entre un minimum de 8m et un maximum de 15m, ce qui dévoile aussi une variabilité importante des arbres échantillonnés. La hauteur de la première branche montre une moyenne de $3,04 \pm 0,88$ m qui varie entre 1m et 5m. Alors que la moyenne de la circonférence à hauteur d'homme est de $1,40 \pm 1,08$ m avec un minimum de 0,79m et un maximum de 8,60m (Tab. 22).

Tableau 22: Relevés dendrométriques des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, Souk-Ahras et Seraidi (moy \pm écart type, max, min)

	El-kala	Souk-Ahras	Seraidi
Circonférence (m)	$1,36 \pm 0,40$ (0,66-2,7)	$1,61 \pm 0,62$ (0,5-4)	$1,24 \pm 0,34$ (0,74-2,15)
Hauteur totale (m)	$8,06 \pm 0,97$ (6-12)	$11,96 \pm 2,96$ (6-18)	$9,16 \pm 1,70$ (5-13)
Hauteur 1^{ère} branche (m)	$3,15 \pm 1,35$ (1,4-8)	$1,15 \pm 9$ (1,12-2,85)	$3,04 \pm 0,88$ 1- 5
Circonférence à hauteur d'homme (m)	$1,3 \pm 0,45$ (0,5-3)	$1,63 \pm 0,631$ (0,50-4)	$1,40 \pm 1,08$ (0,79-8,60)

3.1.2 Relevés d'exploitation des arbres

La méthode d'exploitation des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, a présenté une hauteur d'écorçage oscillant entre 0,60m et 2,5m, dont le peuplement a présenté une moyenne de $1,60 \pm 0,32$ m. En ce qui concerne le nombre d'écorçage, les arbres ont été exploités de 1 à 3 fois. Le coefficient d'écorçage qui exprime le degré d'exploitation des arbres étudiés a révélé une valeur qui ne dépasse pas la norme (< 2), $1,35 \pm 0,47$ m d'un minimum de 0,5m et un maximum de 2,86m (Tab. 23).

Les relevés d'exploitation des subéraies de Souk-Ahras, ont présenté une hauteur d'écorçage élevée de $2,50 \pm 1,27$ m (0,90m - 7,50m), en revanche l'écorçage des arbres des subéraies de Seraidi a signalé une hauteur moyenne de $1,91 \pm 0,46$ m (1,1-4m). Le nombre d'écorçage est important en comparaison avec celui d'El-Kala. Les valeurs enregistrées oscillent entre 1-4 à Souk-Ahras et de 1-6 à Seraidi. Certains arbres ont subi un seul démasclage, c'est le liège mâle, mais les autres couches représentent le liège de reproduction (liège femelle). Le coefficient d'écorçage moyen est de 1,60 à Souk-Ahras, et 1,81 à Seraidi. Selon ces données, nous considérons que les arbres sont bien exploités (Tab. 23).

Tableau 23: Relevés d'exploitation des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, Souk-Ahras et Seraidi (moy \pm écart type, max, min)

	El-Kala	Souk-Ahras	Seraidi
Hauteur d'écorçage (m)	$1,60 \pm 0,32$ (0,60-2,5)	$2,50 \pm 1,27$ (0,9-7,5)	$1,91 \pm 0,46$ (1,1-4)
Nombre d'écorçage	1 – 3	1-4	1-6
Coefficient d'écorçage	$1,35 \pm 0,47$ (0,5-2,86)	$1,60 \pm 0,60$ (0,50-4,1)	$1,81 \pm 0,62$ (1- 5)

3.1.3 État de la cime

L'état et la qualité de la cime est l'un des indicateurs de santé des subéraies, la description de perte de vitalité du chêne-liège est estimée d'une part à travers les examens annuels de la cime, permettant d'évaluer les pertes foliaires qui déterminent l'indice de dépérissement ainsi que la coloration anormale du feuillage.

3.1.3.1 La défoliation

La situation sanitaire des subéraies d'El-Kala a montré une fluctuation du taux de défoliation. La valeur extrême d'arbres sains est enregistrée en 2005 au niveau de la classe 1, représentée par un taux de 80,68 %. En 2006, nous avons signalé une régression des arbres sains à 52,32%, tandis que 38,37% des arbres ont présenté une défoliation modérée. La troisième année d'observation, une nette régression est remarquée pour les arbres sains, par ailleurs 63% des arbres sont fortement défoliés. En 2008 et 2009, nous avons remarqué une fluctuation de la défoliation respectivement entre la catégorie des arbres sains (29,8%, 8%), faiblement défoliés (41,38%, 33,33%) et modérément défoliés (25,28%, 42,66%). Concernant les arbres dépérissant appartenant à la catégorie d'une forte défoliation, nous avons noté un taux de 16% en 2009. Nous avons constaté pour les deux années qui se suivent (2010 et 2011), une progression du taux des arbres modérément défoliés (44,44% et 43,33%), avec la réduction des arbres sains (11,11% et 13,33), en revanche 30% des arbres ont présenté une forte défoliation en 2011 (Fig. 16A).

Nous avons également estimé la perte foliaire des subéraies de Souk-Ahras, où il a été remarqué d'une manière générale, un taux élevé des arbres sains. Ces derniers ont progressé de 54,54% en 2010 à 91,81% en 2011, tandis que les arbres faiblement défoliés ont indiqué un taux de 32,27% seulement en 2010 (Fig. 16B).

Dans les subéraies de Seraidi, l'état des arbres est stable, dominé par les arbres faiblement défoliés en 2010 et 2011 (61,25% et 57,5%), cependant les arbres sains ont présenté un taux de 30% (Fig.16C).

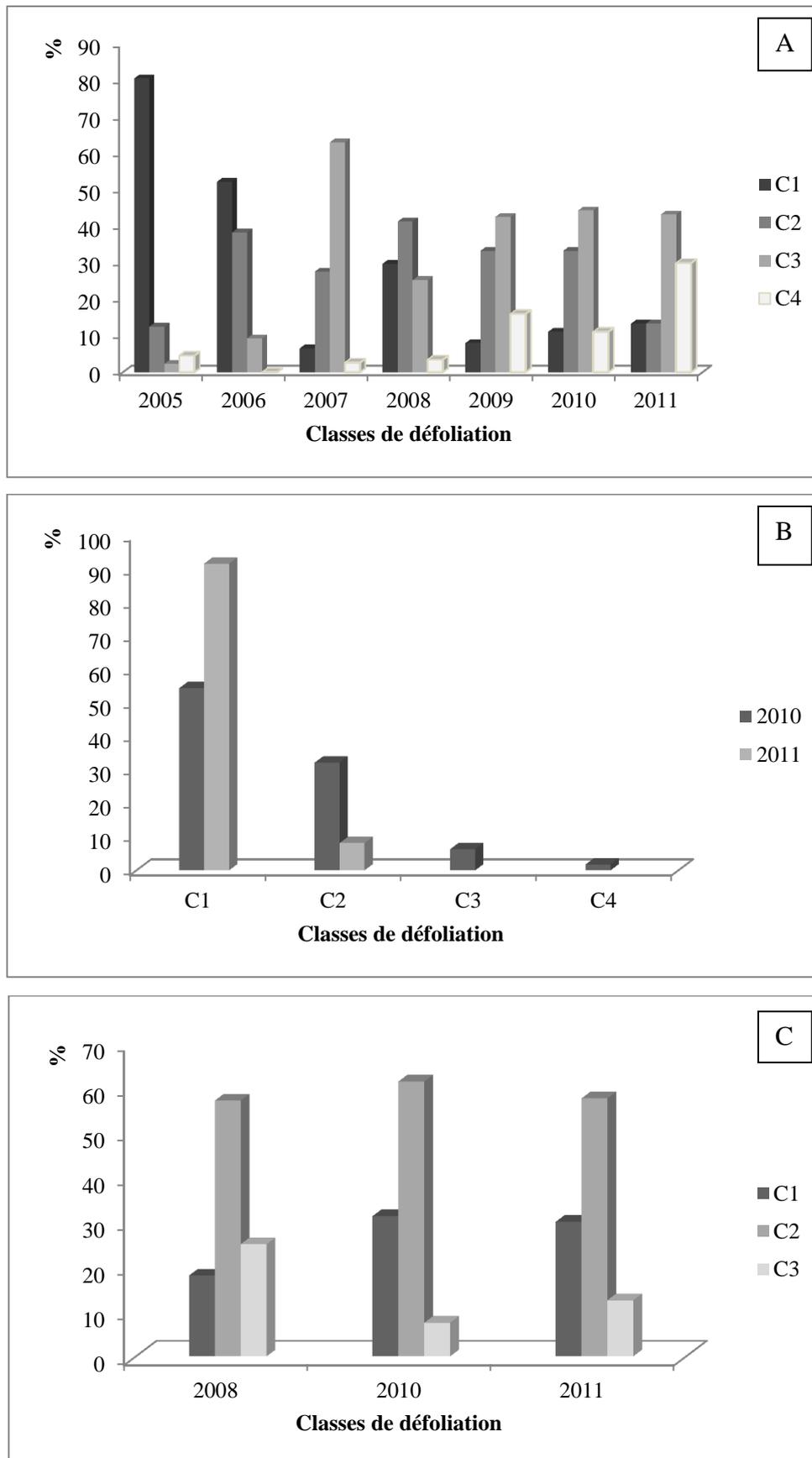


Figure. 16: Evolution de la défoliation durant les années d'étude dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B), Seraidi (C).

3.1.3.2 L'indice de dépérissement

Les résultats de l'indice de dépérissement des subéraies d'El-Kala, ont montré que l'état sanitaire de ces derniers est en nette régression. Le calcul de cet indice en 2005 a indiqué un état sain du peuplement (1,3), alors qu'en 2006, l'état des subéraies a commencé à s'affaiblir avec un indice de 1,57. Cependant en 2007, l'état du peuplement est devenu inquiétant avec un indice qui a atteint 2,62, traduisant un dépérissement grave des subéraies. Les années qui suivirent ont montré une fluctuation de l'indice de dépérissement qui est passé à une valeur plus élevée de 2,9 (Fig. 17A)

Globalement, la situation des subéraies de Souk-Ahras, était en général en bon état sanitaire, vu que l'indice de dépérissement régresse de 1,55 en 2010, ce qui a représenté la limite d'un peuplement non dépérit à 1,38 en 2011, cela a indiqué l'amélioration de l'état du peuplement (Fig. 17B).

Concernant les subéraies de Seraidi, nous avons enregistré un début de dépérissement avec la progression de l'indice de 1,76 en 2010 à 1,82 en 2011(Fig. 17C).

3.1.3.3 Évolution de la décoloration

Les résultats portant sur la décoloration des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, ont signalé que l'année 2005 est caractérisée par le taux le plus élevé des arbres sains 92,04%, bien qu'une régression progressive soit remarquée durant les années qui se suivent. Pour les années 2006, 2007 et 2008, nous avons remarqué la diminution des arbres sains qui ne présentent aucune décoloration respectivement (50%, 50%, 52,87%), et qui sont passés à une faible décoloration de la classe 2 (32,56%, 47,6%, 25,28%). En revanche, nous avons constaté une subite régression pour les arbres sains concernant les années 2009, 2010 et 2011 (6,66%, 3,7%, 3,33%), tandis que la plupart des arbres sont modérément décolorés de la classe 3 (58,66%, 44,4%, 53,33%), et certains ont présenté une faible décoloration (classe 2) (26,66%, 40,74%, 30%) (Fig.18A).

La proportion d'arbres décolorés des subéraies de Souk-Ahras est en diminution où le taux des arbres sains passe de 64,54 % en 2010 à 93,63% en 2011. Ainsi, pour les arbres faiblement décolorés, nous avons remarqué une amélioration du feuillage qui reprend une bonne coloration (Fig. 18B).

L'observation de la décoloration des arbres des subéraies de Seraidi, a mis en évidence en 2010 un taux de 71,25% du feuillage qui a présenté une coloration normale et 26,25% des arbres faiblement décolorés. Après une année, une brusque disparition de la classe des feuilles

saines qui passe vers une faible décoloration de 60%, tandis que 40% des feuilles ont été modérément colorées (Fig. 18C).

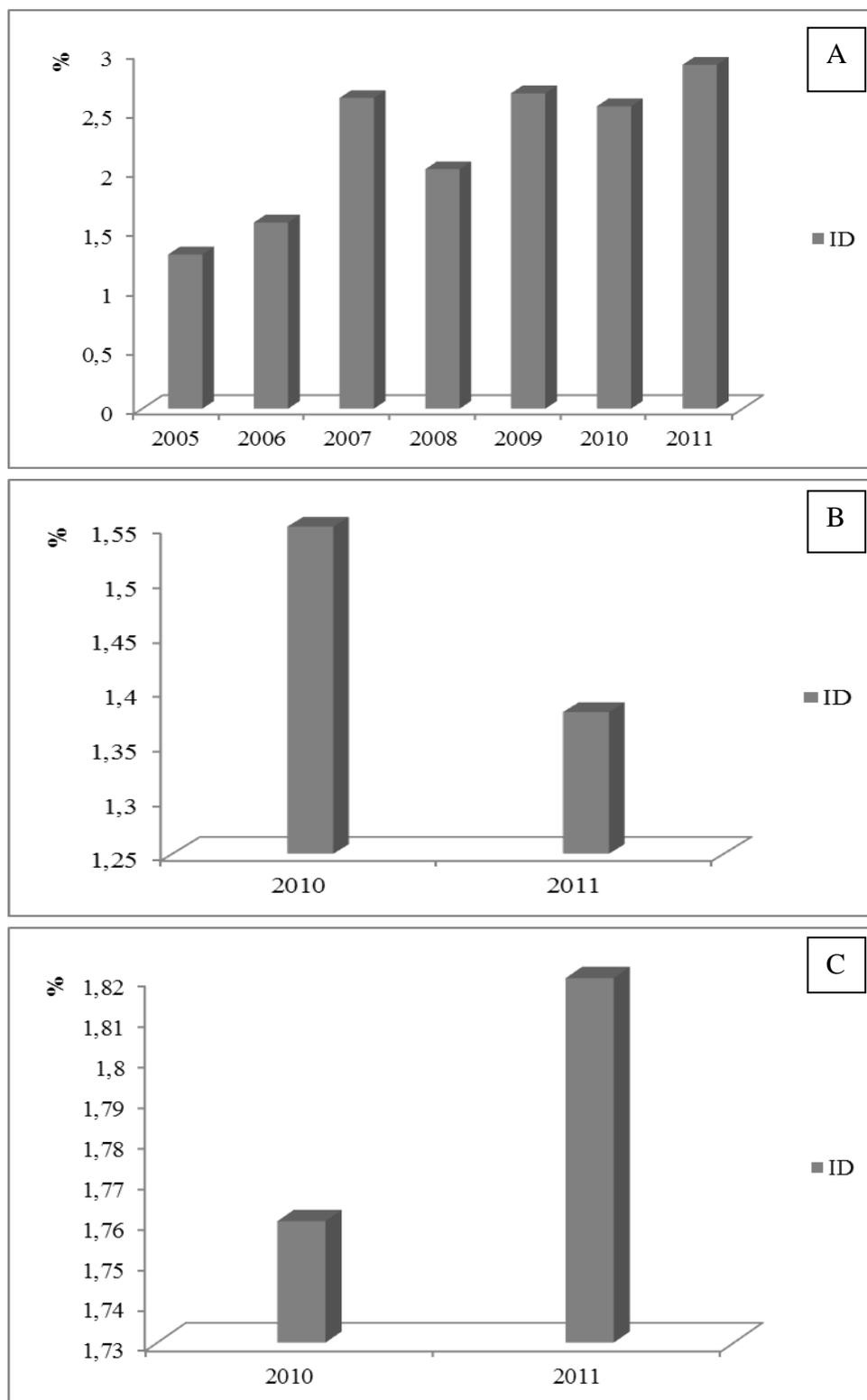


Figure 17: Evolution de l'indice de dépérissement (ID) dans les subéiraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B), Seraidi (C).

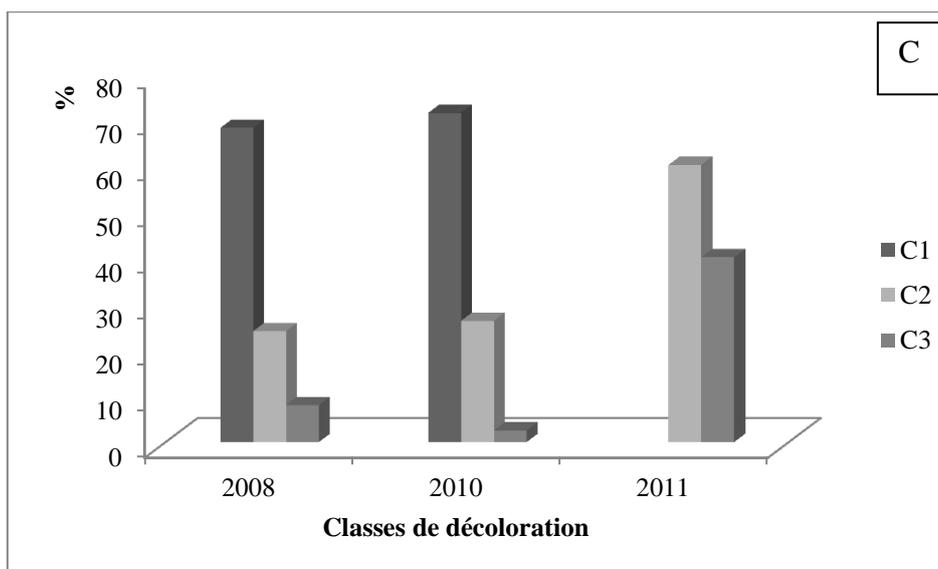
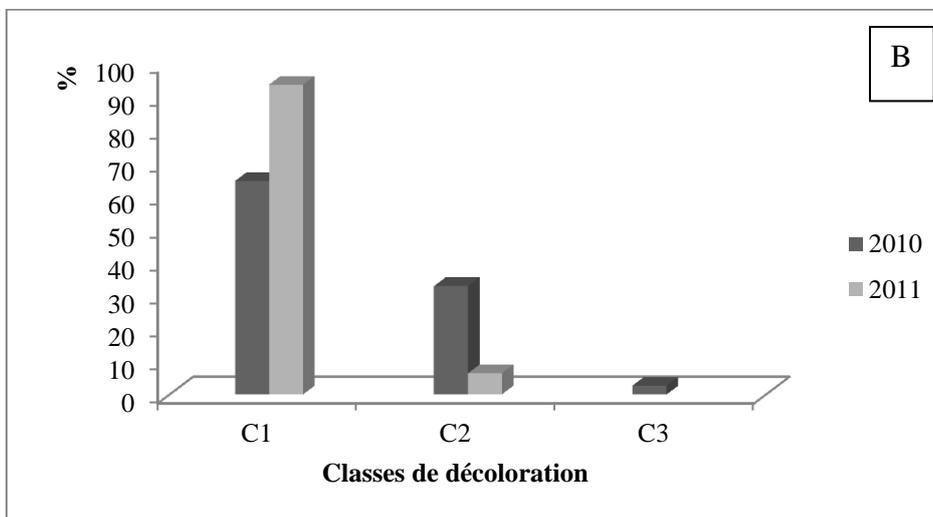
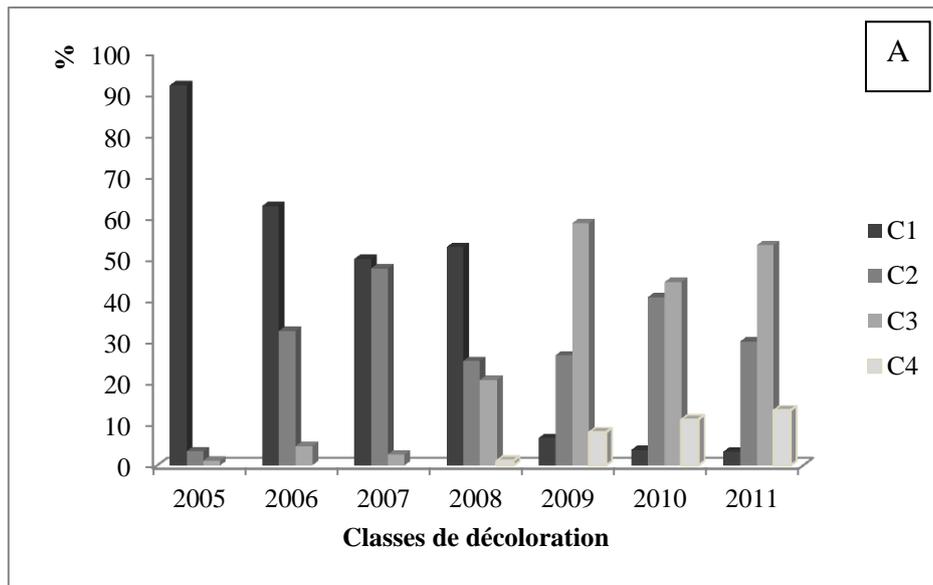


Figure 18: Evolution de la décoloration durant les années d'étude dans les subérides d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B), Seraidi (C)

3.1.4 État sanitaire du tronc

L'examen du tronc des arbres-échantillons des subéraies étudiées a permis de caractériser trois principaux descripteurs notés à travers des classes: les crevasses, le liège déhiscent et les écoulements.

3.1.4.1 Examen de l'écorce

L'observation de l'écorce des arbres des subéraies d'El-Kala depuis 2005 jusqu'à 2008 a indiqué que la moitié de ces troncs sont en bon état, tandis que 34% des arbres ont présenté un tronc faiblement crevassé (C2) en 2005 et 25% en 2008. Ces taux ont présenté une fluctuation vu que certains arbres sont morts. D'une année à une autre, nous avons enregistré une diminution de cette classe qui passe entre la classe 3 (moyennement crevassée) et la classe 4 (fortement crevassée) à de faible taux. Cependant, une variabilité des classes est observée de 2009 jusqu'à 2011, marquée par la présence de 30% des arbres faiblement crevassés et le même taux révèle la présence des arbres avec un tronc normal. Alors que certains arbres sont moyennement crevassés leur pourcentage varie respectivement de 24% jusqu'à 17% (2009 et 2011), concernant les troncs fortement crevassés, leur taux a augmenté progressivement d'une année à une autre et qui a atteint 23,33% (Fig. 19A).

La proportion de la surface détruite des troncs marqués par la déhiscence du liège, a mis en évidence différentes classes. Nous avons enregistré en 2005 seulement 37% des arbres présentant des troncs complètement sains, l'autre partie est répartie entre 3 classes dont la plus marquée est celles avec une déhiscence faible de 40% (C1), suivie par la classe 2 d'une déhiscence moyenne de 20,45%. Cependant les quatre années qui ont suivi de 2006 jusqu'à 2009, nous avons signalé une baisse progressive des troncs sains avec l'augmentation des autres classes dominées surtout par une déhiscence moyenne avec des taux variant respectivement entre 33,72% et 46,66%. En 2010, une subite progression des arbres sains dûe à la mort de certains arbres, en 2011 nous avons remplacé d'autres arbres pour compléter notre échantillonnage, nous avons obtenu 33% des troncs faiblement déhiscent, ainsi que 20% des arbres ont touché deux classes, déhiscence moyenne et assez forte (C3 et C4) (Fig. 19B).

L'écoulement remarqué au niveau des troncs d'arbres du chêne-liège, est à l'origine d'une fermentation de tous les éléments de l'écorce. Nous avons observé cet écoulement d'une manière irrégulière durant les 7 années d'étude. En 2005, ils sont marqués sur 40% des arbres avec un faible écoulement (C2), par contre 57% des arbres sont restés sains, tandis que les trois années qui ont suivi (2006, 2007 et 2008), les troncs étaient globalement sains (86%,

96% et 89%), cependant de 2010 à 2011 presque la moitié des arbres ont indiqué un écoulement faible (40,74 % et 53,33%) (Fig. 19C).

Durant les deux années d'étude, l'examen de l'écorce des subéraies de Souk-Ahras, a montré que 65,45% des arbres présentent un tronc normal, alors qu'un taux de 34% a présenté un tronc faiblement crevassé. Cependant, en 2010, nous avons enregistré une surface déhiscente relativement faible (10%). En 2011, nous avons remarqué une augmentation du taux de la classe 2 à 20%. Les écoulements d'origine divers sont peu importants avec un taux de 9% (Fig. 20A).

Au niveau des subéraies de Seraidi, les observations faites en 2010, nous ont révélé que 63,75% des arbres ont présenté un tronc sain, par contre 31,25% étaient faiblement crevassés. En 2011, les arbres de la classe 2 passent à la classe 3. Par contre, nous avons distingué 71,25% des troncs avec une surface déhiscente appartenant à la classe 2 et 15% des arbres dont la surface est moyennement déhiscente (C3). L'année qui a suivi, une augmentation de ce taux à 35% est remarquée. Quand aux écoulements, sont rencontrés sur 12% des arbres en 2010, tandis qu'en 2011, ces exsudats se sont écoulés faiblement sur le quart des troncs d'arbres (Fig.20B).

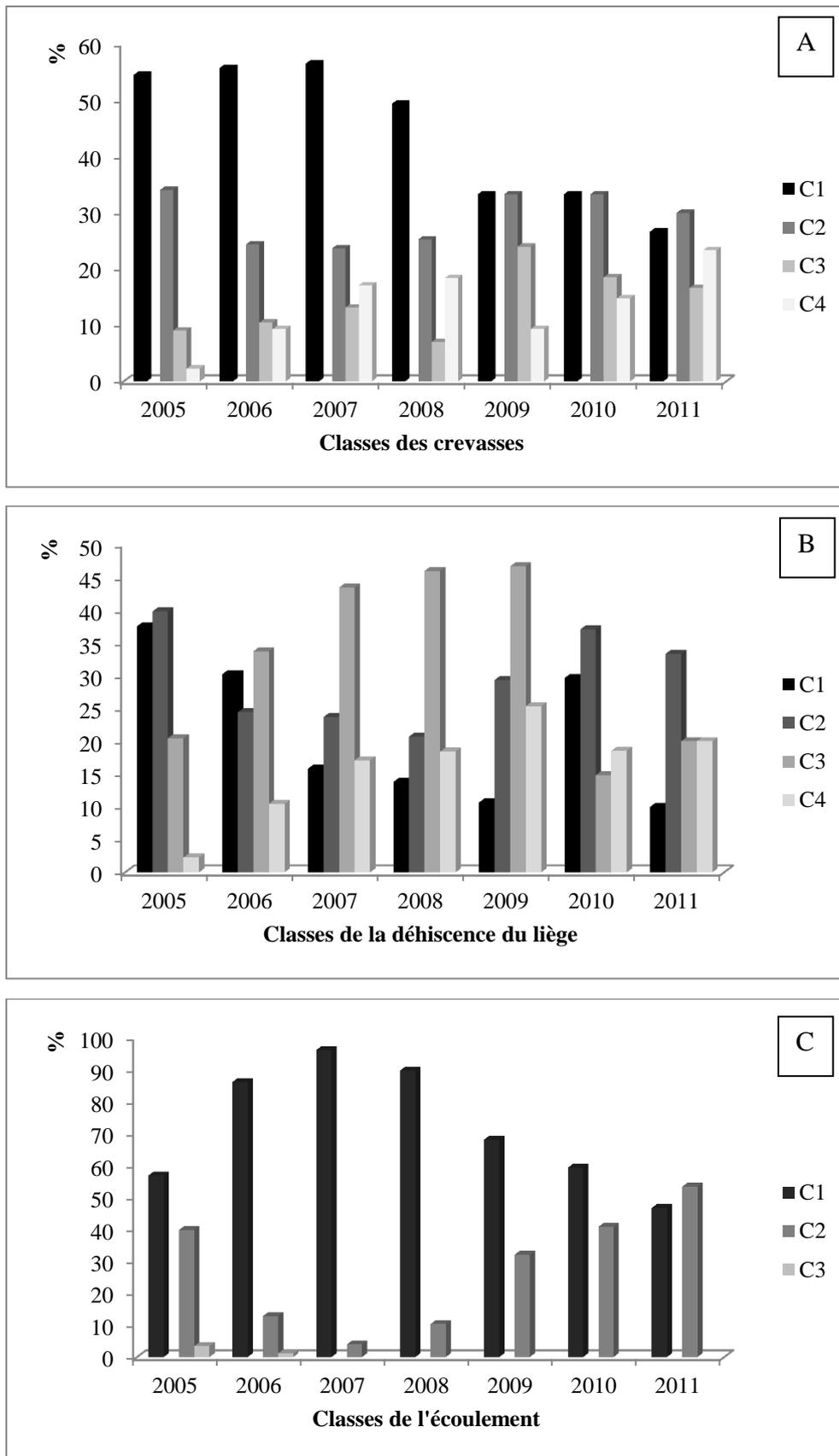


Figure 19: Evaluation de l'état sanitaire de l'écorce à travers les classes des Crevasses (A), Liège déhiscent (B) et Ecoulement (C) des subéraies d'El-Kala.

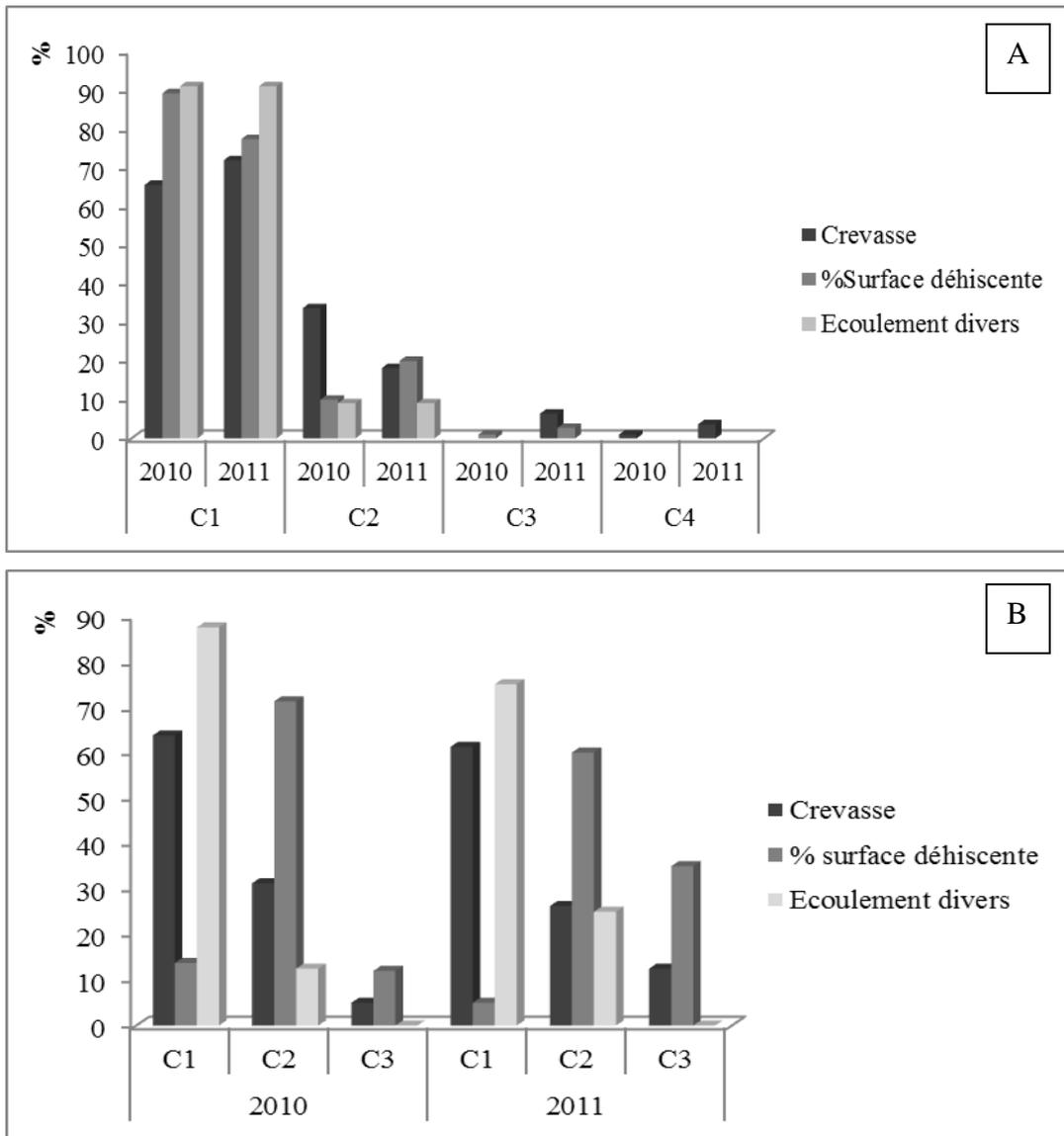


Figure.20: Evaluation de l'état sanitaire de l'écorce à travers les classes des Crevasses, Liège déhiscent et Ecoulement des subéraies de Souk-Ahras (A) et Seraidi (B).

Après l'opération de l'écorçage, les arbres du chêne-liège ont favorisé l'installation de tous types de ravageurs qui ont attaqué chaque partie de l'arbre, dont les plus importants sont les phyllophages et les xylophages. Ces derniers sont caractérisés par la présence des trous de dimensions variables au niveau de l'écorce. Nos observations ont révélé que le nombre des arbres attaqués est important durant les 7 années d'étude. En 2005, l'attaque est de l'ordre de 86% augmentée à 100% en 2006 et 2007. L'année 2008 est marquée par la mortalité de certains arbres, alors que nous avons signalé une subite diminution des arbres attaqués par les insectes xylophages. La saison qui a suivi, le taux d'attaque a augmenté par l'ajout des arbres, ainsi que pour les autres années (Fig. 21A).

Les suintements noirâtres d'origine fongique, étaient présents à des taux variant d'une année à une autre. En 2005, ces exsudats ont atteint 44% des arbres avec une diminution de 13,95% durant la saison qui a suivi. Ce rythme a persisté jusqu'à 2009, alors qu'en 2010 et 2011, ils étaient fréquents à un taux de 60% et 70% (Fig. 21B).

La flore lichénologique est ubiquitaire. Elle s'est étalée en abondance au niveau des troncs d'arbres à un taux de 89% en 2005, cependant un accroissement est observé sur tous les arbres échantillons (100%) durant les trois dernières années (Fig. 21C).

L'action de l'homme correspond essentiellement par des traces d'incendies qui étaient minimales, entre 2,32% et 6,66% (Fig. 22A). Les blessures au niveau des troncs d'arbres ont présenté un faible taux de 13,63% à 15% (2005-2007), alors qu'une subite augmentation est observée en 2008 avec un taux de 44%. En revanche, une brusque diminution est remarquée durant les années 2009 et 2010 (32% et 15%), vu la mortalité de certains arbres mentionnée précédemment. Cependant, nous avons enregistré un taux important des arbres blessés (47%) en 2011 (Fig. 22B).

Le déliègeage pratiqué d'une manière illicite est remarqué sur 23% des arbres. Cet acte s'accroît seulement en 2006 et 2007 respectivement à 25% et 29 % (Fig. 22C).

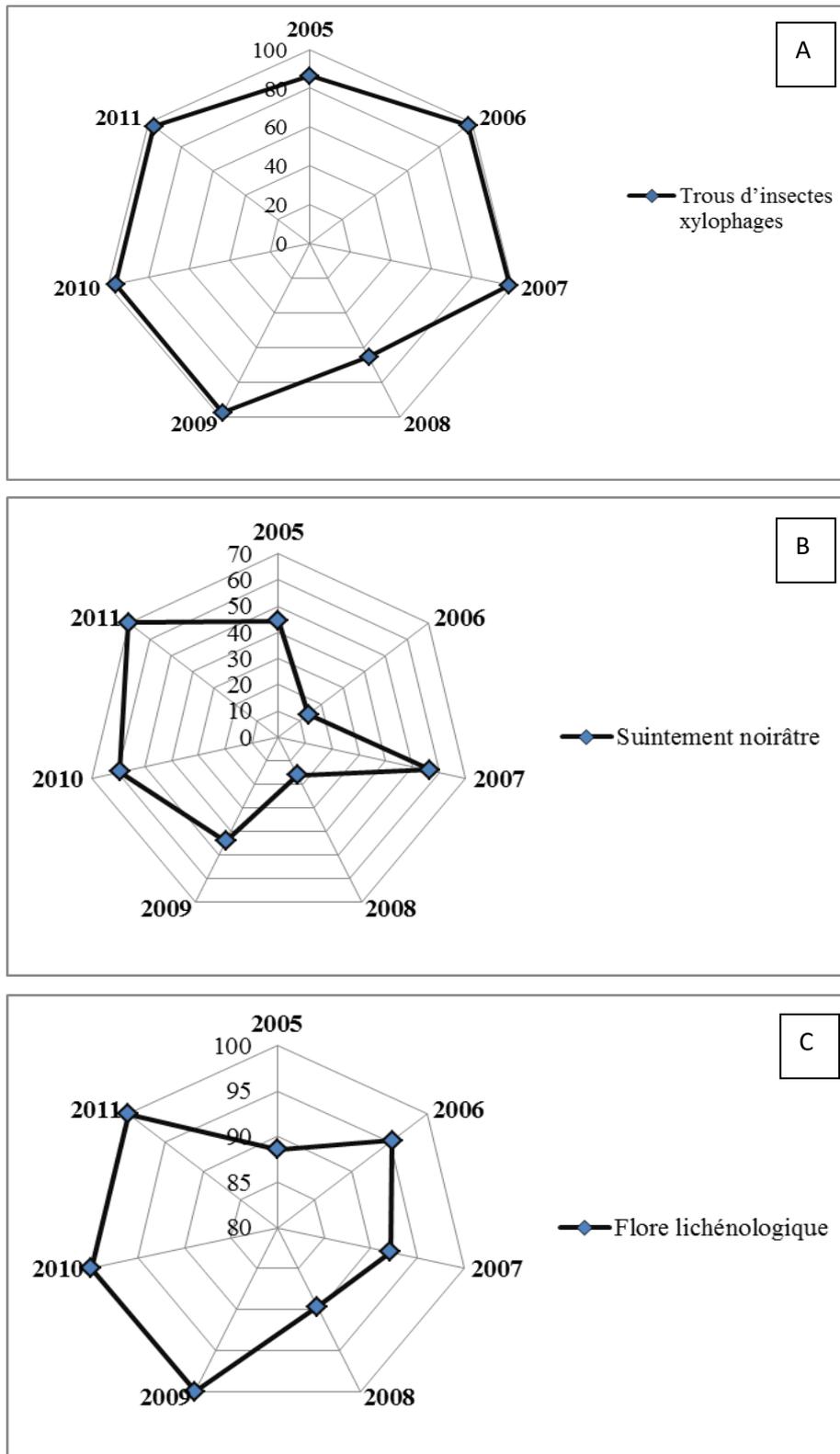


Figure 21: État sanitaire du tronc évalué à travers les différents descripteurs des subéraies d'El-Kala liés aux: Trous d'insectes xylophages(A), Suintement noirâtre(B), Flore lichénologiques(C).

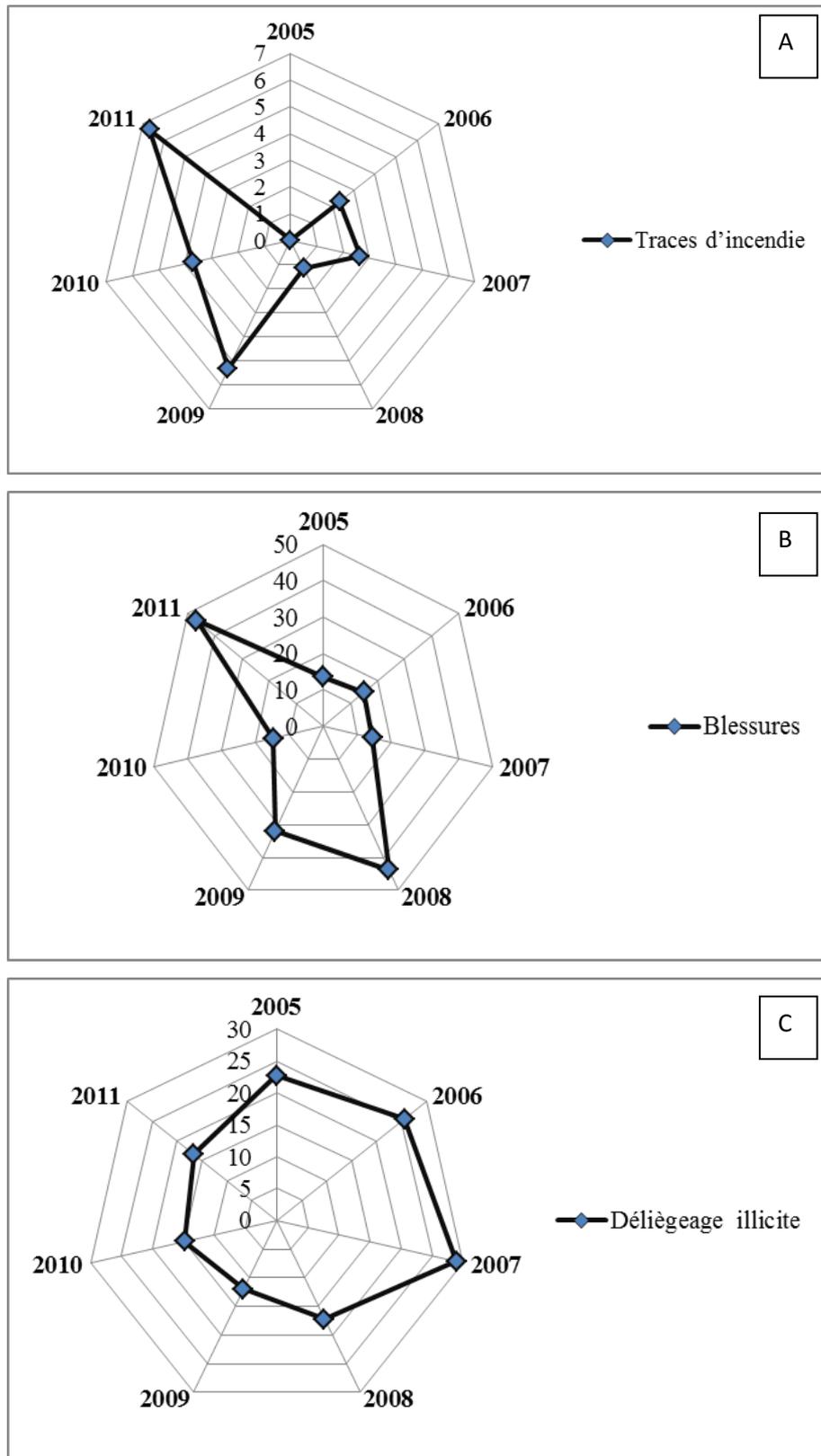


Figure 22: État sanitaire du tronc évalué à travers les différents descripteurs des subéraies d'El-Kala liés à l'action de l'homme: Incendie (A), Blessures(B), Déliègeage illicite(C).

L'étude de l'écorce des arbres des subéraies de Souk Ahras, a indiqué une faible présence des trous d'insectes xylophages qui ont attaqué de 10% à 12% des arbres durant les deux périodes observées. Cependant, en 2010, nous avons remarqué une diminution du taux du suintement noirâtre qui touche les 30% des arbres à 24% en 2011. Concernant la flore lichénologique était en abondance sur tous les arbres étudiés. Pour l'action de l'homme, il semble que les traces d'incendies étaient minimales (2,72%), alors que les blessures touchant l'écorce deviennent importantes, observées sur 35 sujets en 2011. Le déliègeage illicite est pratiqué sur 6,36% des arbres. Ce taux a augmenté à 10% en 2011(Fig. 23A).

Sur les arbres des subéraies de Seraidi, nous avons remarqué que l'action des insectes xylophages intervient fortement sur 91% des arbres. En effet, en 2010, nous avons également observé un taux important des suintements noirâtres qui se sont écoulés sur 44% des arbres, alors que ce taux a diminué à 29% en 2011. La flore lichénologique s'est étalée sur tous les arbres étudiés et qui passe de 96,25% à 100% respectivement durant la période d'étude. L'action de l'homme s'est manifestée par de faibles traces d'incendies, par contre les blessures étaient plus au moins importantes, cependant le taux de déliègeage illicite a augmenté de 9% en 2010 à 17,5% en 2011(Fig. 23B).

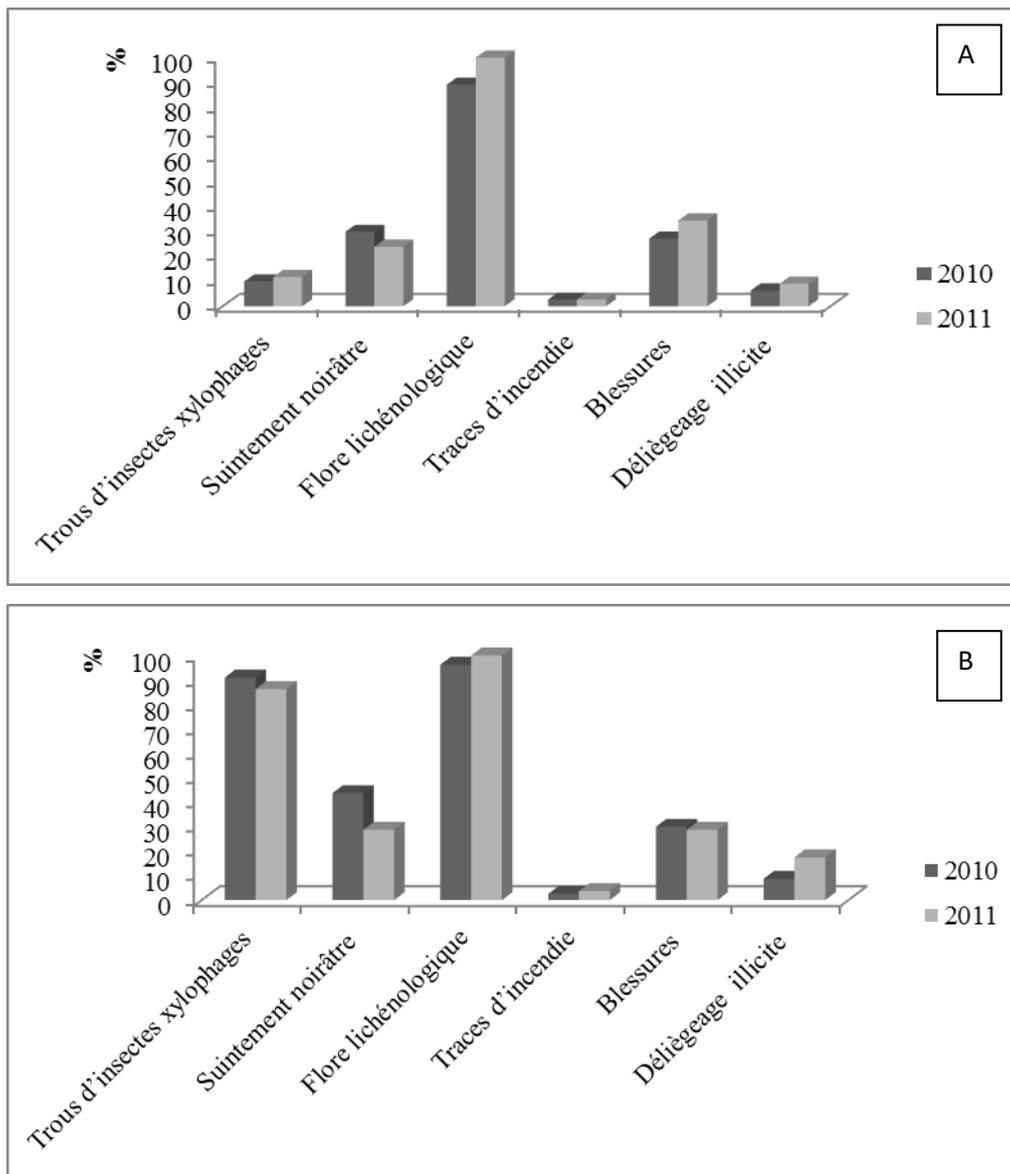


Figure 23: État sanitaire du tronc évalué à travers les différents descripteurs des Subéraies de Souk-Ahras (A) et Seraidi (B).

3.1.4.2 Examen de la zone sous corticale

Au niveau de la zone sous corticale, les principaux dégâts constatés correspondent à l'action d'agents biotiques. Nous avons commencé par l'attaque des insectes xylophages, qui a touché 70% des arbres des subéraies d'El-Kala en 2005. Ces insectes sous corticaux ont augmenté considérablement durant les 7 années d'observation où tous les arbres sont touchés à 100%. En 2005, les écoulements étaient présents sur 42% des arbres, puis une subite diminution de ces derniers à 3% en 2008, tandis que ces exsudats ont présenté une fluctuation depuis 2009 sur 36% des arbres à 23,33% en 2011. Un autre agent biotique s'est manifesté, il s'agit de la croûte charbonneuse qui s'est étalée sur 25% des arbres en 2005. Une variation de ce taux est observée entre 13,95% en 2006 et 36,66% en 2011. Globalement, la qualité du liège est restée bonne durant les années d'étude, vu son élasticité (Fig. 24A).

Les arbres des subéraies de Souk-Ahras, ont indiqué l'apparition de trous d'insectes xylophages sous-corticaux qui étaient présents sur peu d'arbres avec un taux de 7,27%, alors qu'en 2011 une subite augmentation des arbres colonisés par ces insectes a atteint un taux de 35%. Les écoulements se sont trouvés sur peu d'arbres durant les deux années d'observation 8,18% et 2,27%. Cependant, la croûte charbonneuse s'est étalée sur 15,45% de la zone sous corticale. Durant l'année qui a suivi, ce taux a augmenté sur 21% des arbres. Le liège de ces subéraies était élastique et de bonne qualité (Fig. 24B).

La zone sous corticale des arbres observée au niveau des subéraies de Seraidi, a révélé que la situation est devenue préoccupante, puisqu'une augmentation des arbres colonisés par les insectes xylophages est estimée au cours de l'année 2011 à 64%, contrairement à l'année précédente dont le taux était de 20%. Les écoulements n'ont pas présenté une importante variation entre les deux années 2010 et 2011 (13,75% et 18,75%). La croûte charbonneuse s'est étalée sur 11,25% de la zone sous corticale des arbres en 2010 et 19% en 2011. Le liège observé a présenté une bonne qualité sur tous les arbres échantillons (100%) (Fig. 24C).

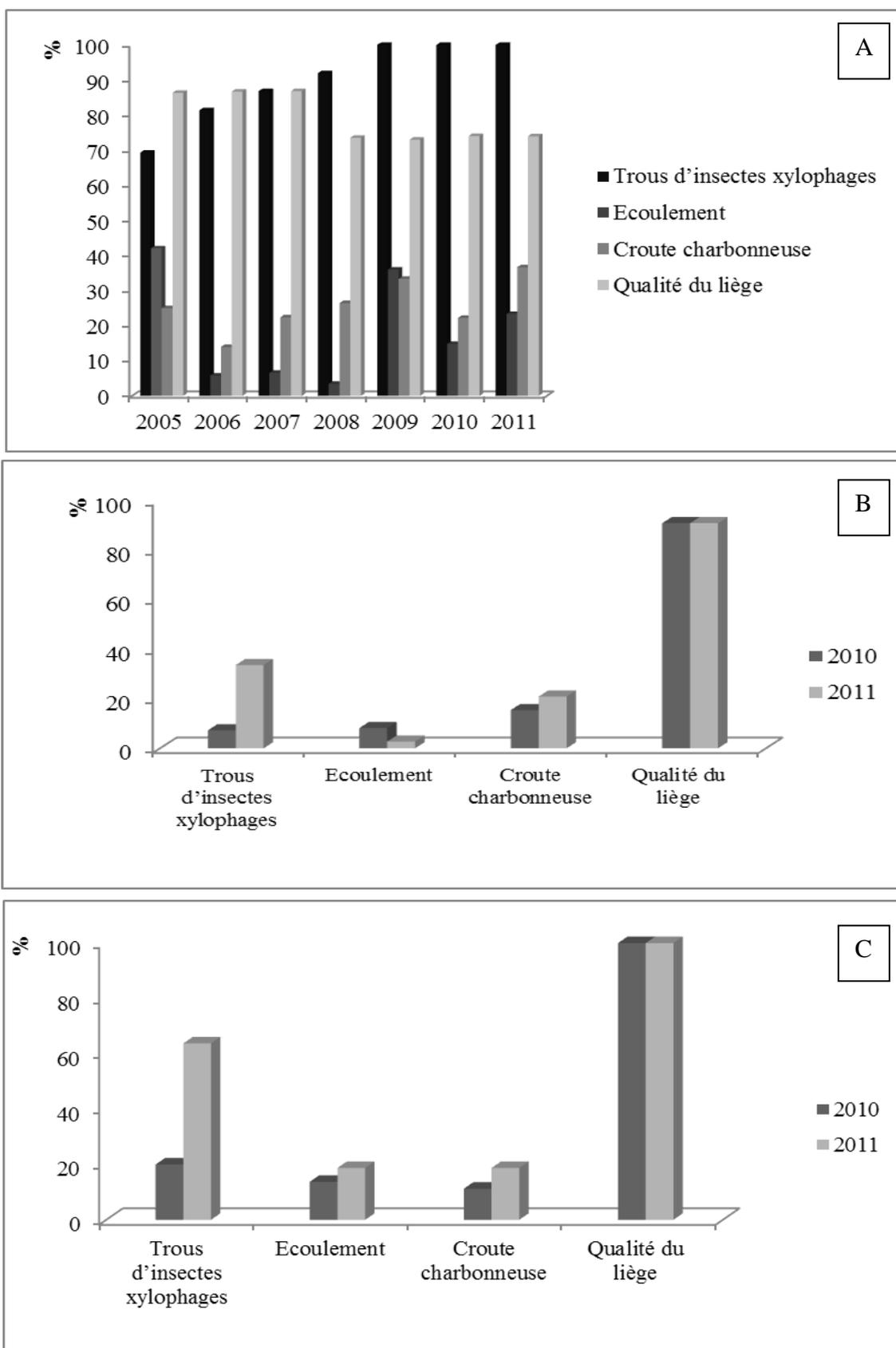


Figure 24: État sanitaire de la zone sous corticale évaluée à travers les différents descripteurs des subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraidi (C).

3.1.5 Interaction des variables impliquées dans l'étude du dépérissement des subéraies

3.1.5.1 Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les variables étudiées

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) fournit un moyen de résumer les différents descripteurs utilisés dans l'étude de l'état sanitaire des subéraies, en extrayant des axes factoriels synthétiques qui rendent compte de la répartition des principaux facteurs sous-jacents liés au phénomène de dépérissement, le long desquels il était possible de positionner ces variables. Ces axes factoriels ont constitué le meilleur résumé possible des 15 variables étudiées (défoliation, décoloration, crevasses, déhiscence de liège, écoulement1, écoulement 2, trous d'insectes xylophages1, trous d'insectes xylophages 2, suintement noirâtre, traces d'incendies, blessures, croûte charbonneuse, flore lichenologique et glandée) (Tab. 24) et d'avoir une vue globale de la corrélation de ces derniers, qui sont notamment utilisés pour générer des graphiques appelés plans factoriels. Nous avons également éliminé quelques paramètres invariants étant inutiles comme la déformation, la nécrose et le départ de gourmand.

Tableau. 24: Codes des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies utilisés dans l'analyse factorielle des correspondances (AFC)

Descripteurs	Codes	Descripteurs	Codes
Défoliation	Déf	Suintement noirâtre	Suint
Décoloration	Déc	Traces d'incendies	Inc
Crevasses	Crev	Blessures	Bless
Déhiscence de liège	Déhi	Déliègeage illicite	Délièg
Écoulement1	Ecou1	Croûte charbonneuse	Charb
Écoulement 2	Ecou2	Flore lichenologique	Lich
Trous d'insectes xylophages1	Xylo1	Glandée	Glandée
Trous d'insectes xylophages2	Xylo2		

Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les variables étudiées dans les subéraies d'El-Kala

Selon la figure (25A), l'ensemble des paramètres étudiés sur les arbres échantillons en 2005 présente le taux d'inertie associé à l'axe factoriel F1 et F2 qui mesure la part prise par ces axes dont l'inertie totale est de 46,44%. Les 2 axes n'expliquant que 28,38% et 18,06% de la variabilité totale, regroupant la majorité des variables en 2 groupes. Nous avons 9 variables pour le premier qui sont: les crevasses, déhiscence de liège, insectes xylophages1 et 2, traces

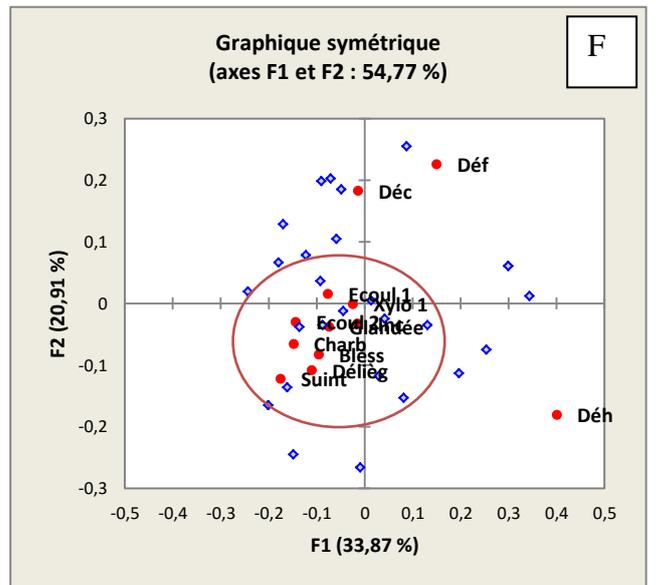
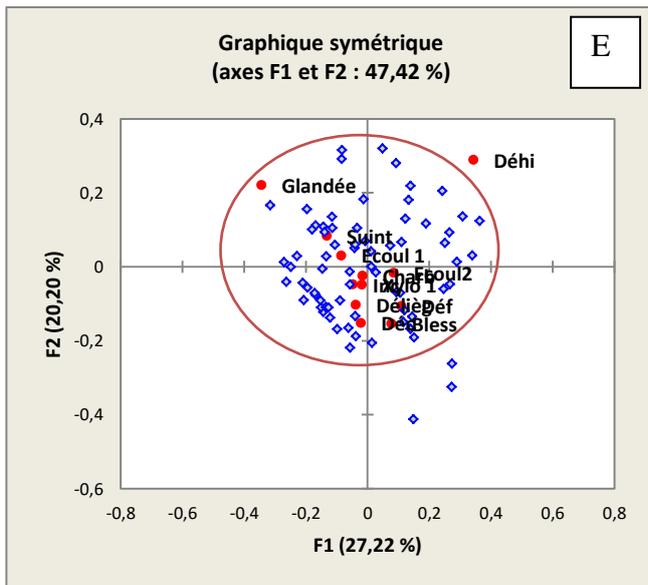
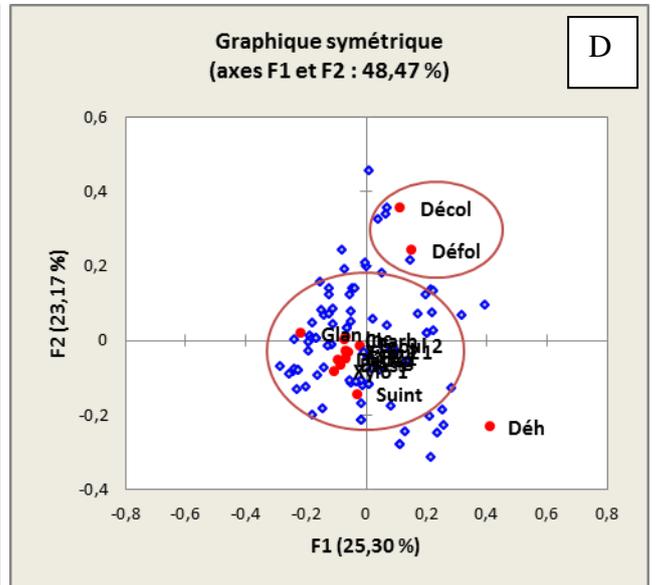
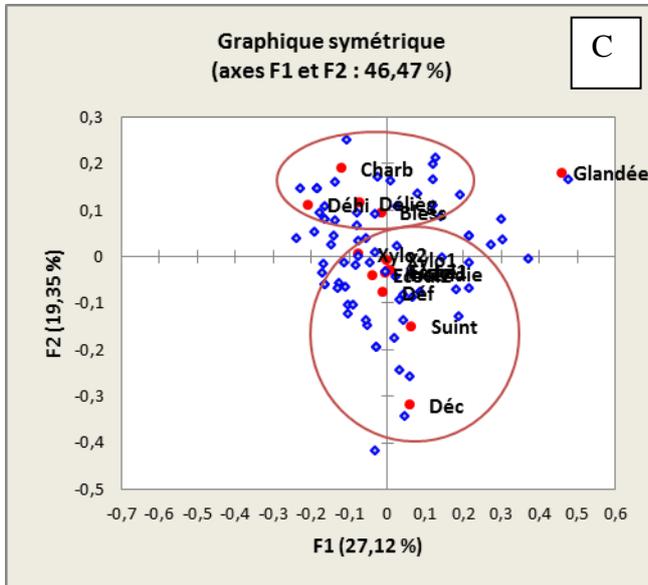
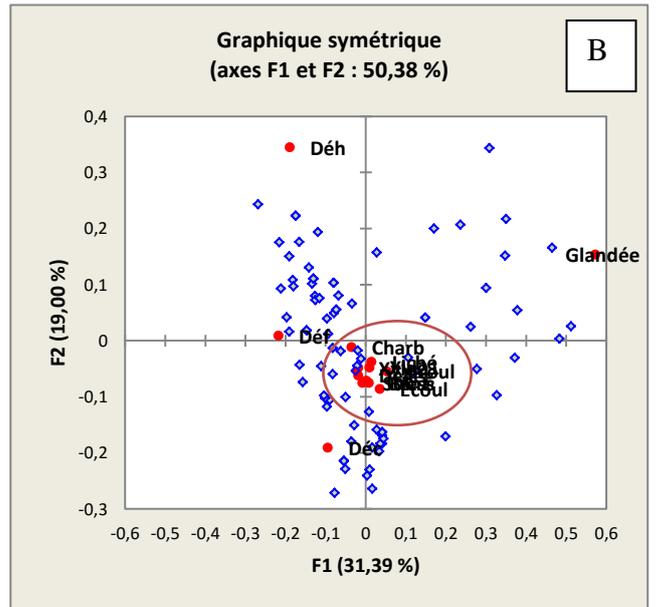
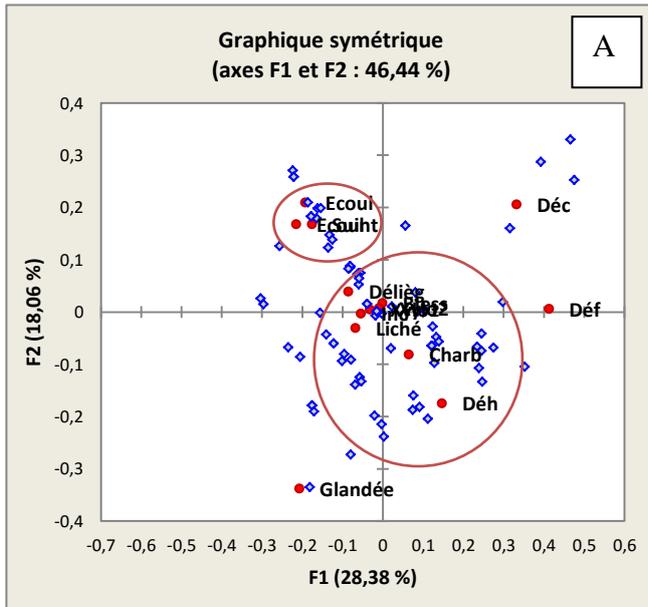
d'incendies, blessures, déliègeage illicite, croûte charbonneuse, flore lichenologique, tandis que le deuxième groupe rassemble les exsudats (3 variables) sous forme d'écoulement 1 et 2 et les suintements noirâtres.

En 2006, les paramètres étudiés des arbres échantillons représentent une inertie totale égale à 50,38%, les inerties absorbées par les deux axes F1 et F2 sont comme suit: 31,39% & 19% et qui réunissent un nombre important de variables (11) les crevasses, écoulement1, écoulement 2, insectes xylophages1, insectes xylophages2, suintement noirâtre, traces d'incendies, blessures, déliègeage illicite, croûte charbonneuse, flore lichenologique (Figure.25B).

Concernant les relevés effectués en 2007, le graphique représente 46,47% de l'inertie totale, qui se répartit entre l'axe F1 à 27,12% et l'axe F2 à 19,35%. La représentation des descripteurs dans le plan factoriel forme 2 groupes, le premier regroupe la déhiscence du liège, les blessures, le déliègeage illicite et la croûte charbonneuse d'origine fongique, alors que le deuxième groupe est ralié dans le pôle négatif et manifestement occupé par des paramètres biotiques les plus marqués (trous d'insectes xylophages 1 et 2 et les exsudats d'origines fongiques, écoulement 1 et 2 et les suintements noirâtres) liés aux deux descripteurs de la cime (la défoliation et la décoloration) (Fig. 25C). Cependant en 2008, l'analyse factorielle des correspondances des différents descripteurs utilisés indique une inertie totale égale à 48,37% dont les variables sont distribuées entre une inertie de 30,91% et 17,47%. Nous remarquons l'existence de deux groupes avec le groupe 1 rassemblant les descripteurs de la cime, la défoliation et la décoloration occupant la partie droite des axes au niveau du pôle positif qui montre l'importance de ces derniers dans l'estimation de l'état de santé des arbres étudiés. Cependant le groupe 2, rassemble fortement au centre des deux axes dans la partie gauche du pôle négatif tous les relevés qui restent (Fig.25D). En ce qui concerne les relevés effectués en 2009, les deux axes expliquant 27,22% et 20,20% de la variabilité totale, nous remarquons que les descripteurs ayant les plus fortes contributions à l'inertie des deux axes où toutes les variables occupent fortement ces derniers sauf la déhiscence du liège qui forme un groupe individuel (Fig. 25E).

Les relevés de 2010 et 2011 présentent des groupements presque similaires dont l'inertie totale est respectivement 54,77 % et 46,16%. Le pôle positif des deux axes regroupe la glandée et la décoloration en 2011. Cependant, dans le pôle négatif, nous trouvons le regroupement de toutes les variables qui semblent être corrélées. Le même groupement est signalé en 2010 sauf que la glandée se trouve en dehors de ce groupe. L'interaction de ces

variables influe négativement sur l'état sanitaire des subéraies d'El-Kala où le dépérissement est important ces deux années (Fig.25F et 25G).



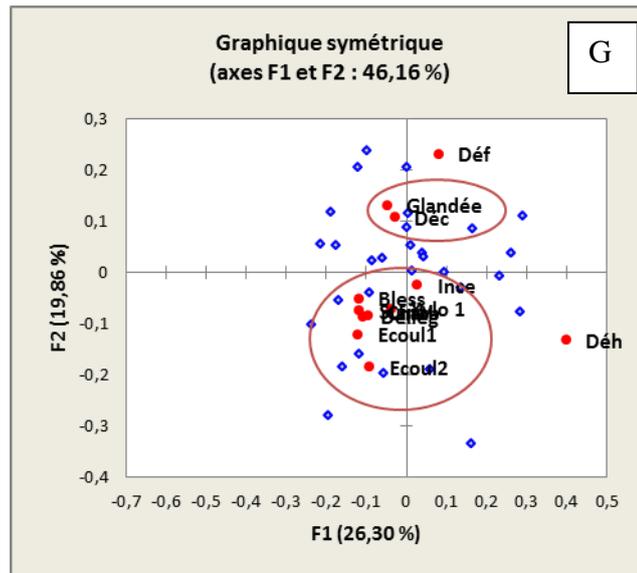


Figure 25: Analyse factorielle des correspondances (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies d'El-Kala durant les 7 années d'étude (2005-2011). (A): 2005, (B): 2006, (C): 2007, (D): 2008, (E): 2009, (F): 2010, (G): 2011.

Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les variables étudiées dans les subéraies de Seraidi

Une analyse factorielle des correspondances a été réalisée sur les 15 relevés observés en 2010 sur les arbres du chêne-liège de Seraidi. Ces relevés expliquent 35,44% de l'inertie totale, la distribution des descripteurs entre le taux d'inertie associé entre les deux axes F1 et F2 (20,12% et 15,32%) révèle la présence de deux groupes : le premier dans le pôle positif, qui forme les écoulements et l'attaque des xylophages qui touchent l'écorce et la zone sous corticale, alors que le deuxième groupe rassemble les autres descripteurs sauf la décoloration et les suintements noirâtres qui sont dispersés (Fig. 26A).

En 2011, les deux axes n'expliquent que 26,60% et 14,34% de la variabilité totale. L'interprétation de ces axes et plans factoriels repose en particulier sur le taux d'inertie associé (40,93%) qui fait rassembler deux groupes, le premier se regroupe dans le pôle positif de l'axe F2 (blessures, déliègeage illicite et les croûtes charbonneuses) alors que le second groupe se trouve entre les deux axes représentés par les insectes xylophages 1 et 2, les écoulements 1 et 2 avec les suintements noirâtres, les traces d'incendies et la déhiscence du liège qui est corrélé négativement (Fig.. 26B).

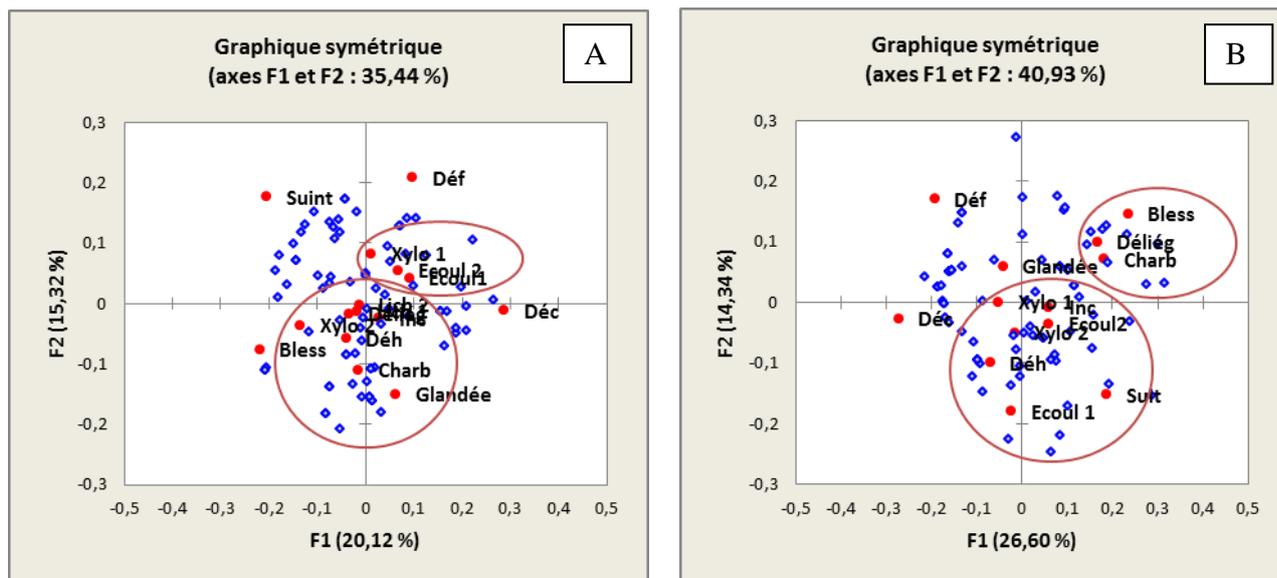


Figure 26: Analyse factorielle des correspondances (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Seraidi. (A): 2010, (B):2011.

Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les variables étudiées dans les subéraies de Souk-Ahras

Le graphique issu de l'analyse factorielle de correspondances de la figure (27A), représente le plan des deux axes n'expliquant que 25,87% et 13,67%, c'est-à-dire presque 39,54% de la variabilité totale, le groupe de variable se rassemble au centre de l'axe (Ecoulement1, la flore lichénologique, décoloration, blessures, incendie, dèliègeage illicite, la glandée) vers le pôle négatif de l'axe 2 qui regroupe l'écoulement, les insectes xylophages 1 et 2, ainsi que les croûtes charbonneuses. Cependant, deux groupes qui s'opposent au niveau du premier axe entre le pôle positif et le pôle négatif de la partie gauche : c les blessures, suintement noirâtre contre la croûte charbonneuse et la déhiscence du liège.

Les relevés de 2011 forment un ensemble de variables au centre de l'axe qui présentent un taux d'inertie totale égale à 43,52%, dans lequel le pôle positif de la partie droite des axes regroupe 12 variables (crevasses, déhiscence du liège, écoulement1, écoulement2, Suintement noirâtre, traces d'incendies, Blessures, croute charbonneuse, flore lichénologique et glandée), bien que deux groupes qui s'opposent entre les deux axes (les insectes xylophages 1 et 2) qui se trouvent au niveau de l'écorce et la zone sous corticale avec les deux descripteurs de la cime (la défoliation et la décoloration) (Fig. 27B).

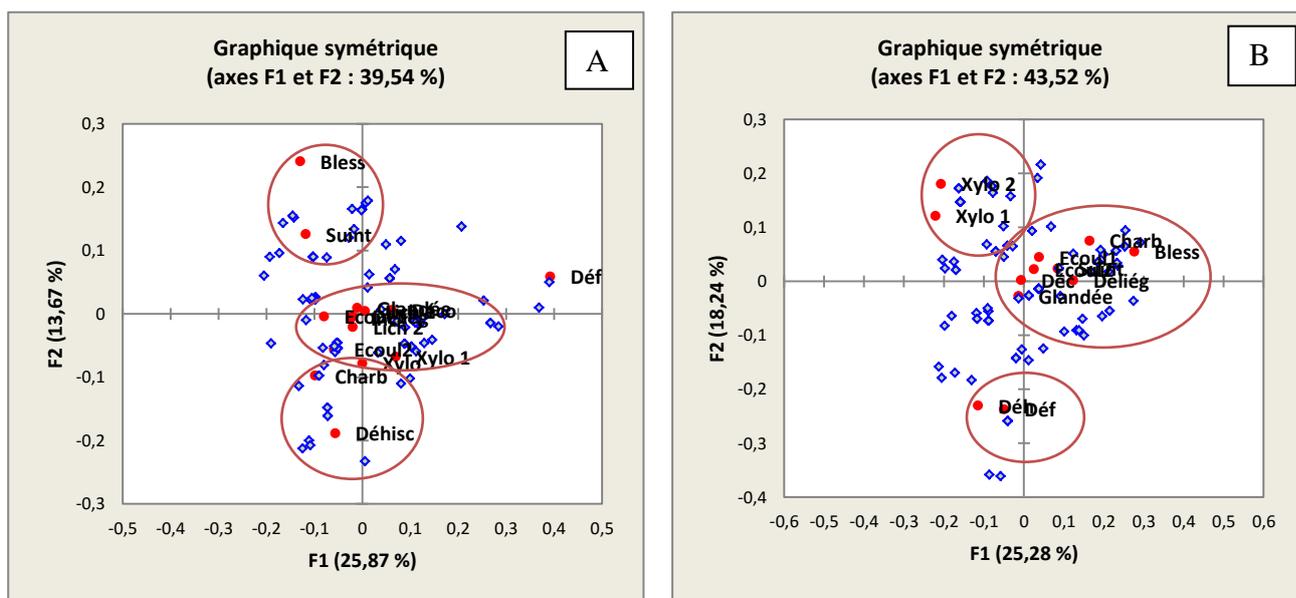


Figure. 27: Analyse factorielle des correspondances (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Souk-Ahras. (A): 2010, (B):2011.

3.1.5.2 Analyse globale (AFC) des variables fortement corrélées

Après avoir réalisé une analyse factorielle des correspondances sur les 15 variables pour chaque année d'observation séparément et au niveau des trois régions étudiées. Une autre AFC a permis de traiter une autre fois les mêmes variables qui englobent toutes les années d'observation pour avoir une vue globale. Cependant, pour permettre d'éliminer les variables inutiles, nous avons réalisé une AFC de seulement 8 variables triées (défoliation, décoloration, écoulement 2, trous d'insectes xylophages1, trous d'insectes xylophages2, croûte carbonneuse, flore lichenologique et glandée) dans le but de trouver les variables les mieux corrélées qui sont impliquées dans la dégradation des subéraies étudiées.

Analyse globale (AFC) sur les 15 et les 8 variables étudiées dans les subéraies El-Kala

Selon la figure (28A), nous avons étudié 15 variables sur les arbres échantillons d'El-Kala durant 7 années où nous avons choisi l'intervalle de 4 années (2005-2008-2010-2011). Pour mieux visualiser les résultats, nous avons noté une inertie totale de 28,21%. Les 2 axes expliquent 17,43% et 10,78% de la variabilité totale. Ceci est dû à la corrélation significative entre beaucoup de variables. Les échantillons qui occupent la partie gauche du graphe de haut en bas présentant une bonne corrélation entre la distribution "variable- année et arbre" qui peut paraître un peu confuse, mais de grandes lignes se détachent et séparent la défoliation 2005, 2010 et 2011 ainsi la décoloration 2005 et crevasse 2008 des autres variables qui restent. Concernant l'AFC à 8 variables, l'inertie totale est de 46,33% dont les variables sont

distribuées entre une inertie de 30,90 % et 15,43%. Ces variables forment un continuum dans lequel se focalise dans la partie gauche du graphe où nous pouvons distinguer principalement l'assemblage des insectes xylophages 2005, 2008, 2010 et 2011 avec la présence de la flore lichénologique 2005, et nous remarquons que les variables (défoliation et décoloration), quelle que soit l'année, ne sont pas corrélées aux autres variables, alors que la glandée, la croûte charbonneuse et les écoulements, seulement ceux de l'année 2010 et 2011 qui sont trouvés. Ce résultat est en corrélation avec les indices de dépérissement liés à l'état sanitaire des subéraies d'El-Kala. Ces derniers sont élevés en 2010 et 2011 indiquant un dépérissement assez grave (2,55) en 2010 et un dépérissement grave (2,90) en 2011. Par contre, nous remarquons la présence aussi de la glandée liée à certaines variables. Cette dernière est élevée en 2010 et 2011, ce qui indique une glandée abondante, alors que les arbres sont très féconds. Dans ce cas, ceci dévoile que l'état sanitaire des arbres n'est pas lié à la production de la glandée (Fig.28B).

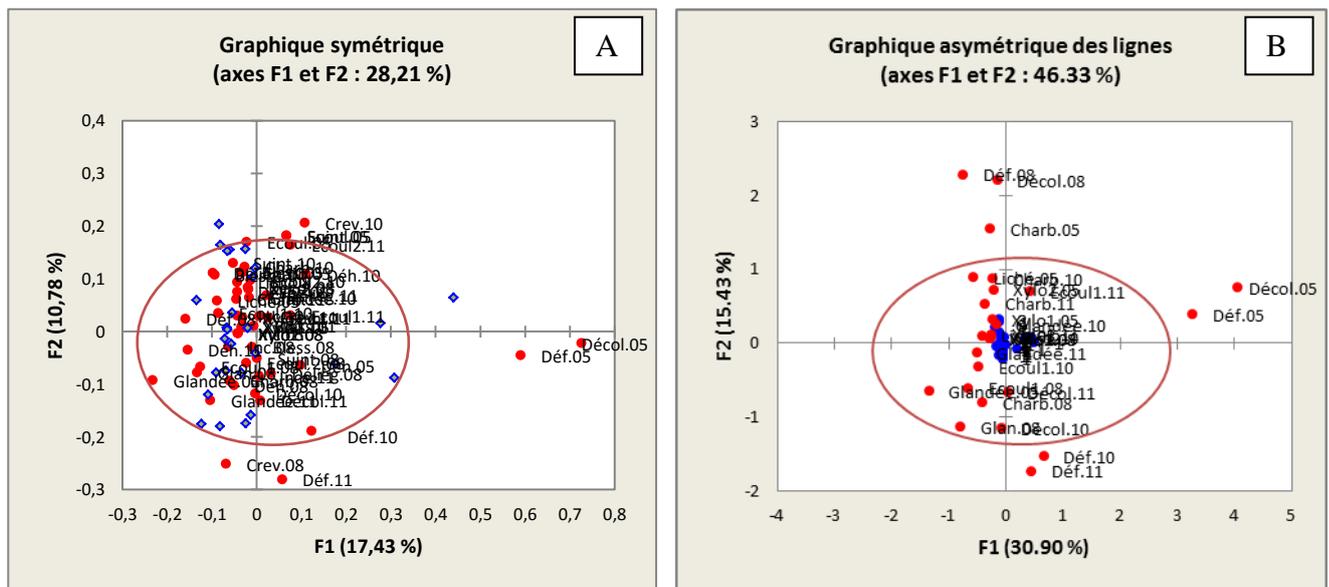


Figure. 28: Analyse globale (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies d'El-Kala. (A): Analyse sur 15 variables, (B): Analyse sur 8 variables

Analyse globale (AFC) sur les 15 et les 8 variables étudiées dans les subéraies de Seraidi

Selon la distribution des variables, les deux axes n'expliquent que 24,5% et 20,1% de la variabilité totale. Les variables occupent plutôt le centre du graphe, avec un chevauchement de certaines variables entre 2010 et 2011. D'une manière générale, nous remarquons que les insectes xylophages constituent la variable qui se trouve tout le temps corrélée avec d'autres variables. En haut, nous trouvons la corrélation : déhi 2010-déhi 2011, déf 2010-déf 2011, xylo1.1010-ecoul2.2010-xylo1.2011 et en bas nous distinguons : lich2.2010-lich1.2010, déliég2010-charb2010,déliég2011-charb2011-ecoul1.2010-ecoul1.11-xylo2.2011-glandée2010-glandée2011 (Fig.29A). Nos résultats sur les 8 variables révèlent bien l'existence de trois groupes qui se détachent l'un de l'autre et qui montrent la corrélation de ces derniers. Le premier représenté par: ecou1.2010-xylo1.2010-dec2010-xylo2.2011, le deuxième groupe rassemble : charb2010-xylo2.2010-lich1.2010 et enfin nous avons : glandée 2010-glandée 2011. Toutes ces variables se répartissent entre deux axes dont l'inertie totale est de 33,73% (Fig.29B).

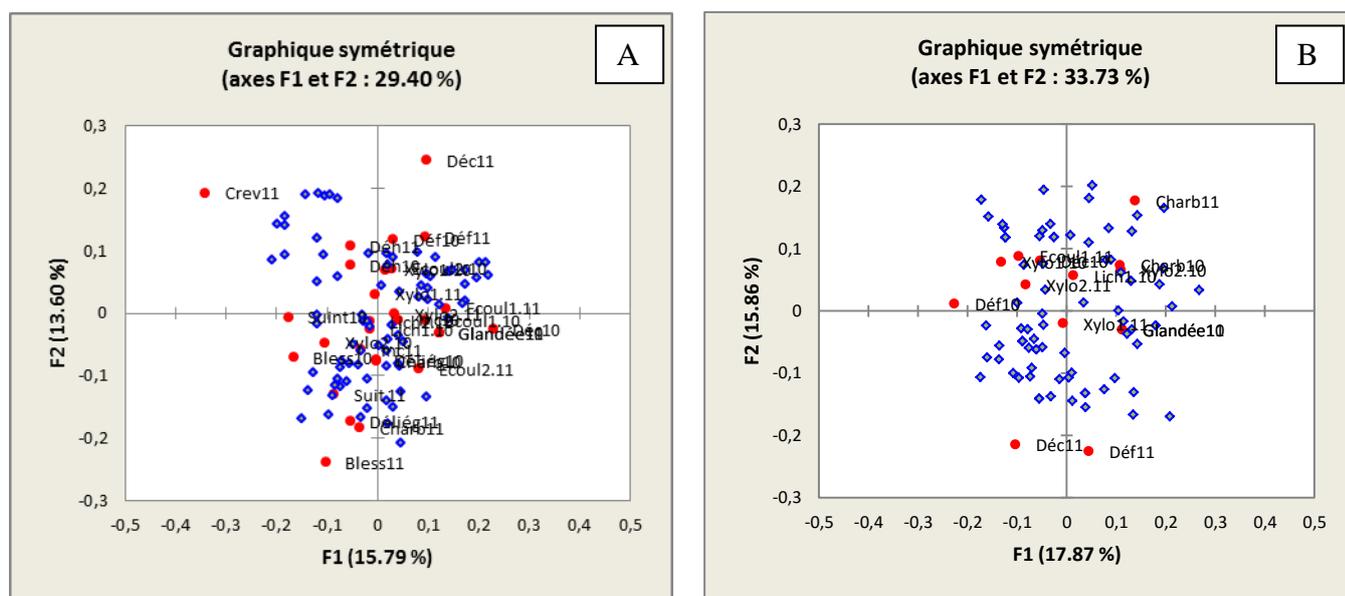


Figure. 29: Analyse globale (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Seraidi. (A): Analyse sur 15 variables, (B): Analyse sur 8 variables.

Analyse globale (AFC) sur les 15 et les 8 variables étudiées dans les subéraies de Souk-Ahras

En ce qui concerne les relevés de Souk-Ahras, les variables se rassemblent en formant 4 groupements imperceptibles dans une inertie totale de 27,94%. Le premier groupement rassemble déh2011- xylo1.2010- xylo2.2011. Après, nous avons : lich1.2010, déc 2011 et le troisième groupement qui est le plus important présentant la corrélation de plusieurs variables déh2010-ecoul1.2011-ecoul2.2011-charb2010-ecoul1.2010-ecoul2.2010-suint 2010 et ensuite le quatrième qui englobe délièg2011- suint2011- charb2011(Fig. 30A).

Après la suppression de certaines variables inutiles, ce graphique représente une inertie totale de 37,55% qui se répartit entre l'axe1 (20,90%) et l'axe 2(16,65%). Cependant, nous distinguons la corrélation de quelques variables formant deux groupes bien distincts lich2010-lich2011-xylo1.2010-xylo2.2010-déc2010-déf2011, ensuite, nous avons le deuxième groupe charb2010-charb2011-ecoul.2011(Fig.30B)

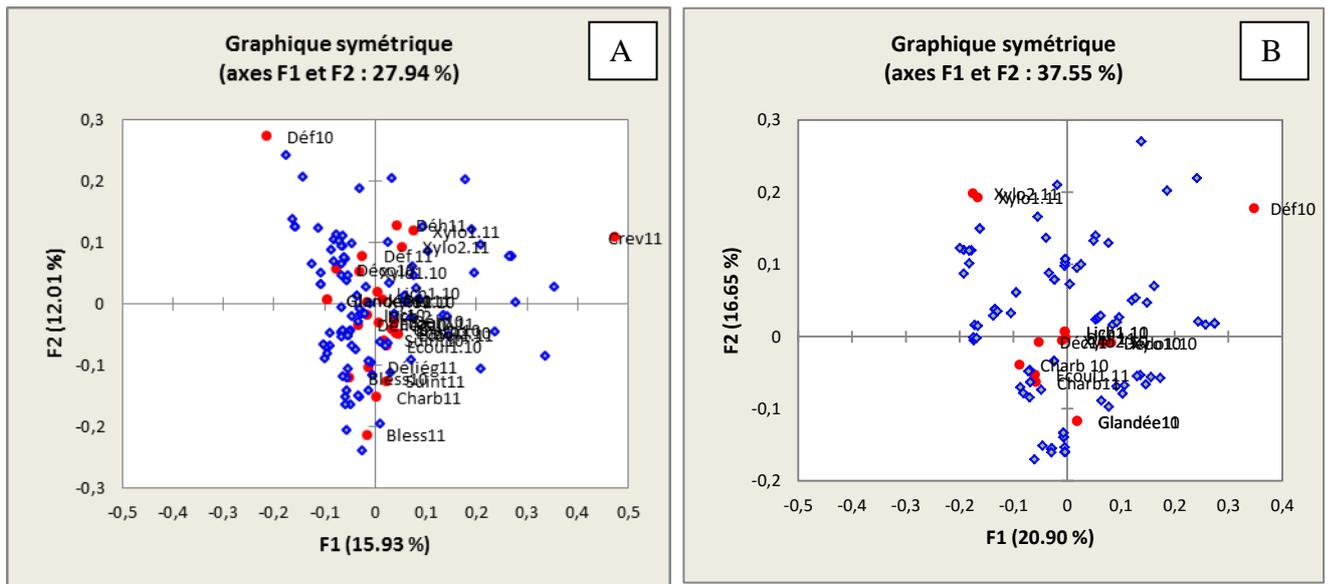


Figure. 30: Analyse globale (AFC) de la distribution des descripteurs de l'état sanitaire des subéraies de Souk-Ahras. (A): Analyse sur 15 variables, (B): Analyse sur 8 variables

3.1.5.3 Conclusion finale des AFC réalisées sur les différents variables

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances ont montré que certaines variables sont toujours corrélées. Par voie de conséquence, les facteurs qui concourent à la dégradation des subéraies étudiées sont expliqués par une interaction entre le regroupement des insectes xylophages de l'écorce et la zone sous corticale avec les autres variables. En

revanche, la défoliation et la décoloration ne sont pas corrélées aux autres variables quelle que soit l'année. Ces deux paramètres sont considérés seulement comme des indices de vitalité du chêne-liège. Ces résultats dévoilent aussi que la situation sanitaire des subéraies n'est pas liée à la fécondité des arbres vu que l'indice d'abondance de la glandée est élevé.

3.2 Etude des feuilles du chêne-liège

Les feuilles du chêne-liège hébergent une faune très diversifiée principalement les insectes phyllophages, qui influent sur l'état sanitaire des feuilles en exploitant ces dernières de différentes manières, à travers une attaque ou en provoquant une nécrose et donc la formation d'une excroissance qu'est la galle.

3.2.1 Etat sanitaire des feuilles

Selon l'étude des feuilles des subéraies de la région d'El-Kala, nous avons constaté en 2009 que seulement 14 % des feuilles étaient saines, le taux restant s'est réparti entre une simple atteinte représentée par des feuilles nécrosées et attaquées présentant presque le même taux (30%), cependant les feuilles à galles ont indiqué un faible taux de 7,54%. Concernant les feuilles associées à deux atteintes, leur taux est élevé pour des feuilles attaquées et nécrosées (15%) par contre l'association de nécrose et galles ont montré un très faible taux (1,7%), alors que la présence de galles associées à une attaque est presque nulle. Le triple attaque signale un faible taux de 3,5% (Fig. 31A).

En 2010, le taux des feuilles saines a augmenté à 19,73%, ainsi que pour les feuilles atteintes. Nous avons remarqué que les feuilles nécrosées ont présenté une nette progression de 47,11% contrairement aux feuilles attaquées et présentant des galles qui ont diminué respectivement à 19,79% et 3,5%, par contre, nous avons constaté que l'association des atteintes des feuilles par les phyllophages était en faible pourcentage, auxquelles les feuilles attaquées et nécrosées ont diminué à 7,95 % (Fig. 31A).

À partir de la troisième année d'observation (2011), nous avons enregistré une diminution du taux des feuilles saines à 12,65% dans le moment où les feuilles attaquées ont progressé pour atteindre 28,4%, alors que les feuilles nécrosées et présentant des galles ont reculé respectivement à un taux de 38,44% et 1,5%. Cependant, les feuilles doublement atteintes se sont manifestées par l'augmentation de la coexistence des feuilles attaquées et nécrosées à 18%, par contre l'atteinte des feuilles attaquées et nécrosées associées aux galles est presque nulle de même pour les triples atteintes (Fig. 31A).

Sur les 1500 feuilles prélevées des subéraies de Souk-Ahras, nous avons constaté que les feuilles saines ont présenté une régression entre les deux années d'observation (25,84% et 20%). Les feuilles atteintes étaient marquées par la présence de nécroses à 22,61%, ce taux a augmenté l'année suivante pour atteindre 34%, contrairement aux feuilles attaquées où le taux

a diminué de 32,56% à 20,53%. Alors que le taux des galles formés au niveau des feuilles était très minime et reste invariable (2%). L'existence d'une double atteinte est signalée le plus, par l'association des phyllophages et la présence de nécrose à 13,38% en 2010. Ce taux a augmenté en 2011 à 20,73%. Les deux autres atteintes associées aux galles n'ont présenté qu'un très faible taux, identique entre deux saisons d'observation (1%). Nous avons noté aussi la faible présence d'une triple attaque (Fig. 31B).

Les observations notées sur les feuilles récoltées dans les subéraies de Seraidi, ont indiqué un taux de 18% de feuilles saines, qui a diminué à 11% entre deux années d'étude. Sur les feuilles qui sont restées, un taux important de 50% présente des feuilles attaquées. Ces dernières régressent à 32,7%, alors que les feuilles nécrosées passent de 8% à 19% entre 2010 et 2011. Le pourcentage des feuilles présentant des galles est resté très faible. En revanche, la coexistence d'une double atteinte est signalée par la présence d'une attaque par les phyllophages et les nécroses dans la même feuille avec un taux qui progresse de 29% jusqu'à 35% entre l'année 2010 et 2011. D'autre part, le résultat enregistré pour les autres atteintes (l'association des galles avec des feuilles présentant des attaques et des nécroses) est presque identique à celui de Souk-Ahras, de même pour une triple atteinte (Fig.31C).

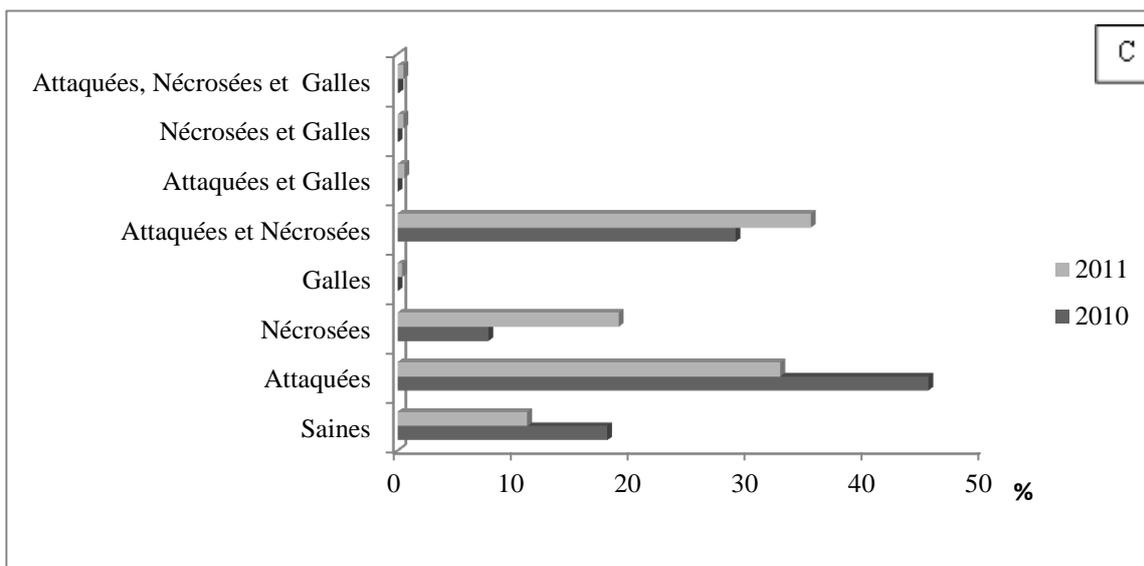
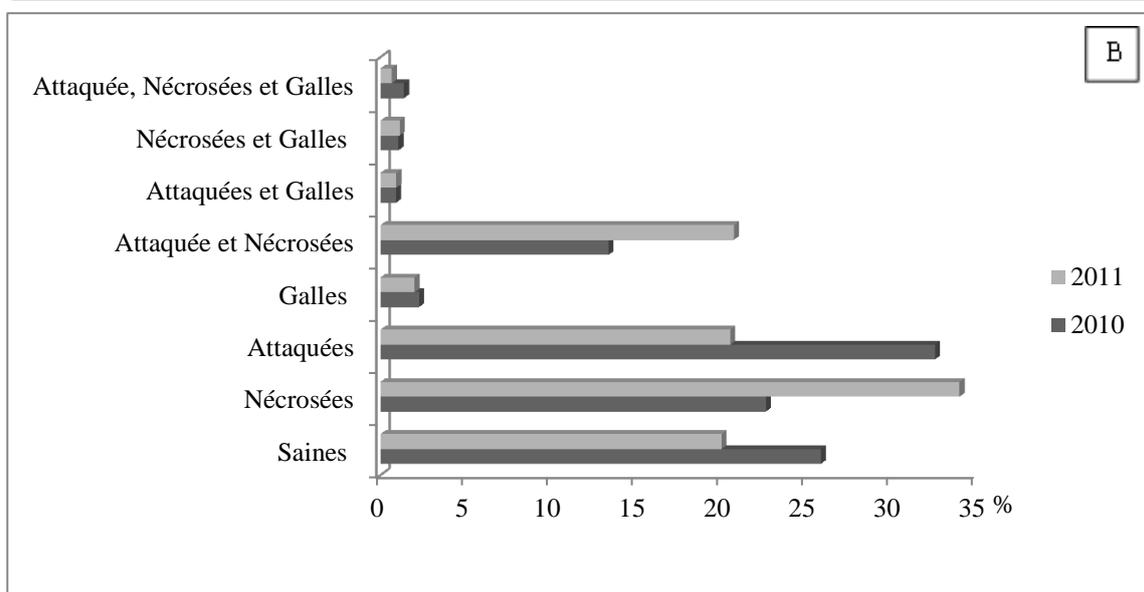
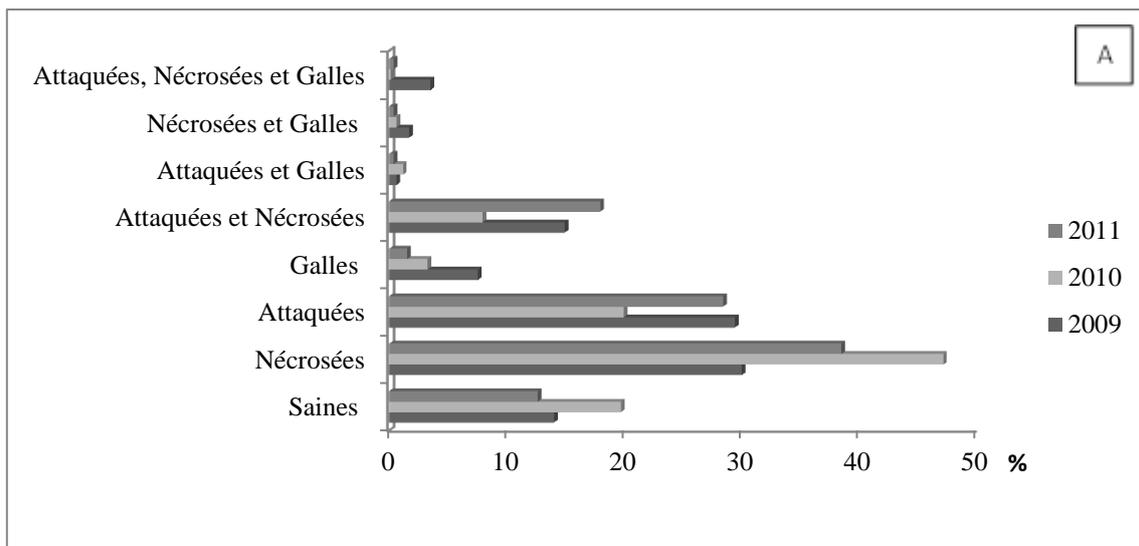


Figure. 31: Répartition des feuilles en fonction de leur état sanitaire dans les subérasies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B), Seraidi (C).

3.2.1.1 Biométrie des feuilles

Les résultats réalisés sur la surface foliaire des feuilles des subéraies d'El-Kala, nous ont dévoilé une variation successive durant la période d'étude. Globalement, nous avons remarqué que l'année 2010 est caractérisée par la présence d'une surface foliaire élevée concernant les feuilles saines, nécrosées et attaquées par les phyllophages, par contre pour l'année 2011, il semble nettement y avoir une régression de cette surface, tandis que la surface des feuilles à galle est relativement petite pour les 3 années.

La surface foliaire moyenne des feuilles saines enregistrée en 2009 est de $14,56 \pm 6,53$ cm^2 variant entre un minimum de $3,76$ cm^2 et un maximum de $47,41$ cm^2 , pour l'année qui a suivi, nous avons remarqué une augmentation de $16,11 \pm 6,58$ cm^2 , d'un minimum de $4,96$ cm^2 et un maximum de $38,07$ cm^2 , contrairement à l'année 2011 où une nette régression de ce paramètre qui atteint $10,68 \pm 4,47$ cm^2 variant entre un minimum de $3,16$ cm^2 et un maximum de $29,50$ cm^2 (Fig. 32A).

Concernant la surface des feuilles nécrosées, nous avons constaté le même résultat des feuilles précédentes. En 2009, nous avons noté une surface moyenne de $14,45 \pm 5,946$ cm^2 comprise entre un minimum de $3,27$ cm^2 et un maximum de $43,01$ cm^2 . En 2010, la surface foliaire a présenté une moyenne élevée de $17,80 \pm 7,30$ cm^2 le minimum de cette surface est de $4,63$ cm^2 et son maximum présente une valeur élevée de $42,41$ cm^2 , tandis que l'année qui a suivi, une subite régression est signalée avec une moyenne de $12,63 \pm 4,98$ cm^2 , cependant on signale une surface minimale de $4,23$ cm^2 et une surface maximale de $27,63$ cm^2 (Fig. 32B).

En ce qui concerne les feuilles attaquées par les phyllophages, nous avons enregistré en 2009 une surface importante pouvant atteindre $15,04 \pm 7,40$ cm^2 , avec une surface minimale de $2,25$ cm^2 et une surface maximale de $57,6$ cm^2 toutefois cette valeur est considérée comme extrême. En 2010 la surface augmente $19,01 \pm 6,97$ cm^2 tandis qu'en 2011, ce résultat a baissé nettement à $13,63 \pm 5,60$ cm^2 par laquelle la surface foliaire atteint un minimum de $3,80$ cm^2 et un maximum de $37,61$ cm^2 (Fig. 32C).

Nous avons noté que la surface des feuilles présentant des galles est relativement petite en comparaison à la surface des feuilles précédentes. En 2009, nous avons enregistré une surface moyenne de $10,67 \pm 5,19$ cm^2 ayant un minimum de $3,10$ cm^2 et un maximum de $27,82$ cm^2 , cette dernière est régressé en 2011 jusqu'à $8,93 \pm 5,17$ cm^2 variant entre un minimum de $1,78$ cm^2 et un maximum de $24,56$ cm^2 (Fig. 32D).

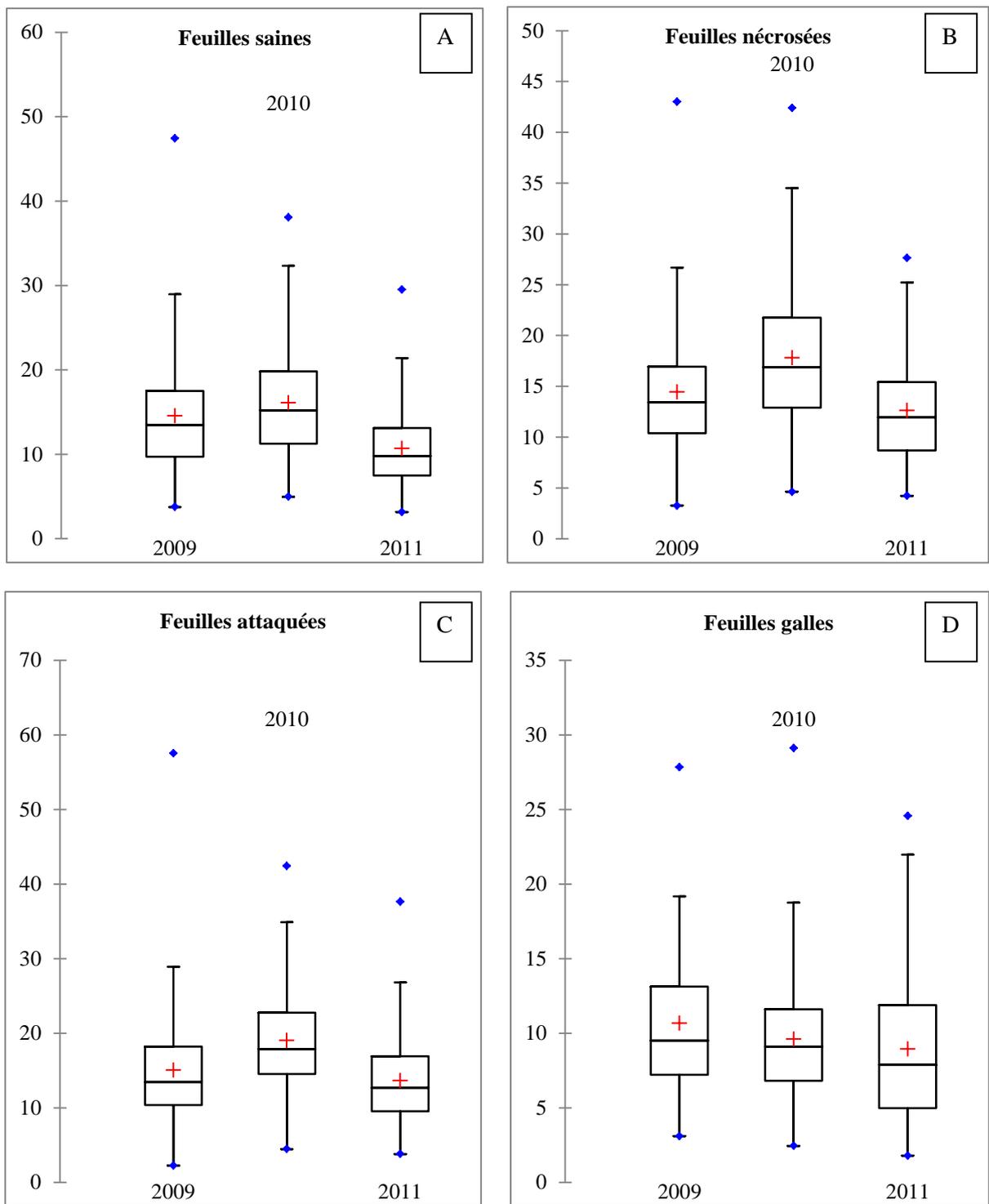


Figure.32: Distribution de la surface des feuilles saines et atteintes des subéraies d'El-Kala.

Les résultats obtenus sur la moyenne de la surface des feuilles des subéraies de Souk-Ahras est clairement plus grande que celle d'El-Kala et surtout pour les feuilles présentant des galles où la différence est bien marquée.

Les feuilles saines récoltées en 2010 ont présenté une surface foliaire moyenne de $17,26 \pm 7,72 \text{ cm}^2$ qui varie entre un minimum de $11,75 \text{ cm}^2$ et un maximum $20,75 \text{ cm}^2$. Cette surface s'est réduite légèrement en 2011 à $16,83 \pm 6,36 \text{ cm}^2$, comprise entre un minimum de $12,33 \text{ cm}^2$ et un maximum de $20,17 \text{ cm}^2$ (Fig.33A).

Concernant les feuilles nécrosées, en 2010, nous avons enregistré une moyenne de $15 \pm 6,17 \text{ cm}^2$ qui s'étale entre un minimum de $10,71 \text{ cm}^2$ et un maximum de $18,31 \text{ cm}^2$, par contre en 2011, la surface moyenne s'est élevée à $18,71 \pm 8,29 \text{ cm}^2$ ayant un minimum de $13,11 \text{ cm}^2$ et un maximum de $23,10 \text{ cm}^2$ (Fig. 33B).

La surface moyenne des feuilles attaquées par les phyllophages est relativement grande nous avons enregistré en 2010 une surface de $18,90 \pm 9,20 \text{ cm}^2$ comprise entre un minimum de $12,21$ et un maximum de $23,96 \text{ cm}^2$. En 2011, nous avons constaté le même résultat des feuilles précédentes avec une surface de $18,15 \pm 8,23 \text{ cm}^2$, comprise entre un minimum de $12,33 \text{ cm}^2$ et un maximum de $21,63 \text{ cm}^2$ (Fig.33C).

Concernant les feuilles présentant une formation gallicole, en 2010, nous avons enregistré une surface moyenne de $16,52 \pm 6,77 \text{ cm}^2$, qui s'étale entre un minimum de $11,73 \text{ cm}^2$ et un maximum de $19,74 \text{ cm}^2$ et cela en 2010, alors que les résultats obtenus en 2011 ont dévoilé une surface moyenne qui a augmenté à $18,15 \pm 8,23 \text{ cm}^2$ variant entre un minimum de $12,33 \text{ cm}^2$ et un maximum de $21,63 \text{ cm}^2$. Nous avons noté également que ce résultat a représenté clairement la différence de la surface des feuilles d'El-Kala qui sont plus petites (Fig. 33D).

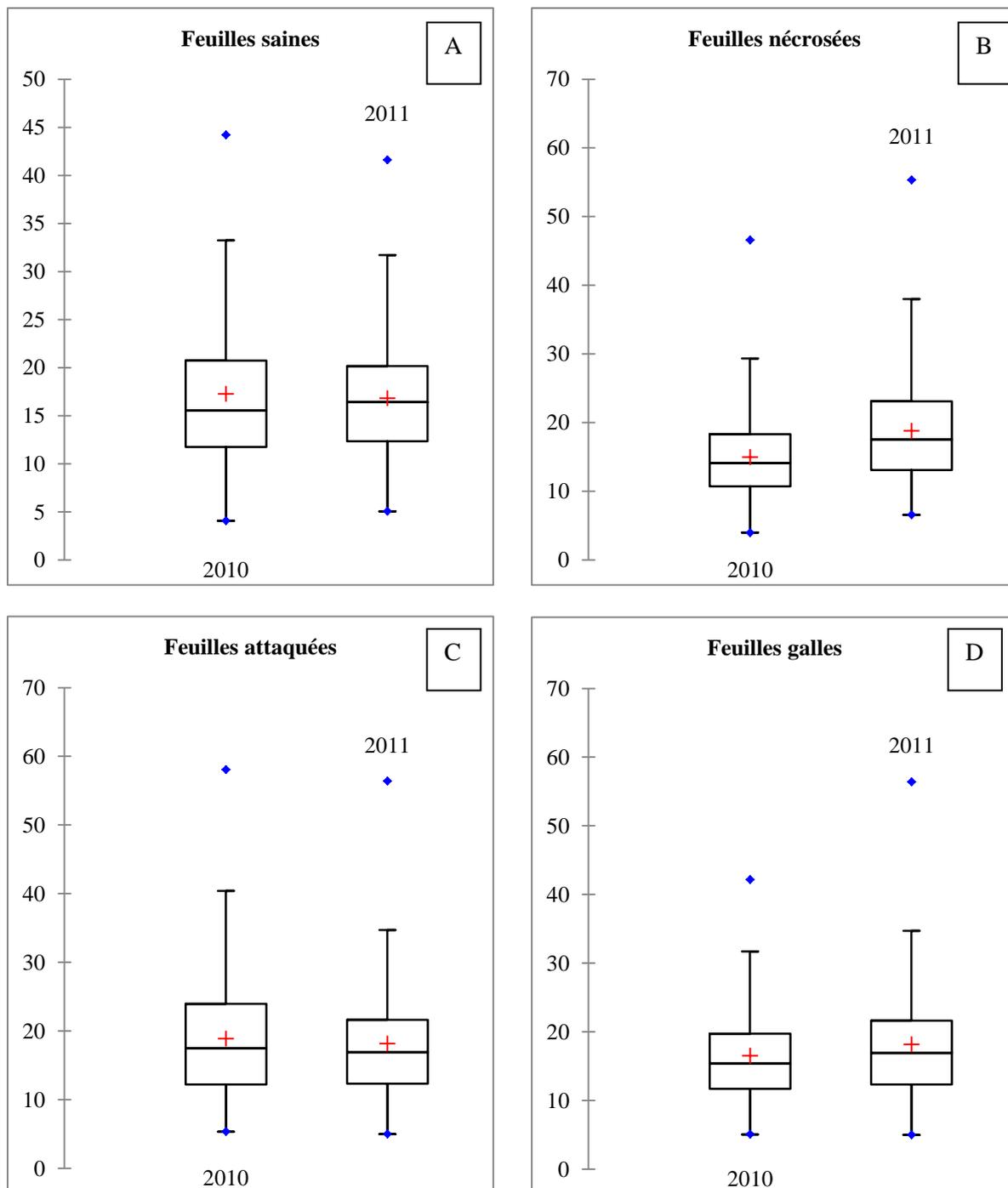


Figure.33: Distribution de la surface des feuilles saines et atteintes des subéraies de Souk-Ahras.

En ce qui concerne les subéraies de Seraidi, les résultats ont montré une fluctuation des données obtenues sur la surface foliaire des feuilles qui varie entre les deux années d'étude selon l'état des feuilles.

Selon les résultats obtenus sur la surface moyenne des feuilles saines, nous avons enregistré une surface de $12,22 \pm 5,25 \text{ cm}^2$ avec une large étendu qui varie d'un minimum de $4,10 \text{ cm}^2$ et un maximum de $44,21 \text{ cm}^2$ en 2010, tandis qu'en 2011, nous avons signalé un accroissement considérable de la surface foliaire qui a abouti à une moyenne de $16,00 \pm 12,93 \text{ cm}^2$, dont le minimum est $5,07-41,62 \text{ cm}^2$ (Fig.34A).

Les feuilles nécrosées ont occupé une surface moyenne de $16,32 \pm 6,84 \text{ cm}^2$ présentant une étendu qui varie entre un minimum de $2,07 \text{ cm}^2$ et un maximum de $38,25 \text{ cm}^2$ en 2010. Durant l'année qui a suivi, nous avons noté une régression de la surface des feuilles avec une moyenne de $14,38 \pm 6,021 \text{ cm}^2$ avec un minimum de 4 et un maximum de $34,74 \text{ cm}^2$ (Fig.34B).

En ce qui concerne la surface moyenne des feuilles attaquées par les phyllophages, nous avons remarqué qu'elle est presque identique durant les deux années d'étude, respectivement $16,56 \pm 7,01 \text{ cm}^2$ ($4-49,11 \text{ cm}^2$) en 2010 et $16,87 \pm 7,94 \text{ cm}^2$ ($5,92-53,43 \text{ cm}^2$) en 2011 (Fig.34 C).

Les feuilles présentant des galles sont obtenues seulement en 2011, ont indiqué une surface foliaire moyenne élevée de $17,50 \pm 7,50 \text{ cm}^2$, cette surface a présenté un minimum de $6,82 \text{ cm}^2$ et un maximum de $30,93 \text{ cm}^2$ (Fig.34D).

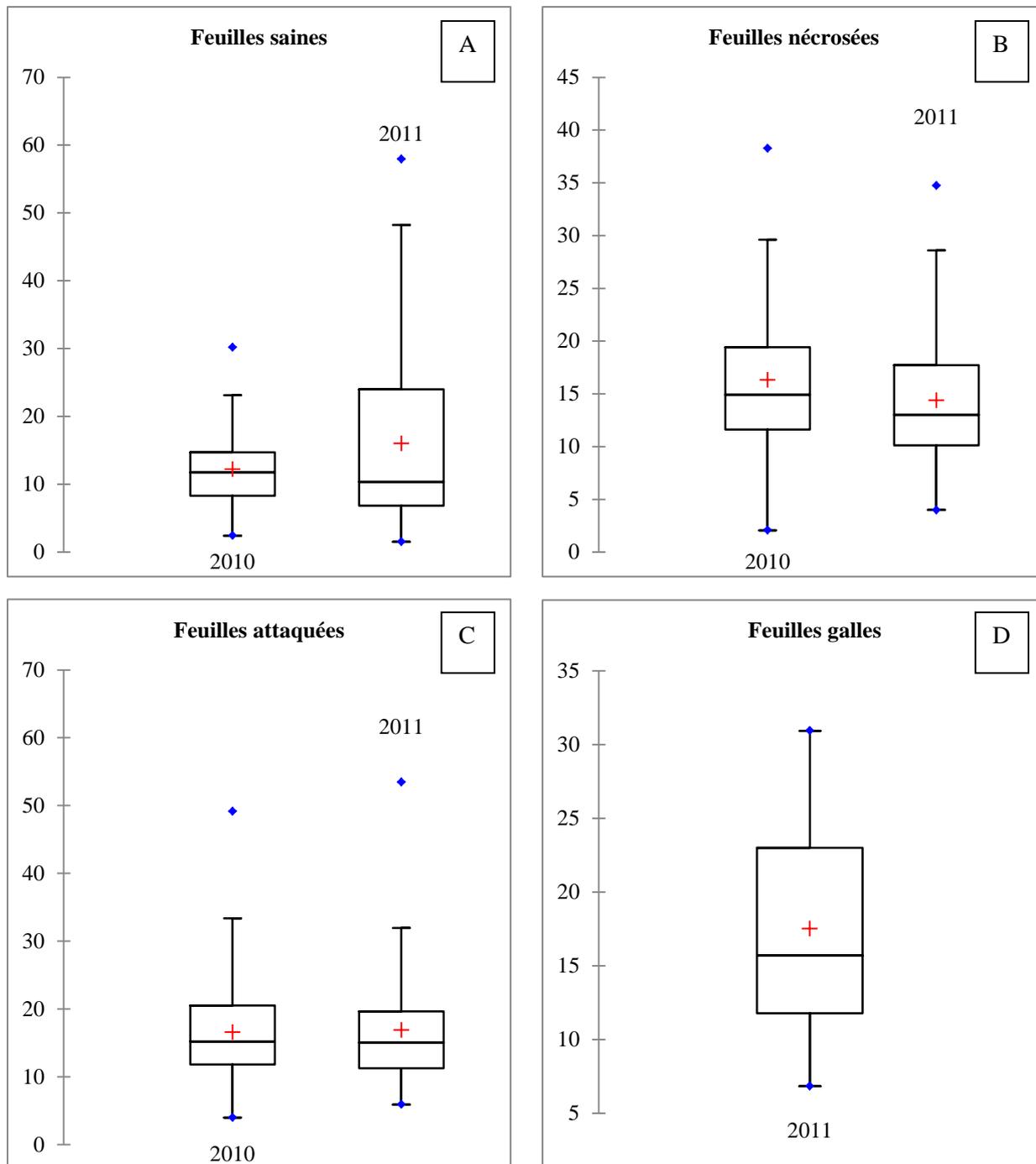


Figure. 34: Distribution de la surface des feuilles saines et atteintes des subéraies de Seraidi

3.2.1.2 Nature de l'attaque des feuilles

Les feuilles attaquées par les phyllophages peuvent être consommées en les décapant ou en les perforant. Nous avons noté aussi que ces attaques peuvent coexister sur la même feuille et selon l'observation réalisée au laboratoire, nous avons remarqué en général pour les feuilles prélevées au niveau des trois subéraies, que l'attaque en décapeuse est la plus importante, suivie par la présence des deux attaques ensemble en seconde position.

Dans les subéraies d'El-Kala, les feuilles attaquées en décapeuse sont les plus abondantes durant les trois années d'étude, nous avons enregistré un taux de 70% en 2009, 64,5% en 2010 et 45% en 2011. Les attaques en perforation sont moins fréquentes, elles représentent 15% en 2009, 6% en 2010, tandis que en 2011 on note une subite augmentation de 45%. Les feuilles présentant les deux types d'attaques au même temps sont représentées par un taux de 15% en 2009 et 2011, et 26,5% en 2010.

Au niveau des subéraies de Souk-Ahras, les feuilles attaquées en décapeuses ont indiqué un taux important de 65% en 2010, qui a augmenté à 71% en 2011, par contre l'attaque en perforation a diminué de 8% à 4,66%. La coexistence des deux attaques ensemble atteint 27,33% et 24,33% respectivement entre les deux années d'observation (Fig.35B).

Concernant les feuilles des subéraies de Seraidi, en 2010 nous avons enregistré un taux élevé de 47% des feuilles présentant une double attaque, qui est le même pour une attaque simple en décapeuse et le reste des feuilles sont attaquées en perforation. En 2011, le taux des feuilles attaquées en décapeuses devient important 70%, la seconde attaque représentée par une perforation avec un taux de 6, 5%. Cependant, les deux attaques ensemble ont diminué à 23% (Fig. 35C) (Fig.36).

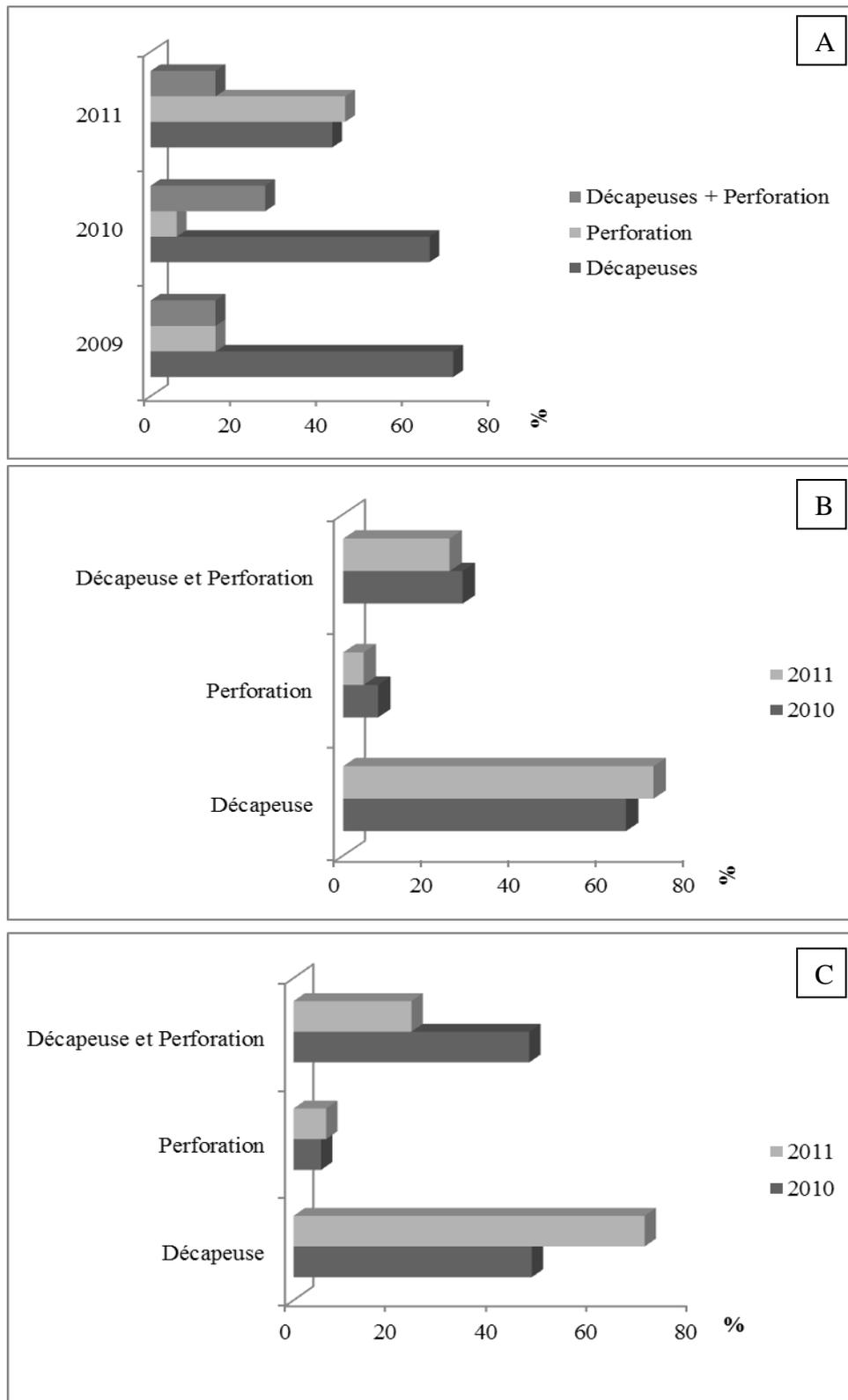


Figure.35: Répartition de la nature de l'attaque des feuilles au niveau des subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraidi (C).



Figure. 36 : Les différents types d'attaque des feuilles par les phyllophages (Daas, 2016)
 (A): Décapeuse
 (B): perforation
 (C): décapeuse + perforation

3.2.1.3 Évaluation de la surface foliaire attaquée par les phyllophages

Pour mettre au point les différentes catégories de l'attaque par les phyllophages à travers les classes limitées par la surface foliaire, nous avons montré que les feuilles des trois subéraies appartiennent à la classe des feuilles moyennement endommagées et qui ont dépassé un taux de 70%.

Les feuilles attaquées des subéraies d'El-Kala, ont une surface foliaire qui varie entre la classe 1 et 2. En 2009, nous avons noté que 22,66% de la classe 1 des feuilles étaient faiblement endommagées et 73,33% des feuilles ont signalé la classe 2 des feuilles moyennement endommagées, par contre de très faibles taux notés pour les deux classes restantes 3 et 4 avec respectivement 3,33% et 0,66%.

Pour l'année 2010, nous avons remarqué que seulement 6% des feuilles attaquées étaient faiblement endommagées tandis que le plus grand taux de 87% appartient à la classe des feuilles moyennement endommagées et 7% des feuilles, ont une surface endommagée.

Tandis qu'en 2011, nous avons noté 28,5% des feuilles présentant une surface faiblement endommagée, ensuite c'est au niveau de la classe 2 des feuilles moyennement endommagées que nous trouvons le plus grand taux 70,5%, alors que seulement 1% ont indiqué la classe des feuilles endommagées (Fig.37A).

Sur les 600 feuilles récoltées dans les subéraies de Souk-Ahras, nous avons pu avoir le même constat des feuilles précédentes dont les classes 1 et 2 prédominent. Nous avons remarqué que l'année 2010 a présenté un taux élevé de la classe 2 des feuilles moyennement endommagées à 72,33%, le reste est réparti entre les feuilles faiblement endommagées à 16% et les feuilles endommagées à 11%. Cependant, nous avons une faible augmentation des feuilles moyennement endommagées en 2011 avec un taux de 77%. En revanche, les feuilles de la classe 3 sont représentées par les feuilles endommagées qui ont diminué alors qu'uniquement 3% des feuilles étaient fortement endommagées (classe 4) (Fig.37 B).

Au niveau des subéraies de Seraidi, les feuilles étudiées pendant l'année 2010 et 2011 ont présenté des taux presque identiques. Nous avons enregistré respectivement 16 % et 16,5% de la classe des feuilles faiblement endommagées, cependant nous avons noté une augmentation des feuilles moyennement endommagées à 80% et 77,5%, alors qu'un faible taux de la classe des feuilles endommagées est marqué entre 4% et 5,5% (Fig.37 C).

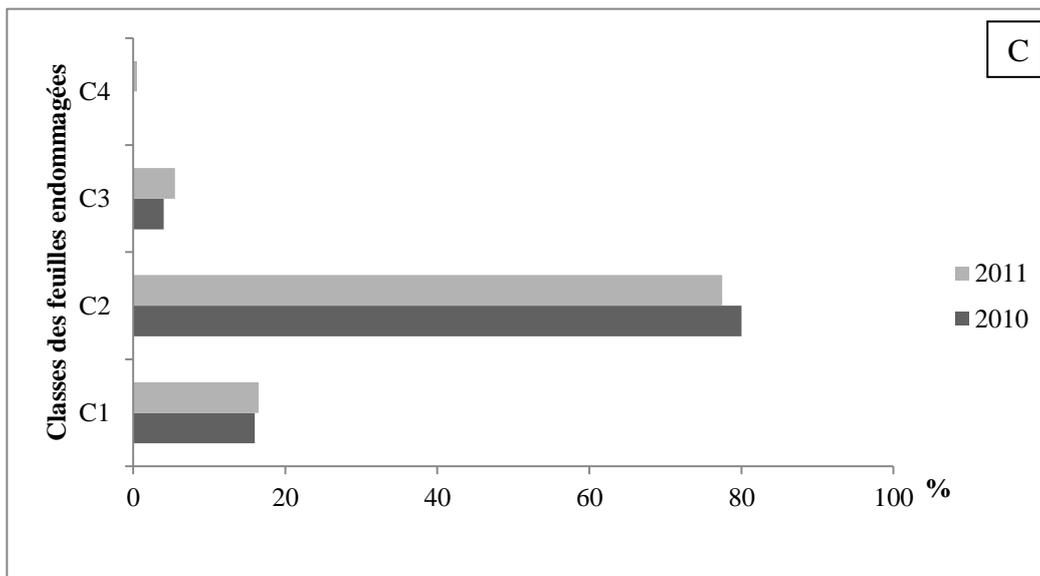
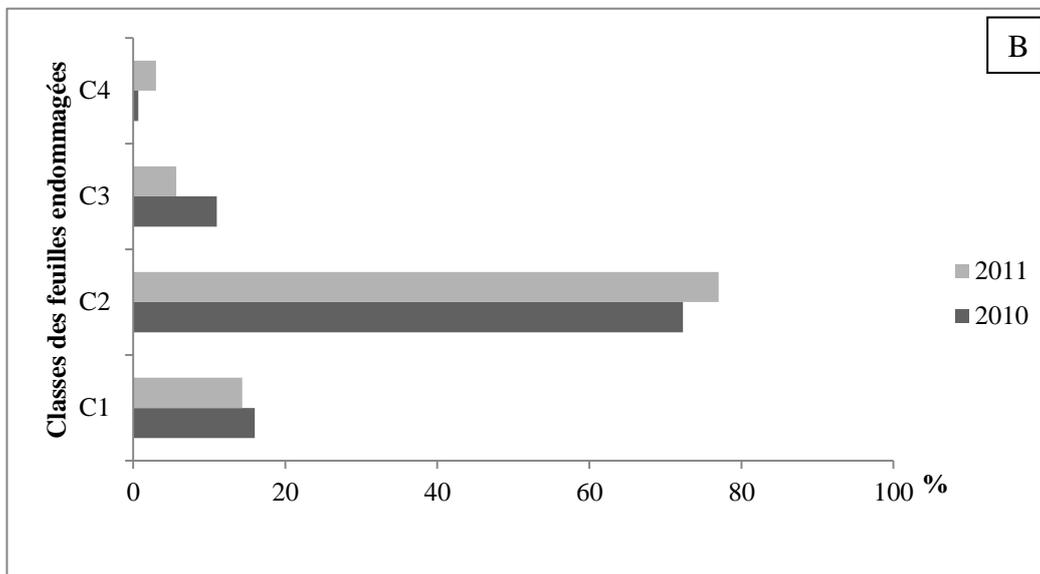
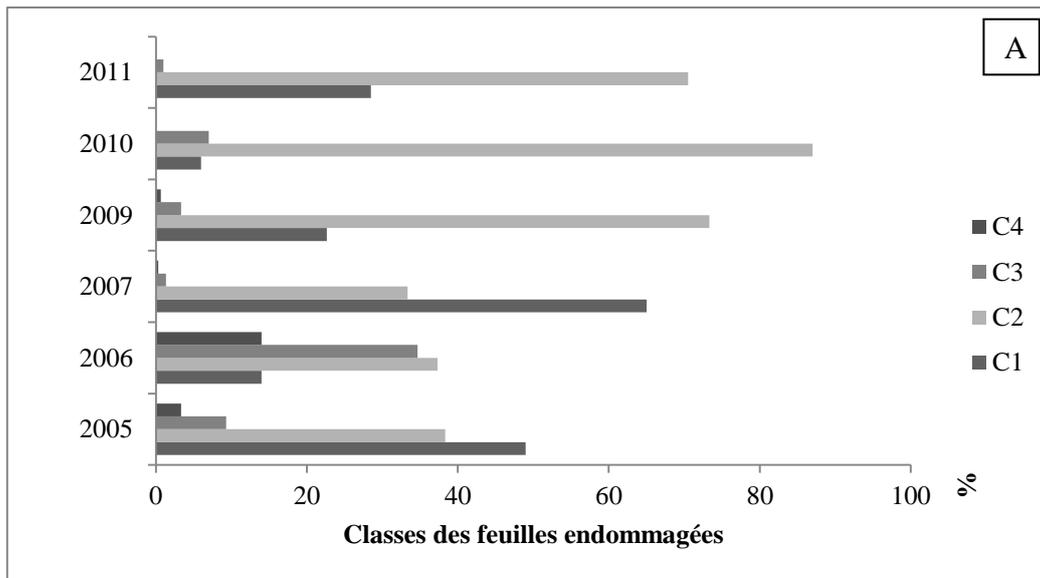


Figure. 37: Les différentes classes estimées de la surface foliaire perdue par les phyllophages dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraidi (C).

3.2.1.4 Évaluation de la surface foliaire nécrosée

Dans les subéraies d'El- Kala, les feuilles moyennement nécrosées (classe 2), sont les plus fréquentes durant les trois années d'étude avec des différents taux, avec respectivement 75,66%, 81% et 64%. En deuxième position, nous avons trouvé la classe 1 des feuilles faiblement endommagées (22%, 11,15% et 36%). Pour les feuilles nécrosées, nous avons noté un très faible taux, avec l'absence des feuilles fortement nécrosées (Fig.39A).

Concernant les subéraies de Souk-Ahras, nous avons enregistré presque les mêmes résultats que la région précédente, dont les feuilles moyennement nécrosées étaient les plus abondantes avec 76,66% et 79,66% pour les deux années 2010 et 2011, ensuite nous avons trouvé la classe des feuilles faiblement nécrosées avec un taux de 21% qui ont diminué l'année qui a suivi à 12%. En revanche, une faible présence de la classe des feuilles nécrosées (Fig. 39B).

À propos des subéraies de Seraidi, c'est perpétuellement la classe 2 des feuilles moyennement nécrosées qui a présenté le plus grand taux durant les deux saisons d'étude 78% et 74,5% . Nous avons noté ensuite les feuilles faiblement nécrosées avec une légère augmentation de 16,5% à 24%, cependant, la classe 3 des feuilles nécrosées est représentée par un très faible taux de 5,5% qui a diminué jusqu'à 1,5% (Fig.39C).

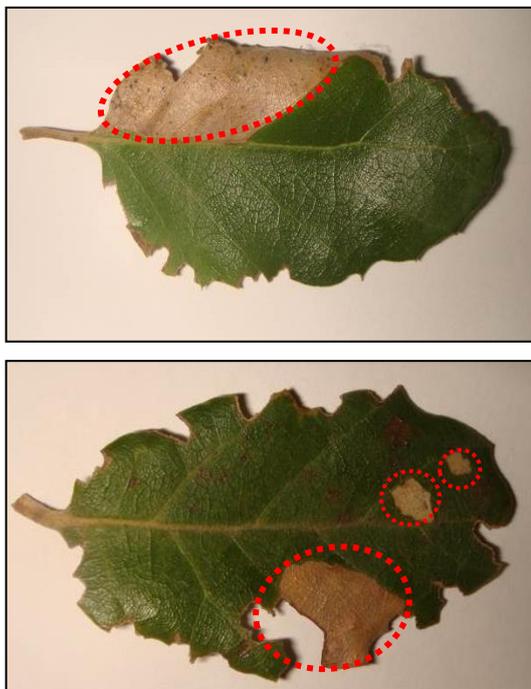


Figure. 38: Feuilles nécrosées (Daas, 2016)

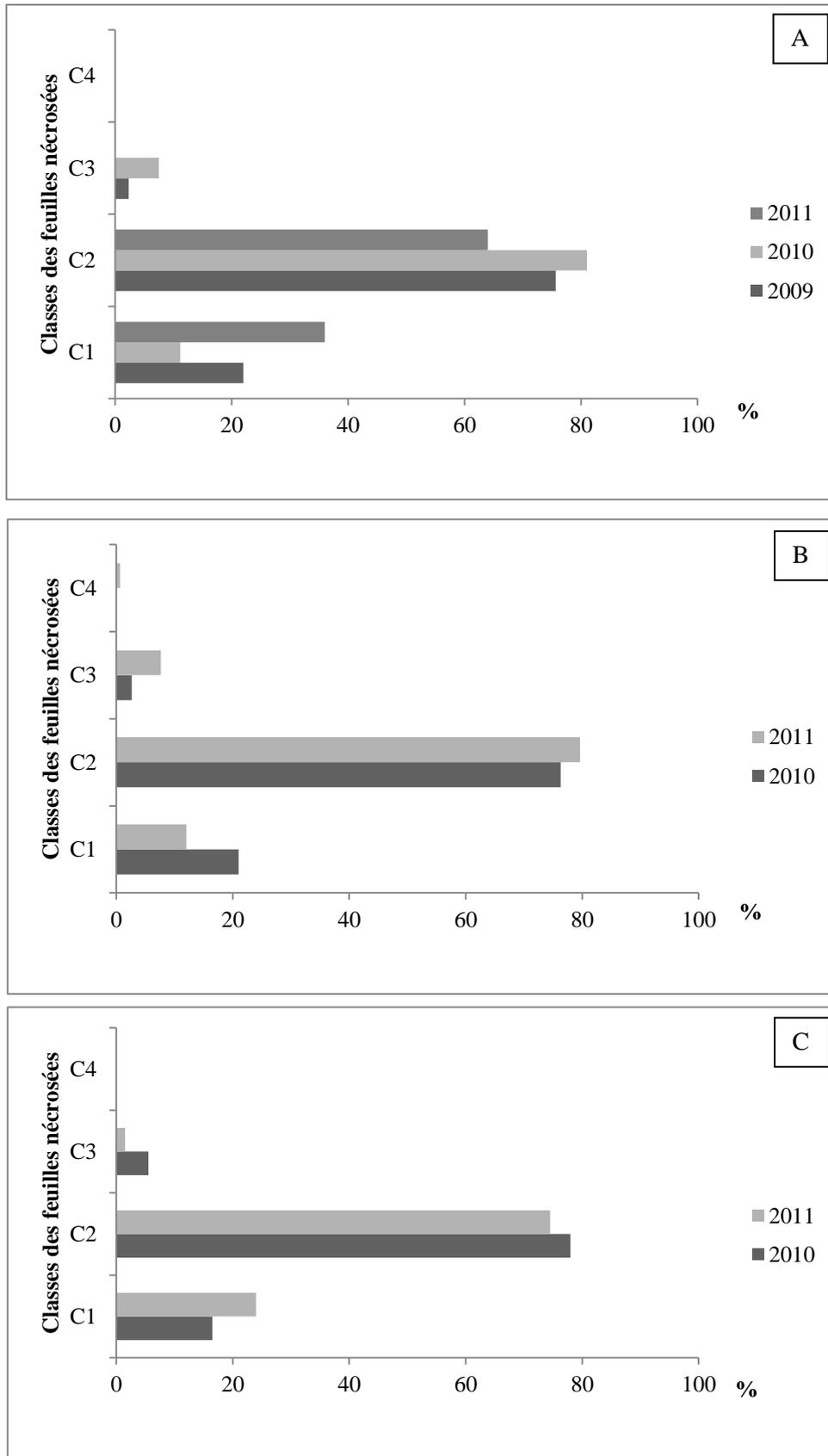


Figure.39: Les différentes classes estimées de la surface foliaire perdue des feuilles nécrosées dans les subéraies d'El-Kala (A), Souk-Ahras (B) et Seraidi (C)

3.2.1.5 Étude des feuilles présentant des galles

Les galles associées aux feuilles du chêne-liège trouvées dans les subéraies étudiées constituent des excroissances affectant la face inférieure du limbe, les nervures et aussi la formation de boursouflures. Ces galles présentent différentes dimensions selon l'espèce. Plusieurs espèces de galles peuvent attaquer les feuilles, soit individuellement, soit en association.

- **Evaluation de la répartition de nombre de galles par feuilles**

Notre minutieuse observation pour le nombre de galles existant au niveau d'une même feuille, nous a conduit à signaler un taux important de 76,13% à El-Kala et 75,41% à Souk-Ahras pour les feuilles qui ont présenté de 1 à 5 galles ensemble. Ainsi, les feuilles appartenant à la deuxième classe pour un nombre de 5 à 10 galles, nous avons eu un taux similaire pour les feuilles des deux régions précédentes avec respectivement 17,23 % et 18,44%. Pour les autres classes qui restent, nous avons remarqué un faible taux des feuilles présentant plus que 10 galles dans la même feuille (Fig. 40).

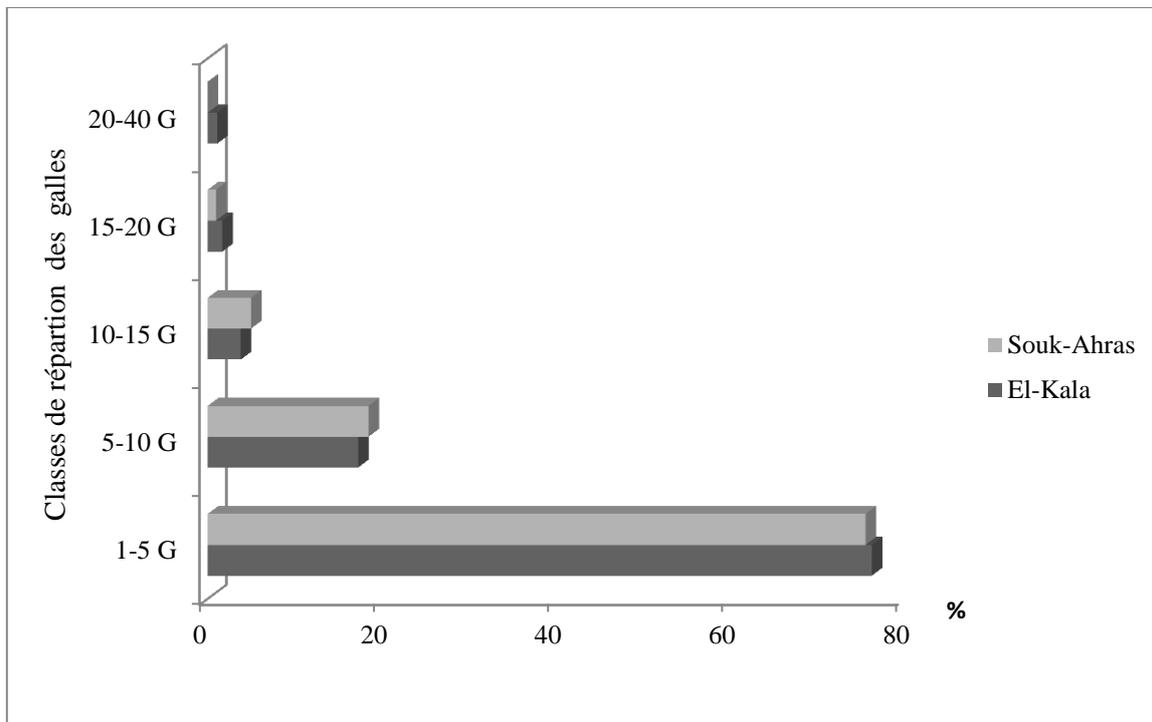


Figure. 40: Evaluation du taux de répartition des galles au niveau des feuilles du chêne-liège dans les subéraies d'El-Kala et Souk-Ahras (G: galles)

- **Evaluation de l'attaque des feuilles par les espèces gallicoles**

Sur les feuilles récoltées au niveau des subéraies d'El-Kala, nous avons mentionné quatre types d'espèces gallicoles. Les attaques les plus fréquentes sont celles de *Dryomyia lichtensteini*. En 2009, elles ont attaqué 77,33% des feuilles, alors qu'en 2010, son impact est devenu important où elles ont atteint 93,04%, alors qu'une subite diminution à 18,26% de cette espèce est signalée l'année qui a suivi. Dans la seconde place, nous avons trouvé *Neuroterus saltans* qui occupe 13,66% des feuilles en 2009. Par contre en 2010, nous avons remarqué une diminution de cette espèce à 6,95%, alors qu'en 2011, une nette augmentation est signalée à 33,04%. Concernant *Neuroterus minutulus*, cette espèce est présente en faible pourcentage durant les trois années d'observation, qui passe de 4,66% à 2,6%, après nous avons noté la présence d'*Eriophyes* sp en 2011 avec un pourcentage de 46,08% (Fig. 41 et 43).

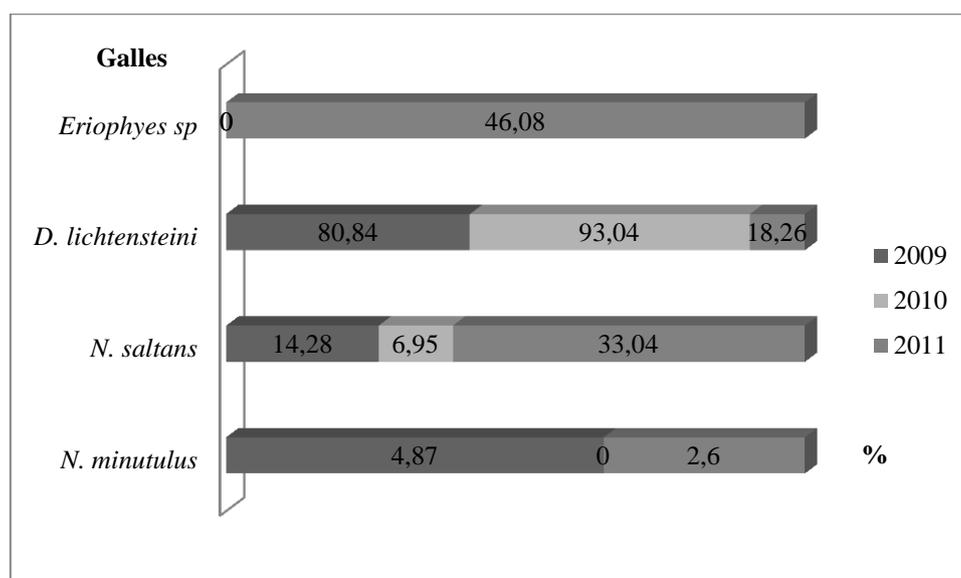


Figure. 41: Evaluation du taux de répartition des espèces gallicoles au niveau des feuilles du chêne-liège des subéries d'El-Kala

Au niveau des feuilles des subéraies de Souk-Ahras, nous avons remarqué aussi la présence de *Dryomyia lichtensteini* qui se développe en abondance à un taux de 80,93% en 2010, cependant une baisse subite de cette espèce est observée sur 65,1% des feuilles. L'espèce *Neuroterus saltans* est présente à 14,42% en 2010. Elle a diminué à 3,6% à la deuxième saison d'observation. Alors qu'*Eriophyes* sp est présente seulement en 2011 avec un taux de 31,25%. À la fin, nous avons remarqué que l'espèce *Neuroterus minutulus* est presque absente (Fig. 42 et 43).

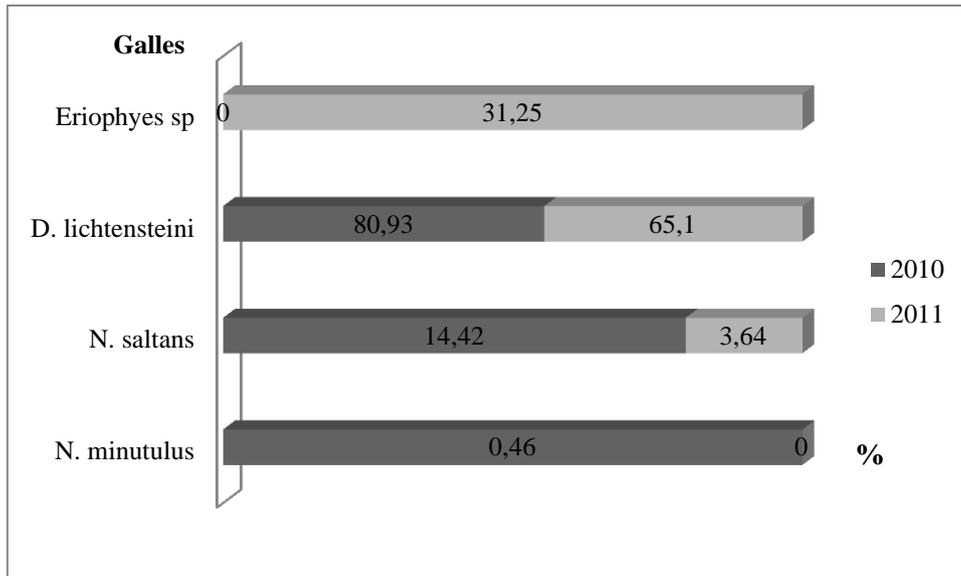


Figure. 42: Evaluation du taux de répartition des espèces gallicoles au niveau des feuilles du chêne-liège des subéraies de Souk-Ahras.

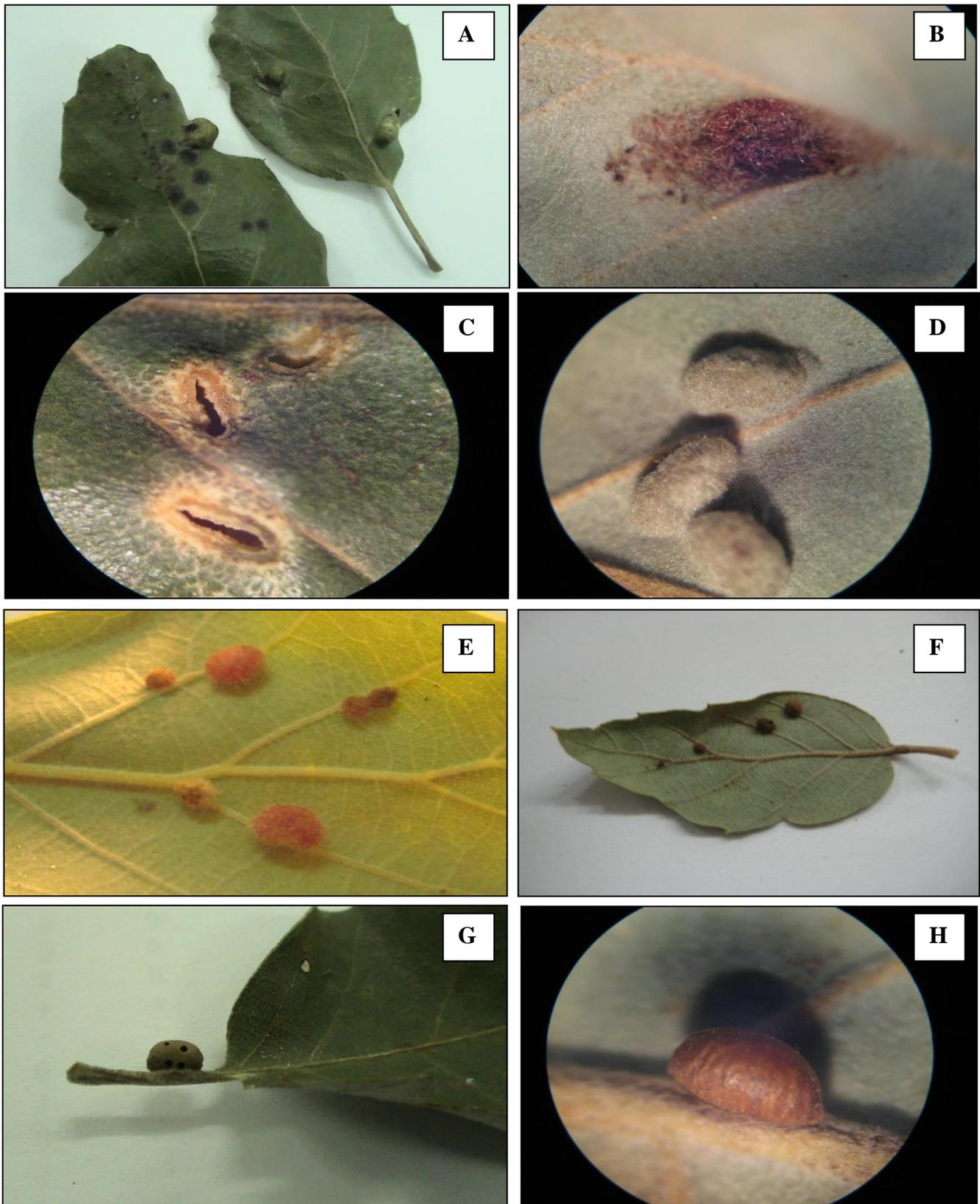


Figure. 43 : Les différentes galles des feuilles récoltées dans les subéraies étudiées
 (A) et (B): *Eriophyies* sp, (C) et (D): *Dryomia lichtensteini*, (E) et (F): *Neuroterus minutulus*,
 (G) et (H): *Dryomia lichtensteini* (Cliché Adjami, 2008).

- **L'attaque des feuilles par une association gallicole**

Les galles trouvées au niveau des feuilles du chêne-liège peuvent se développer en association dans une même feuille. La coexistence de certaines espèces gallicoles est observées dans les feuilles des subéraies d'El-Kala, où nous avons trouvé essentiellement *N. minutulus* et *N. saltans* occupant presque la moitié des feuilles récoltées à 46,15%, au deuxième rang c'est la présence de *N. saltans* et *D. lichtensteini* qui a évolué dans la même feuille avec un taux de 30,77%, alors que l'association de *N. minutulus* et *D. lichtensteini* est signalée à 23,07% (Fig. 44 et 46).

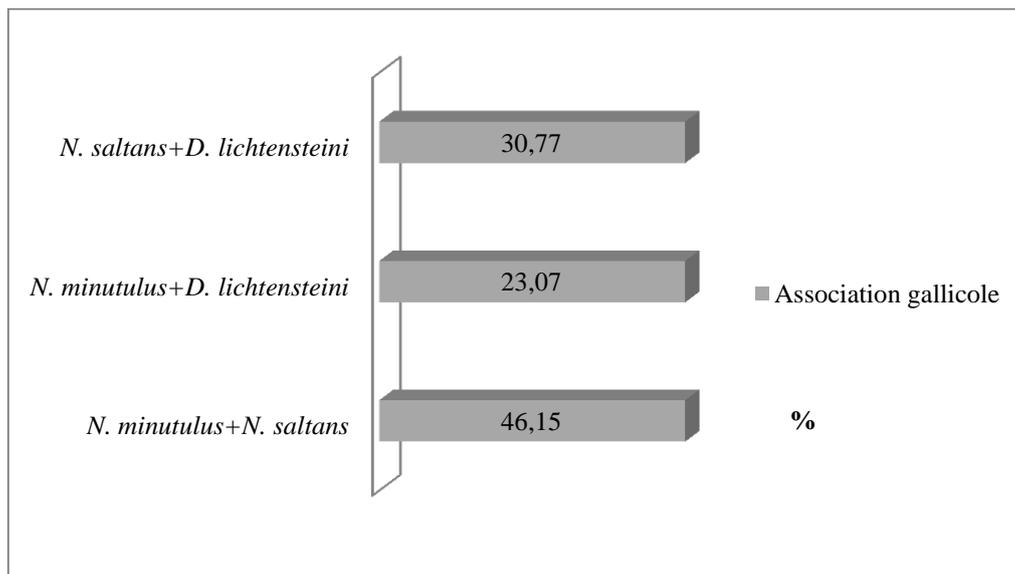


Figure 44: Evaluation de la coexistence des espèces gallicoles au niveau d'une même feuille du chêne-liège de la région d'El-Kala.

La simultanéité des galles dans une même feuille est révélée au niveau des feuilles des subéraies de Souk-ahras, par la forte présence de *N. minutulus* et *N. saltans* à 87,5%. Quant à *D. lichtensteini* et *Eriophyes* sp, nous avons noté un taux de 12,5%, tandis que l'association des autres galles est absente (Fig. 45 et 46).

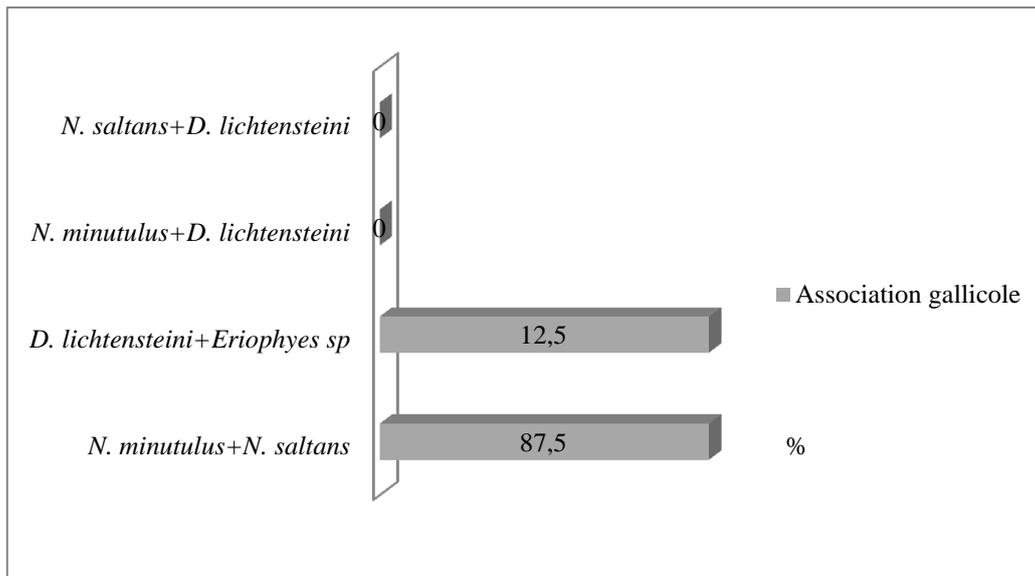


Figure.45: Evaluation de la coexistence des espèces gallicoles au niveau des feuilles du chêne-liège des subéraies de Souk-Ahras.

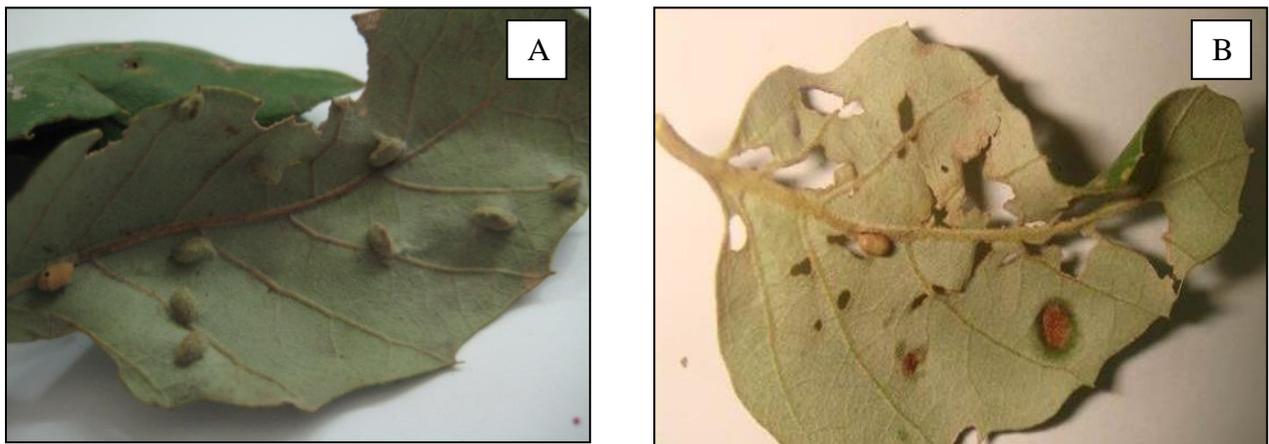


Figure. 46: Les différentes associations des espèces gallicoles dans les feuilles du chêne-liège étudiées (Cliché Adjami 2008).

(A): *Dryomyia lichtensteini* et *Neuroterus saltans*,

(B): *Eriophyes sp* et *Neuroterus saltans*

1

¹ Selon Zootaxa 2470: 1–79 (2010): *Neuroterus minutulus* est devenu *Cerroneuroterus minutulus* et *Neuroterus saltans* est devenu *Pseudoneuroterus saliens*

3.3 Etude des glands

3.3.1 Evaluation de la glandée

Nos observations sur l'abondance de la glandée nous ont conduit à mettre en évidence une progression des glands des subéraies d'El-Kala durant les 7 années d'étude. Les résultats de la figure (47A) ont montré que l'indice d'abondance de la glandée des subéraies d'El-Kala en 2005 et 2006 est presque le même (0,52- 0,51), en 2007 et 2008 avec une légère augmentation (0,7- 0,8). Ces indices correspondent à une glandée faible, donc les arbres sont globalement inféconds. Par contre, une nette progression est observée en 2009 (2,05) et 2,81 en 2010 suivie d'une légère diminution en 2011 (2,66). Ce qui a indiqué une glandée abondante traduisant des arbres très féconds.

Les glands des subéraies de Seraidi étaient en fluctuation depuis 2010 jusqu'à 2012 respectivement (2,61; 2,27 et 2,5). Malgré cette variabilité, la glandée est restée abondante. Les arbres des subéraies de Seraidi étaient très féconds (Fig. 47B)

La glandée des subéraies de Souk-ahras nous a montré une bonne production des glands, durant les 3 années d'étude. L'indice d'abondance de la glandée est > 2 . En 2010 et 2011, l'indice est égal 2,27, avec une progression en 2012 avec un indice de 2,5 (Fig. 47C).

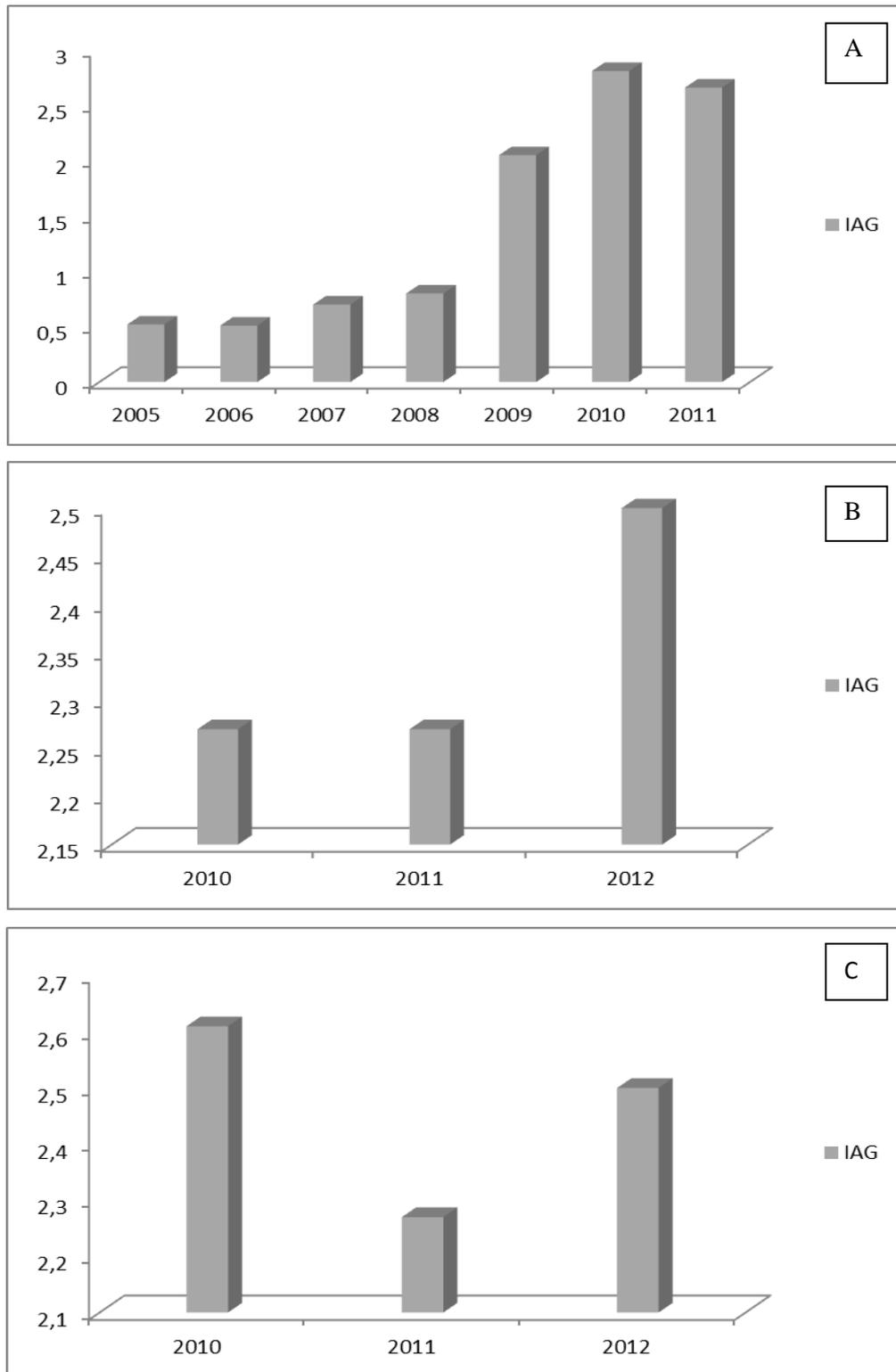


Figure. 47: L'indice d'abondance de la glandée (IAG). Subéraies d'El-Kala (A), Subéraies de Souk-Ahras (B), Subéraies de Séraïdi (C)

L'indice d'abondance moyen de la glandée (IAMG) calculé pour chaque région a indiqué que la région de Séraïdi a présenté la valeur la plus élevée (2,5) traduisant une bonne fécondité des subéraies, suivie par la glandée de Souk-Ahras avec un indice de 2,3. La glandée d'El-Kala était moins abondante avec un indice de 1,5 (Figure.48).

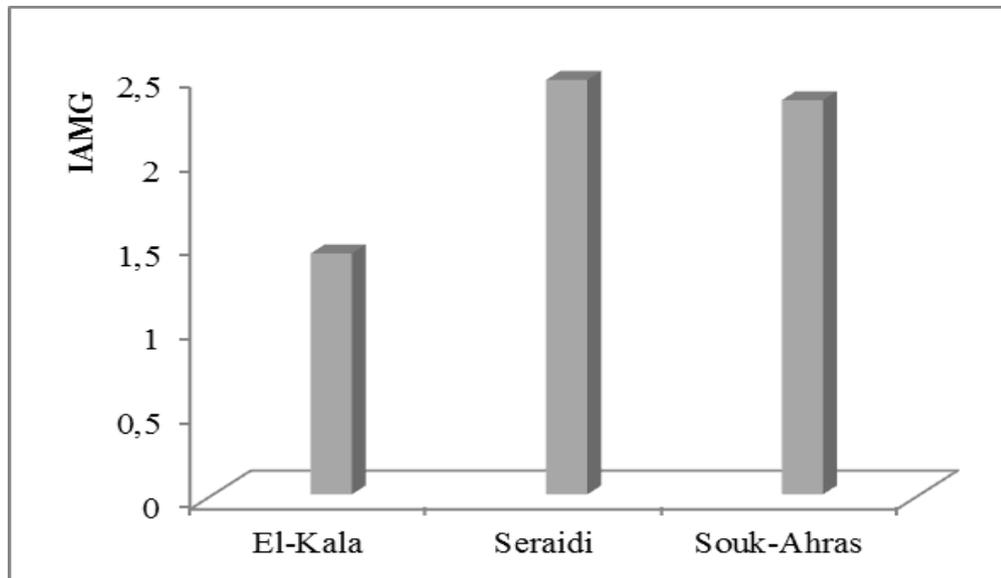


Figure. 48: Indice d'abondance moyen de la glandée (IAMG) dans les 3 régions (El-Kala, Seraidi et Souk-Ahras)

3.3.2 Etude de l'évolution d'attaque des glands par les Carpophages

3.3.2.1 Caractéristiques morphométriques des glands sains

Selon les caractéristiques morphométriques des glands sains, nous avons remarqué que les glands des subéraies d'El-Kala étaient les plus diversifiés, présentant différents calibres: petits, moyens et grands. Le poids a constitué la variable la plus distinctive pour les glands sains puisque l'étendue était nettement supérieure allant de 0,14 à 13,11g avec une moyenne de $5,40 \pm 2,68g$, suivis par les glands de Seraidi de 0,83 à 10,38g avec une moyenne de $5,21 \pm 1,68g$ et c'est ainsi pour les glands de Souk-Ahras 1,32-10,16g ($4,60 \pm 1,56g$).

Par ailleurs, la longueur moyenne des glands varie de $3,04 \pm 0,70$ cm à El-Kala (0,9-4,2cm). Cette moyenne est proche de celle des glands de Seraidi $3,08 \pm 0,48cm$ sauf que l'étendue est de l'ordre de 1,8-4,8cm. Les glands de Souk-Ahras ont enregistré une moyenne de $2,95 \pm 0,44cm$ avec une étendue de 1,7cm à 4,5cm.

Cependant, les glands d'El-Kala présentent un diamètre moyen de $1,60 \pm 0,33$ cm (0,5-3,9cm), ceux des subéraies de Seraidi ont une moyenne de $1,56 \pm 0,19$ cm, par contre la valeur de l'étendue est faible puisque l'intervalle est limité de 1-2,1cm. Le diamètre moyen des glands de Souk-Ahras est de $1,53 \pm 0,25$ cm avec une étendue plus grande de 0,9-3,4cm.

La variance estimée pour la longueur des glands des trois subéraies El-Kala, Souk-Ahras et Seraidi est comme suit 0,475-0,199-0,236, également pour le diamètre 0,11-0,06-0,04. De ce fait, la dispersion de ces échantillons est homogène. Tandis que la variance du poids est élevée 7,18-2,45-2,84. Ce résultat indique l'hétérogénéité du poids des glands étudiés (Tab.25).

Tableau. 25: Caractéristiques morphométriques des glands sains

	Longueur (cm)			Diamètre (cm)			Poids (g)		
	El-Kala	S.Ahras	Seraidi	El-Kala	S.Ahras	Seraidi	El-Kala	S.Ahras	Seraidi
Moyenne	3,043	2,950	3,081	1,604	1,526	1,566	5,390	4,593	5,213
Variance	0,475	0,199	0,236	0,111	0,063	0,037	7,181	2,450	2,846
Ecart-type	0,689	0,446	0,486	0,333	0,250	0,192	2,680	1,565	1,687
Etendue	0,9-4,2	1,7-4,5	1,8-4,8	0,5-3,9	0,9-3,4	1-2,1	0,14-13,11	1,32-10,16	0,83-10,38

3.3.2.2 Evolution de l'attaque des glands des subéraies d'El Kala

Sur le total des glands récoltés dans les subéraies d'El-Kala (800 glands), nous avons trouvé un taux de 59,24 % qui présente les glands sains et 40,76% des glands révélant des trous de sorties de Carpophages (Fig .49).

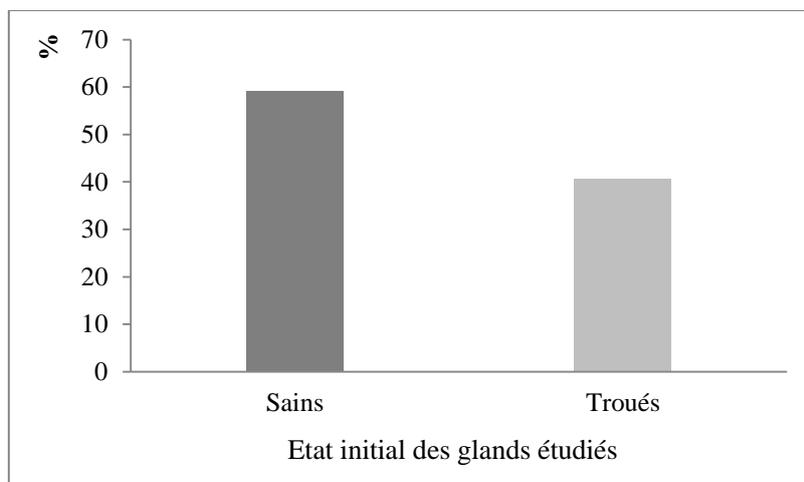


Figure. 49: Taux d'attaque initial des glands récoltés

3.3.2.3 Evolution de l'attaque des glands sains

Au laboratoire, nous avons suivi l'évolution du taux d'attaque des glands sains par les Carpophages durant 10 semaines d'observation. Nous avons constaté que l'attaque a commencé dès la première semaine avec l'apparition des trous de sortie de 1-5 trous où il a été enregistré 12,5% des glands avec un seul trou. Ce taux a augmenté d'une semaine à une autre pour atteindre 27% à la 10^{ème} semaine correspondant à la fin de nos observations. Par contre, les autres classes de trous ont indiqué un faible taux. Les glands qui ont présenté 2 et 3 trous de sortie d'insectes ont montré un taux d'attaque qui a augmenté jusqu'à la 4^{ème} semaine avec respectivement (3,54 % et 1,42 %), puis il s'est stabilisé avec une légère augmentation à la fin de l'observation. Par ailleurs, les glands à 4 trous passent à 5 trous dès la 3^{ème} semaine par un très faible taux de 0,23% (Fig. 50).

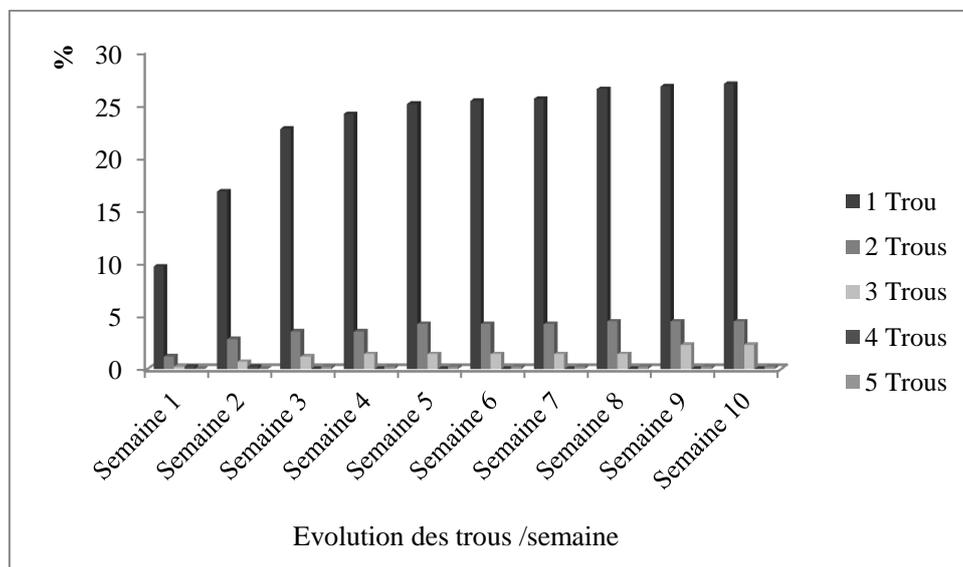


Figure. 50: Evolution du taux d'attaque des glands sains récoltés dans les subéraies d'El-Kala.

3.3.2.4 Evolution de l'attaque des glands troués

Sur les glands initialement troués, nous avons enregistré un taux très élevé des glands présentant 1 trou de sortie de carpophages. Dès la première semaine, il a été enregistré 92,44%. Ce taux diminue d'une semaine à une autre pour atteindre 85,91% puis il s'est stabilisé jusqu'à la 8^{ème} semaine, la période pendant laquelle le nombre de trous reste invariable. Cette diminution est due au passage des glands à 1 trou vers les glands à 2 trous, avec un taux de 6,18% la première semaine d'observation, tout en augmentant pour se stabiliser à partir de la 6^{ème} semaine à un taux de 12,37%. Pour les glands qui ont présenté 3

et 4 trous avec respectivement (1,37% et 0,34%), nous n'avons constaté aucune émergence d'insectes pendant les 8 semaines (Fig. 51).

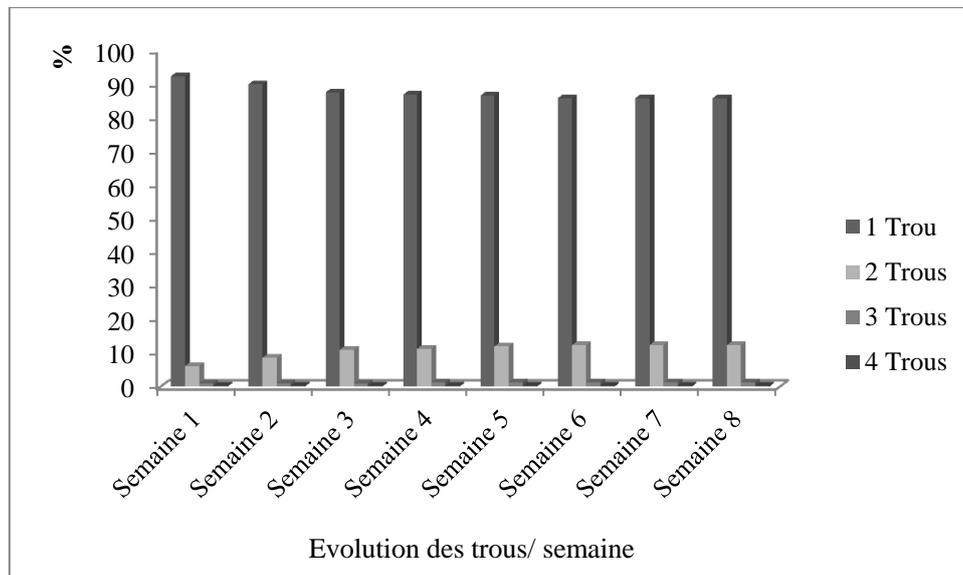


Figure. 51: Evolution du taux d'attaque des glands troués récoltés dans les subéraies d'El-Kala

3.3.2.5 Caractéristiques morphométriques des glands infestés

Les résultats mentionnés dans le tableau (26) sur les mensurations des glands infestés ont révélé que les moyennes de la longueur et le diamètre des glands des 3 régions d'étude varient légèrement contrairement au poids. La longueur est de $2,3 \pm 0,78$ (0,8-4,2cm) à El-Kala, $2,55 \pm 0,50$ cm (1-3,9cm) à Seraidi et $2,56 \pm 0,53$ cm (1,05-4,5cm) à Souk-Ahras avec une variance qui peut aller respectivement de 0,62; 0,24 et 0,28, ceci montre que ce paramètre est homogène. Le diamètre moyen de ces glands est de $1,32 \pm 0,31$ cm (0,6-2,8cm) à El-Kala, $1,40 \pm 0,27$ cm (0,5-3,3cm) à Souk-Ahras et $1,45 \pm 0,23$ cm (0,6-2,3cm) à Seraidi avec une variance respective de 0,10; 0,07 et 0,05, ceci explique aussi l'homogénéité du diamètre des glands, par contre le poids moyen le plus élevé est au niveau de Seraidi $3,32 \pm 1,42$ g (0,59-8,39g) suivi par celui de Souk-Ahras $3,03 \pm 1,61$ g (0,33-10,16g) tandis que à El-Kala, le poids moyen est égal à $2,60 \pm 2,07$ g (0,16-13,76g) avec une variance pouvant aller respectivement à 2,02 ; 2,60 ; 4,30, ce qui indique que tous les échantillons présentent une hétérogénéité du poids.

Tableau. 26: Caractéristiques morphométriques des glands infestés

	Longueur (cm)			Diamètre (cm)			Poids (g)		
	El-Kala	S.Ahras	Seraïdi	El-Kala	S.Ahras	Seraïdi	El-Kala	S.Ahras	Seraïdi
Moyenne	2,30	2,56	2,55	1,32	1,40	1,45	2,60	3,03	3,32
Variance	0,62	0,28	0,24	0,1	0,07	0,05	4,30	2,60	2,02
Ecart-type	0,80	0,53	0,50	0,31	0,27	0,23	2,07	1,61	1,42
Etendue	0,8-4,2	1,05-4,5	1-3,9	0,6-2,8	0,5-3,3	0,6-2,3	0,16-13,76	0,33-10,16	0,59-8,39

3.3.3 Etat sanitaire des glands

Selon nos résultats sur les glands du chêne-liège, il est apparu de façon constante durant notre étude que les glands sont infestés par l'attaque des Carpophages et la présence des champignons sous forme de pourriture, alors qu'une part de ces glands reste en bon état (sains).

L'étude des glands récoltés dans les subéraies d'El-Kala durant 3 années d'étude a montré que l'infestation est plus importante par l'attaque des Carpophages pendant l'année 2008 avec un taux de 45%. Ce même taux est signalé chez les glands sains, par contre 10% des glands sont pourris. En 2010, la moitié des glands était en bon état, l'autre moitié a présenté l'infestation par la pourriture et les Carpophages. En 2011, seulement 22% des glands sont restés sains, 60% des glands sont atteints par la pourriture, alors que l'infestation par les Carpophages présente 19% (Fig. 52A et 53).

Les différentes données obtenues sur la qualité des glands de la région de Souk-Ahras, a dévoilé que la catégorie des glands sains domine à 52% en 2010 pour augmenter à 82% l'année suivante, ce qui se traduit par la régression des glands infestés par l'attaque des Carpophages et la pourriture respectivement (9,66%, 8.33%) (Fig. 52B et 53).

Les glands récoltés dans les subéraies de Séraïdi ont présenté un taux de 53% des glands sains en 2010, la moitié est endommagée entre les attaques des Carpophages à 27% et 20% par la présence de la pourriture, par contre en 2011, l'infestation est plus importante, représentée par plus de 70% de la récolte. Les champignons étaient responsables de 52,5% de l'attaque et l'atteinte entomologique a représenté plus de 24,5% (Fig. 52C et 53).

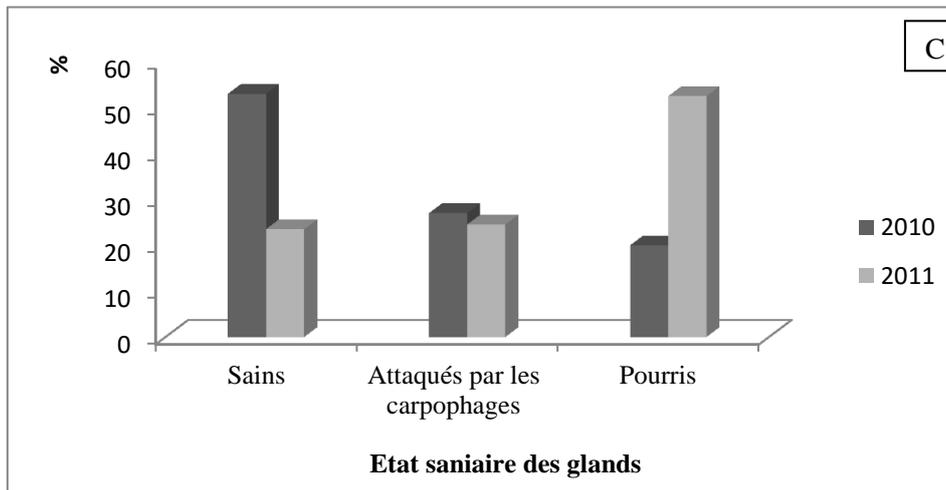
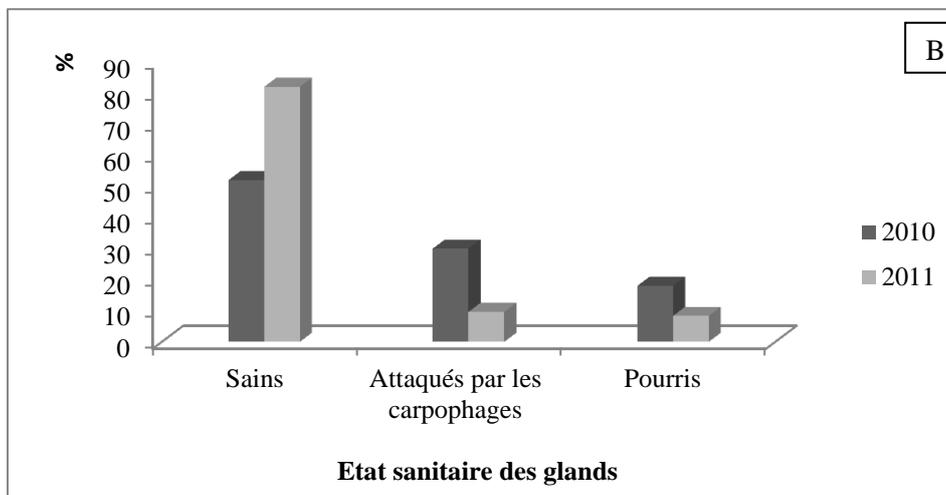
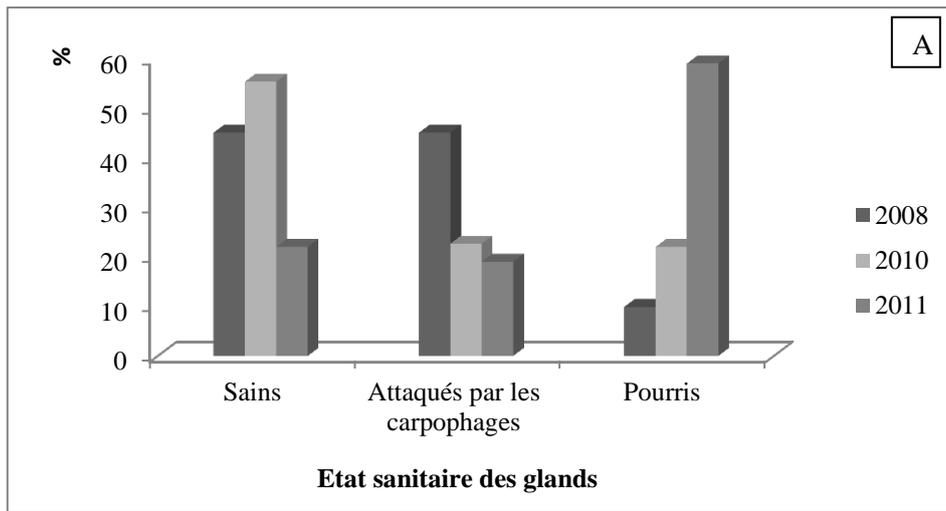


Figure. 52: Distribution des catégories des glands: Subéraies d'El-Kala(A), Subéraies de Souk-Ahras (B), Subéraies de Séraïdi (C)



Figure. 53: Les différents états sanitaires des glands étudiés (Cliché Adjami, 2008)

(A) et (B): Glands sains

(C): Glands attaqués par les Carpophages (trous de sortie des larves)

(D): Gland pourri

3.3.3.1 Etude de l'infestation des glands

Selon nos observations, les glands présentant les trous de sorties de carpophages, nous ont révélé que l'attaque par ces derniers était plus élevée lorsque chaque espèce consomme individuellement l'amande car l'effet du groupe a fait apparaître la compétition entre les différents ravageurs sur la consommation de l'embryon.

Nos résultats sur l'infestation des glands d'El-Kala, ont montré que le taux d'attaque par les larves de *Cydia fagiglandana* est le plus important, en atteignant presque les 40%. Après viennent les larves de *Cydia splendana* avec une infestation de 29%, puis vient *Curculio* sp avec un taux de 20%. Seulement 3% des glands sont attaqués par *Pammen faciana*. En revanche, très peu de glands ont présenté deux larves ensemble à un pourcentage inférieur à 6%. L'existence des 3 ou 4 espèces ensemble est quasiment nulle (Fig. 54A).

La récolte des glands infestés par les Carpophages dans la région de Souk-Ahras, nous a guidé à sélectionner les espèces responsables de cette attaque, et avons remarqué que *Cydia*

splendana est la plus abondante durant les deux années d'étude avec respectivement 74% et 60% (2010 et 2011) en comparaison avec celui de la région d'El-Kala, qui a indiqué la forte présence de *Cydia fagiglandana*. Ensuite vient *Curculio* sp qui a présenté la 2^{ème} attaque avec un taux de 23 % en 2010 et 17 % en 2011 et en dernier lieu apparaît *Cydia splendana* avec seulement 3% en 2010. Cependant en 2011, l'infestation par cette espèce a abouti un taux de 12,37% (Fig. 54 B).

Durant les deux années d'étude, l'infestation des glands au niveau des subéraies de Seraidi est plus importante par les larves de *C. splendana* (43,35% à 57,07%) et *Curculio* sp (44,75% à 38,2%). Par contre, une très faible attaque est représentée par les larves de *C. fagiglandana* qui passe de 4,19% à moins de 2% en deux saisons ainsi que pour les larves de *P. faciana*, concernant l'infestation par deux espèces ensemble est très minime (Fig. 54C).

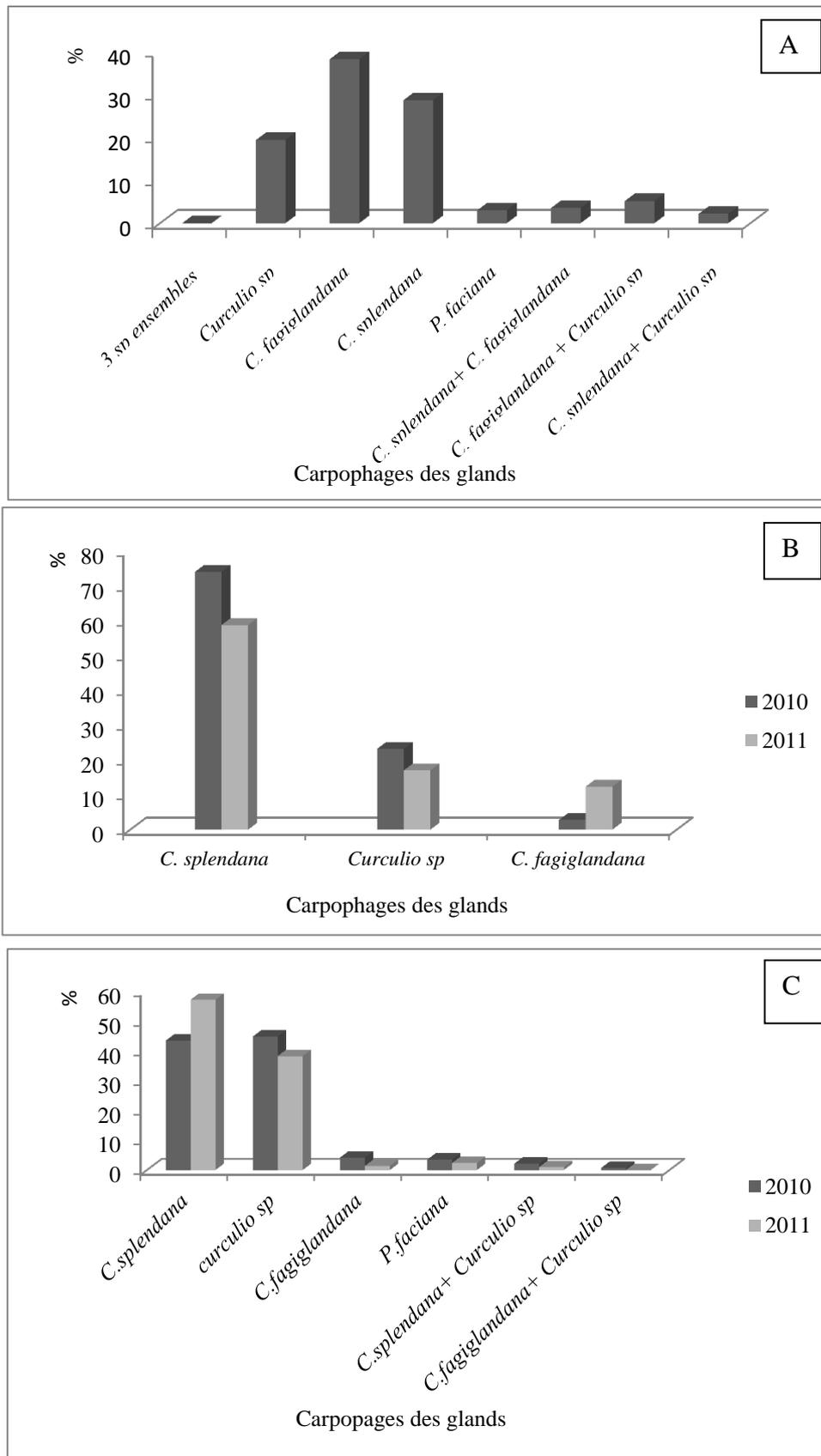


Figure. 54: Taux d'infestation par les Carpophages: Subéraies d'El-Kala (A), Subéraies de Souk-Ahras(B), Subéraies de Séraïdi(C)

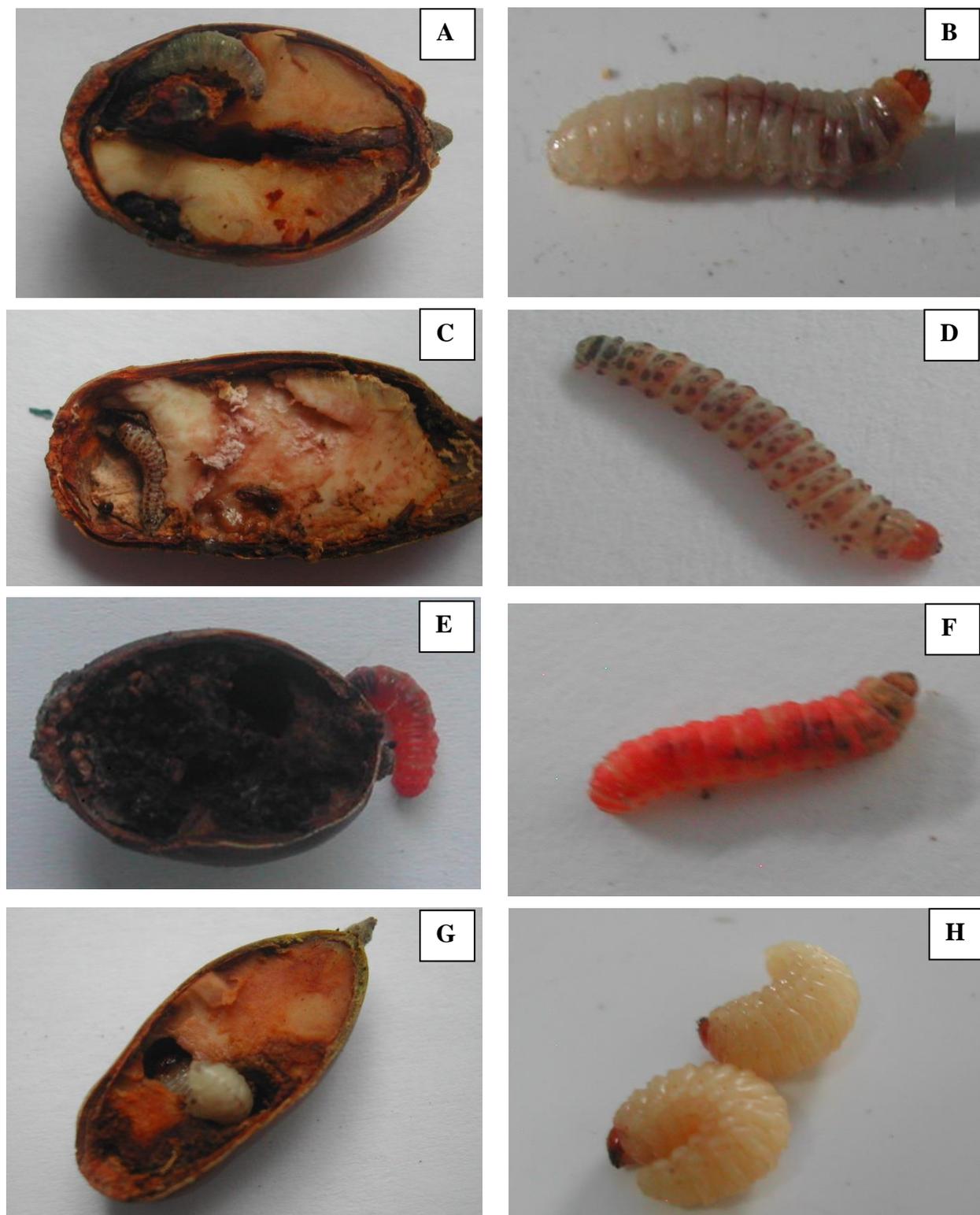


Figure. 55: Les Carpophagesdes glands étudiés (Cliché Adjami 2006-2007)

(A) et (B): *Cydia splendana*, (Lepidoptera, Tortricidae)

(C) et (D): *Pammene faciana*, (Lepidoptera, Tortricidae)

(E) et (F): *Cydia fagiglandana*, (Lepidoptera, Tortricidae)

(G) et (h): *Curculio* sp, (Coleptera-Curculionidae)

L'infestation par gland

Sur un nombre de 210 glands qui a indiqué la présence des Carpophages, nous avons essayé de voir le nombre de larves qu'un gland peut contenir. Ce dernier varie beaucoup d'un gland à un autre et les glands infestés par les Carpophages révèlent la présence de 137 glands attaqués par une seule larve, par contre nous avons moins de glands qui contiennent plus que 2 larves, alors que nos observations ont indiqué que le gland peut contenir jusqu'à 40 larves (Fig .56).

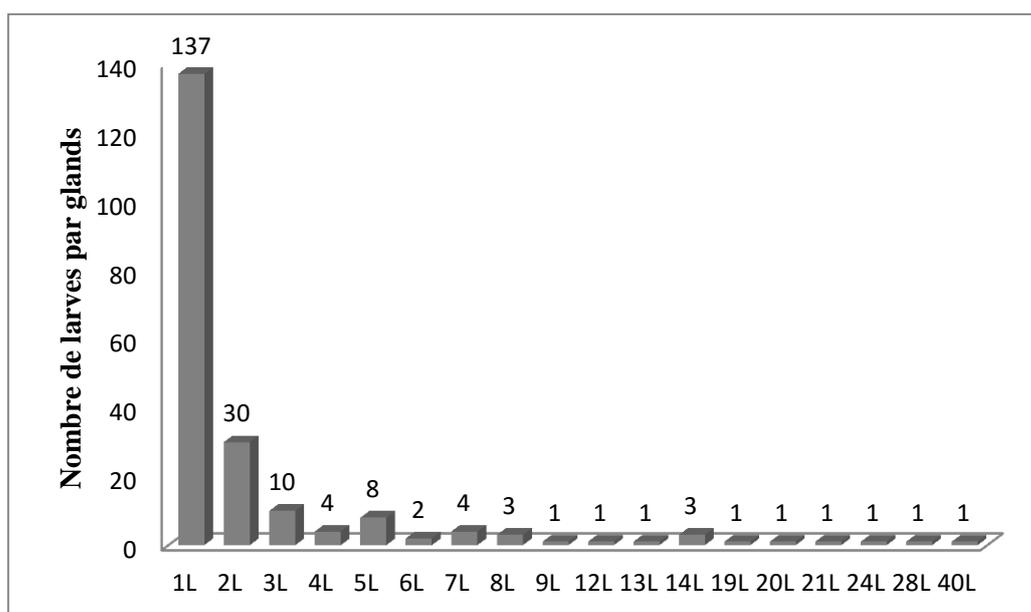


Figure. 56: Le nombre de Carpophages par gland

3.3.4 Dosage des métabolites

3.3.4.1 Le contenu en lipides des glands du chêne-liège

Le contenu en lipides des glands du chêne-liège varie en fonction que le gland soit sain, attaqué ou fortement attaqué. Le gland sain a présenté au niveau de l'amande une teneur d'environ 50 $\mu\text{g/g.MS}$. Cette concentration a diminué à $22,61 \pm 3,61 \mu\text{g/g.MS}$, quand le gland est attaqué et avec un trou. Lorsque le gland était fortement attaqué, nous avons enregistré une chute des lipides à $6,18 \pm 3,96 \mu\text{g/g.MS}$. Il y a eu une différence significative entre ces 3 moyennes ($F=23,12$ $p=0,0001$) (Fig. 57A).

Par contre le contenu en lipides dans le péricarpe des glands sains était faible par rapport à l'amande environ, 16 $\mu\text{g/g.MS}$ et malgré une légère augmentation de ces concentrations dans les péricarpes des glands attaqués, ces moyennes ne sont pas significativement différentes ($F=1,06$, $p=0,8$) (Fig. 57B).

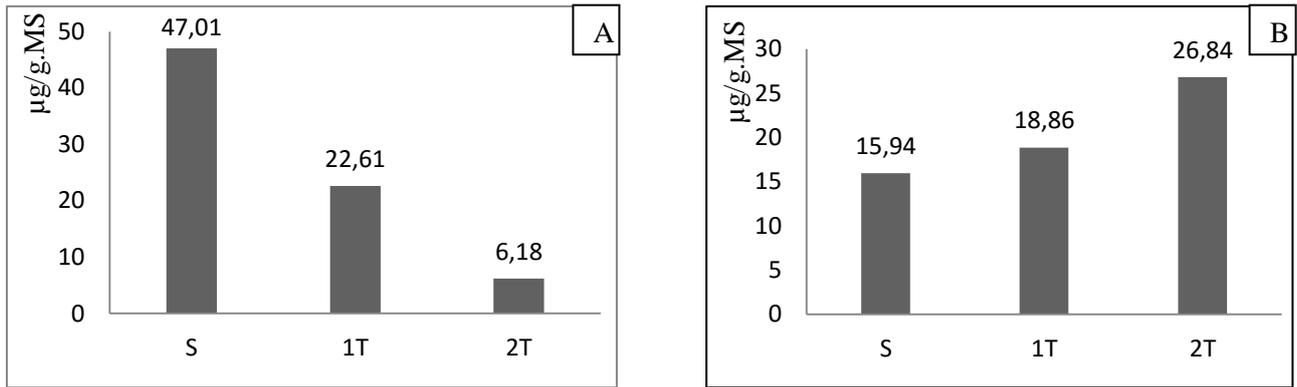


Figure.57: Variations du contenu en lipides des glands sains et attaqués : Au niveau de l’amande (A) et au niveau du péricarpe (B).

3.3.4.2 Le contenu en glucides des glands du chêne-liège

Quand le gland est sain, la teneur en glucides au niveau de l’amande est de 3,11 $\mu\text{g/g.MS}$ alors qu’au niveau du péricarpe elle est de 1,71 $\mu\text{g/g.MS}$. Ces valeurs ont diminué lorsque le gland est attaqué (Figure 58.A). Au niveau de l’amande des glands attaqués, la diminution est non significative ($F=1,71$, $p=0,1$) et elle est de 3,07 $\mu\text{g/g.MS}$ et 3,06 $\mu\text{g/g.MS}$. Concernant le péricarpe, cette diminution est significative ($F = 10,35$, $p=0,0005$) puisqu’elle a atteint 1,1 $\mu\text{g/g.MS}$ et 1,2 $\mu\text{g/g.MS}$ pour les glands fortement attaqués (Figure.58B).

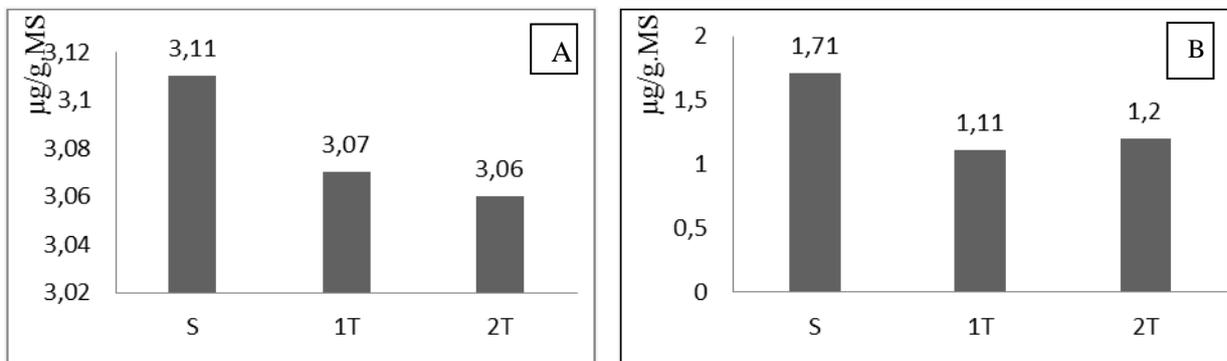


Figure.58: Variations du contenu en glucides des glands sains et attaqués : Au niveau de l’amande (A) et au niveau du péricarpe (B)

3.3.4.3 Le contenu en protéines des glands du chêne-liège

Le contenu en protéines de l'amande des glands sains du chêne-liège sont de $0,37 \pm 0,01$ $\mu\text{g/g.MS}$. Cette valeur a diminué à $0,29 \pm 0,03$ $\mu\text{g/g.MS}$ quand les glands sont attaqués et qu'ils présentent un seul trou de sortie d'insecte. La diminution est significative lorsque le gland est fortement attaqué $0,14 \pm 0,05$ $\mu\text{g/g.MS}$ ($F=16,29$; $p=0,0001$) (Fig. 59A).

Il semble que l'attaque des insectes n'a pas d'effets sur la teneur en protéine du péricarpe puisque les moyennes enregistrées n'étaient pas significativement différentes (Fig. 59B).

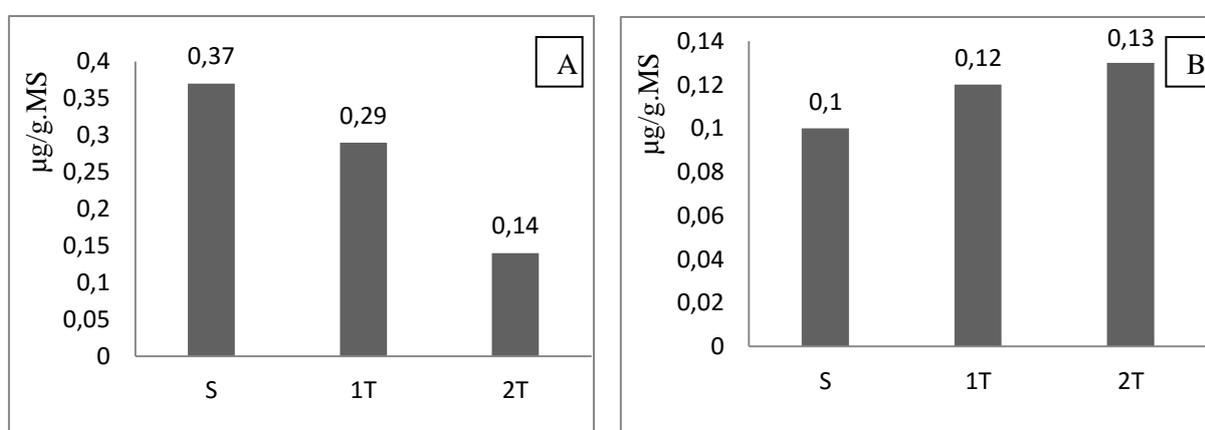


Figure.59: Variations du contenu en protéines des glands sains et attaqués : Au niveau de l'amande A et au niveau du péricarpe B

3.3.4.4 Analyse chimique des différents extraits des glands de chêne-liège

Une cinquantaine de composés divers ont pu être détectés dans les différents extraits de glands par les différents types de solvant. Les analyses quantitatives ont révélé que l'utilisation du pentane comme solvant a permis d'extraire beaucoup plus de composés. Ces résultats tiennent certainement à la polarité des composés extraits (Fig. 60).

L'analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse nous a permis d'identifier 18 composés appartenant à différentes classes chimiques (aldéhydes, alcools, cétones, acides, hydrocarbures saturés ou insaturés, terpènes, sesquiterpènes, etc. La fraction lourde, non volatile, comprend de nombreux sesquiterpènes et hydrocarbures saturés (C_{22} à C_{29}) et des polyphénols en C_{28} et C_{29} (Tab. 27).

Les extraits au pentane ont signalé que les polyphénols sont les composés majoritaires au niveau de l'amande (respectivement 24.37%, 4.78%, 32.67% de la fraction extraite). Ces taux ont diminué dans le péricarpe et même dans l'extrait du gland entier (Figure. 61 et Tab.24).

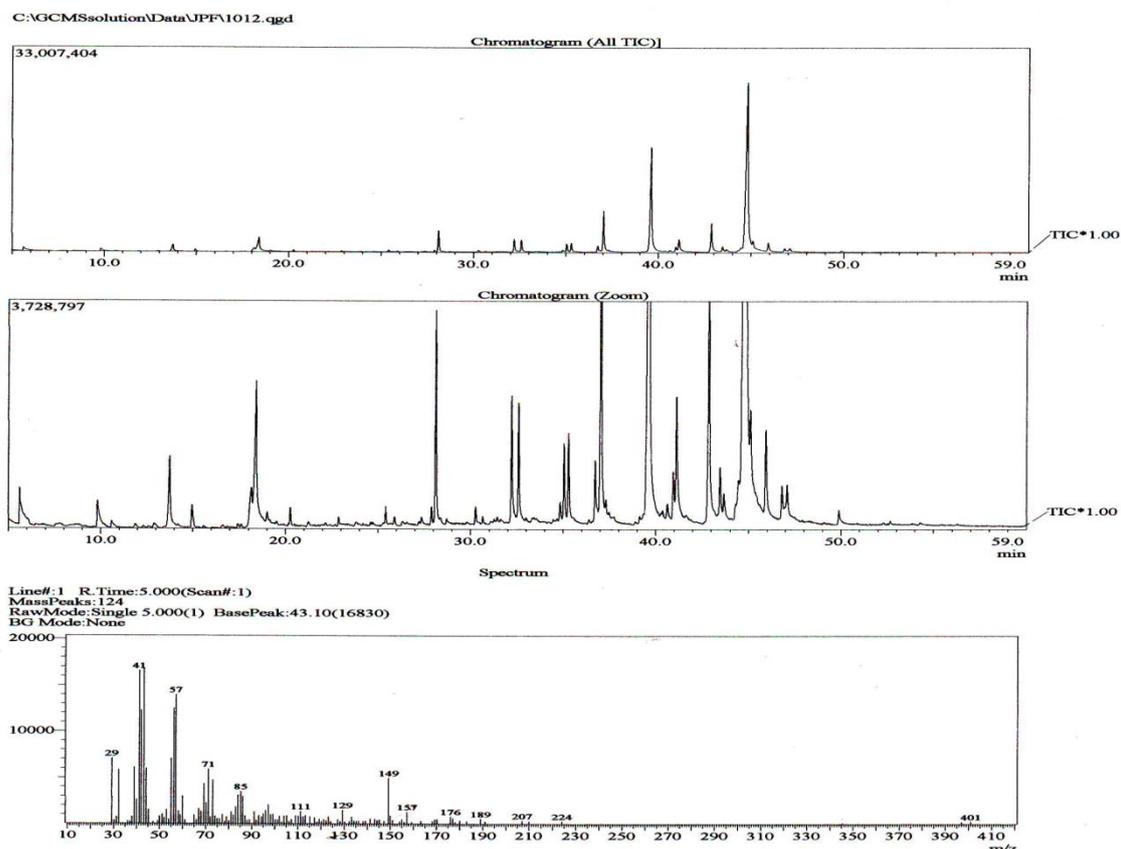


Figure. 60: Profil chromatographique et spectre de masse d'un extrait « type » illustrant les composés lourds extrait à l'hexane et au pentane du péricarpe et des cotylédons des glands du chêne-liège.

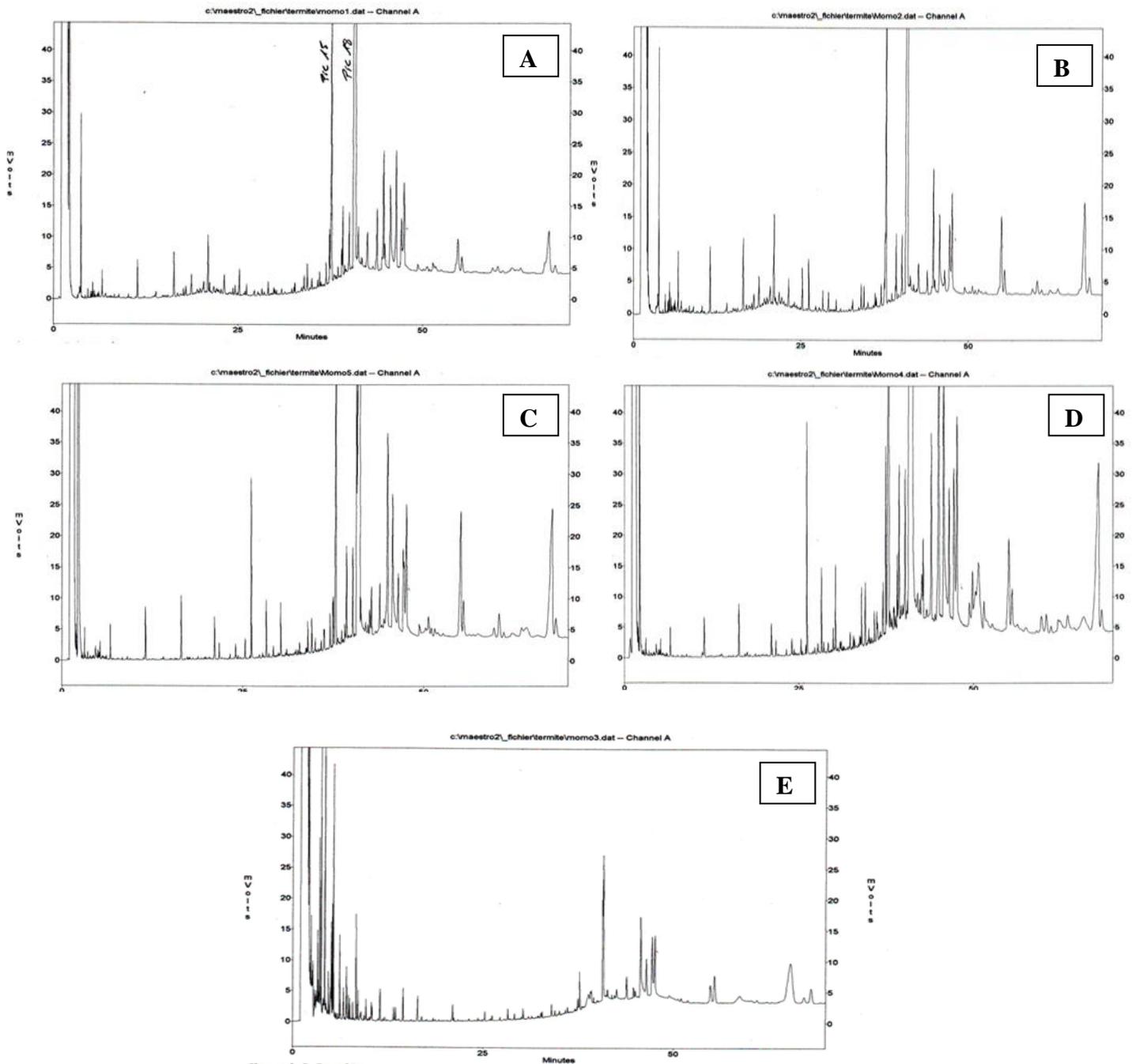


Figure. 61: Profil chromatographique du péricarpe et de l’amande d’un gland de chêne-liège extrait par les deux solvant : l’hexane et le pente.(A): Profil chromatographique du péricarpe d’un gland de chêne-liège extrait à l’hexane (B): Profil chromatographique d’un gland entier de chêne-liège extrait à l’hexane (C): Profil chromatographique de l’amande d’un gland de chêne-liège extrait au pentane (D): Profil chromatographique du péricarpe d’un gland de chêne-liège extrait au pentane (E): Profil chromatographique d’un gland entier de chêne-liège extrait au pentane.

Tableau.27: Analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse des différents extraits. Concentrations (%) des composés identifiés.

Composés	Extraits				
	HP	HGE	PA	PP	PGE
Composé C ₁₈	0.9	1.95	trace	1.60	trace
Acide saturé C ₁₆	trace	2.48	3.60		0.62
Composé C ₂₀	1.80	1.67	trace	0.56	trace
Acide oleique	trace	2.48	5.74	0.81	3.00
Composé C ₂₂	0.8	trace	trace	0.15	trace
Composé C ₂₄	trace	trace	trace	trace	trace
Composé C ₂₅	3.13	2.10	trace	2.61	trace
Composé C ₂₆	0.8	trace	trace	trace	trace
Tetracosanol C ₂₄	3.13	2.10	4.64	2.47	1.51
Composé C ₂₇	7.70	7.10	2.10	2.97	2.82
Composé C ₂₈	1.41	0.90	trace	1.49	1.51
1,2 epoxymonadecane	1.03	12.28	3.18	1.29	8.50
Alcool	3.96	6.45	6.44	0.22	1.13
Composé C ₂₉	1.32	1.09	1.23	1.03	1.03
Polyphénol (C ₂₈ H ₄₈ O ₂)	3.37	2.23	24.37	2.77	4.57
Vit E	0.86	0.79	2.15	1.80	1.29
Polyphénol (C ₂₈ H ₄₈ O)	0.92	0.85	4.78	0.34	9.33
Polyphénol (C ₂₉ H ₅₀ O)	1.29	0.83	32.67	0.33	1.60

3.3.5 Dosage des polyphénols totaux

La composition phénolique des glands troués de *Quercus suber* extraits par les différents solvants utilisés, est présentée par la figure 62. La quantité des polyphénols totaux extraite est significativement différente ($F= 12.36$ $p= 0.0001$) et en fonction du solvant utilisé. C'est l'éthanol qui extrait le plus de polyphénols 154.8 mg GAE/g du poids sec, alors que le chloroforme extrait le moins de polyphénols 44.6 mg GAE/g du poids sec. L'eau et l'acétone extraient environ les mêmes quantités 108 et 111 mg GAE/g du poids sec (Fig. 62).

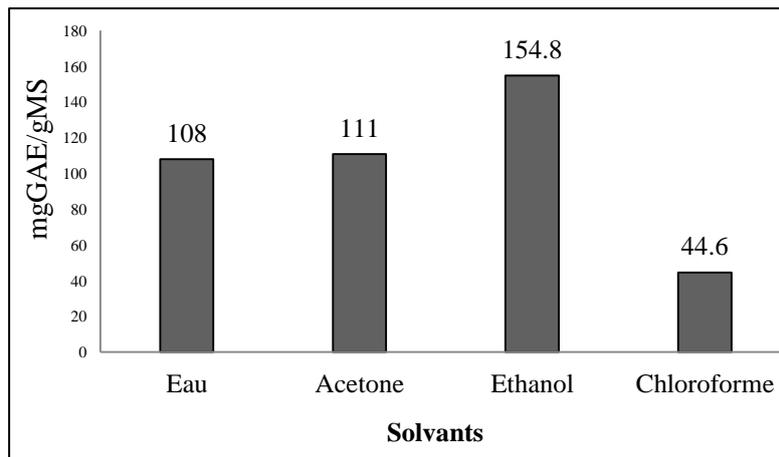


Figure. 62: Effet des différents solvants sur le contenu polyphénolique des glands troués de *Quecus suber*. Les valeurs sont exprimées en mg GAE/g du poids sec. ($m \pm s$ n=3)

3.3.6 Etude de la germination

Les résultats de la figure (63), ont montré que le taux de germination a atteint 26% au bout de 7 jours. Ce taux a progressé pour atteindre à la fin de nos observation 89% pour un germe > à 5 mm, tandis que les autres glands progressent par catégorie. Nous avons trouvé également des glands intacts, des glands avec une rupture du péricarpe et ceux qui ont présenté un germe < 5 mm avec un taux de 2%. Ensuite, nous avons eu une forte rupture du péricarpe à 5% (Fig. 64).

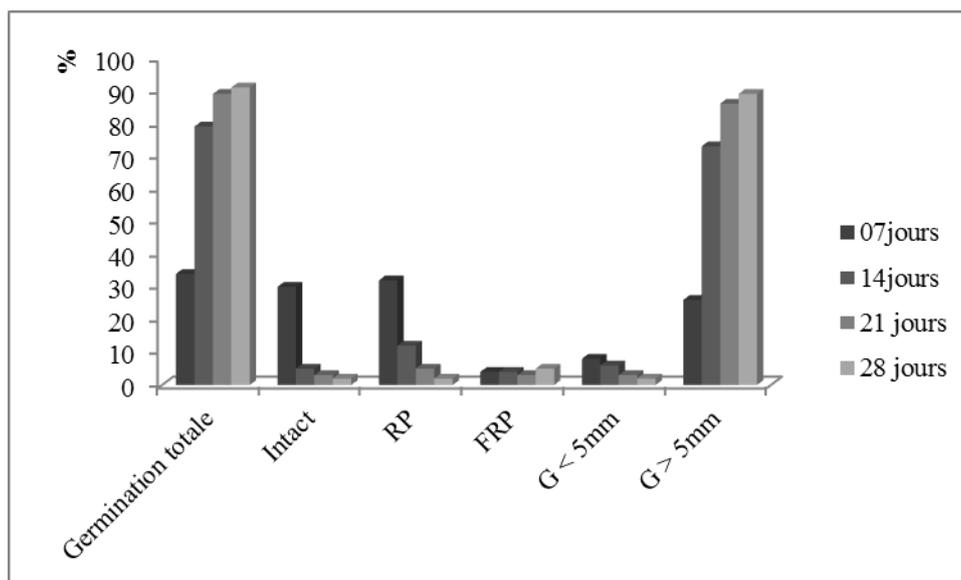


Figure. 63: Différentes étapes de germination des glands sains après 4 semaines.



Figure. 64: Les étapes de la germination des glands observés (Cliché Adjami 2008).

- (A): Rupture du péricarpe (RP),
- (B): Forte rupture du péricarpe (FRP) avec un germe qui mesure moins de 5 mm ($G < 5\text{mm}$);
- (C): Germe est supérieur à 5mm ($G > 5\text{mm}$).

3.3.6.1 Germination des glands infestés par les Carpophages

Nous avons noté principalement que les glands mis à germer soit sains ou atteints par les Carpophages à différents niveaux d'attaque (1 à 2 trous), ont tous abouti à la germination quel que soit leur pourcentage. Après 7 jours d'observation, le lot des glands sains et ceux des glands présentant 1 trou ont indiqué presque le même taux 36 % et 34%, alors que les glands à 2 trous ont germé à 15%. À partir de 21 jours, nous avons obtenu un taux important de 89% des glands sains qui ont présenté un germe supérieur à 5mm, cependant, la germination des glands à 1 et 2 trous est moins importante avec respectivement 57% et 28%. Au bout de la 4^{ème} semaine (28j), nous avons signalé un taux de germination extrême des glands sains à 91% ayant un germe supérieur à 5mm, par contre la germination du lot des glands atteints est limitée à 60% pour les glands à 1 trou et seulement 32% pour ceux à 2 trous (Fig. 65).

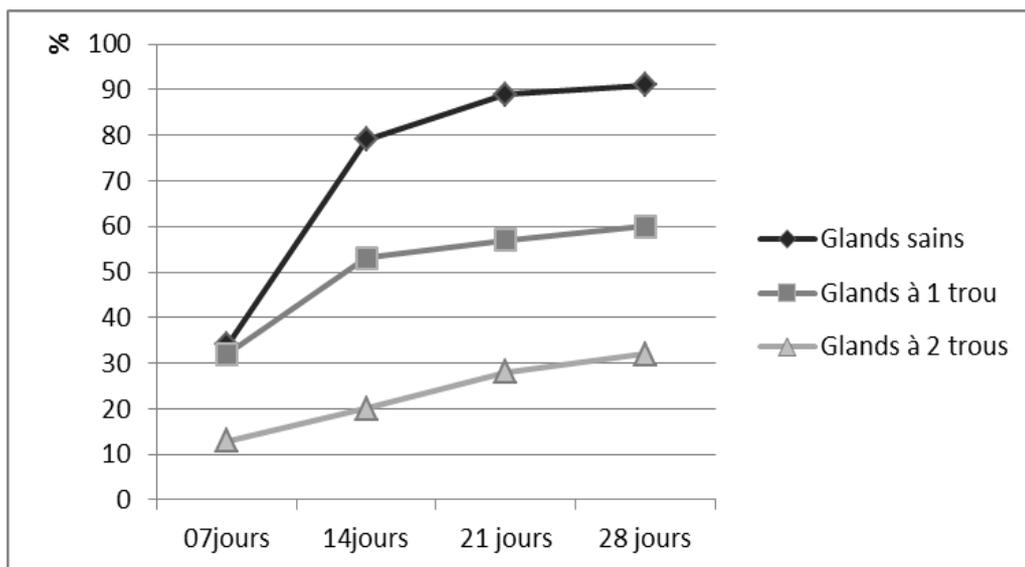


Figure. 65: Taux de germination des glands sains et attequés

Germination des glands à 1 trou

Les résultats obtenus lors de la germination des glands à 1 trou, ont montré que le taux a atteint 25% après 7 jours d'observation avec un germe > à 5mm, cependant au bout de 14 jours, nous avons enregistré 49% des glands germés avec la diminution des glands intacts qui sont passés de 62% à 38%. Par la suite, nous avons obtenu au bout de 21 jours, une germination qui touche 54% des glands. À partir de la 4^{ème} semaine, la germination semble au ralenti avec un faible taux de 56% alors que les glands intacts n'ont présenté aucune amélioration (35%) (Fig. 66).

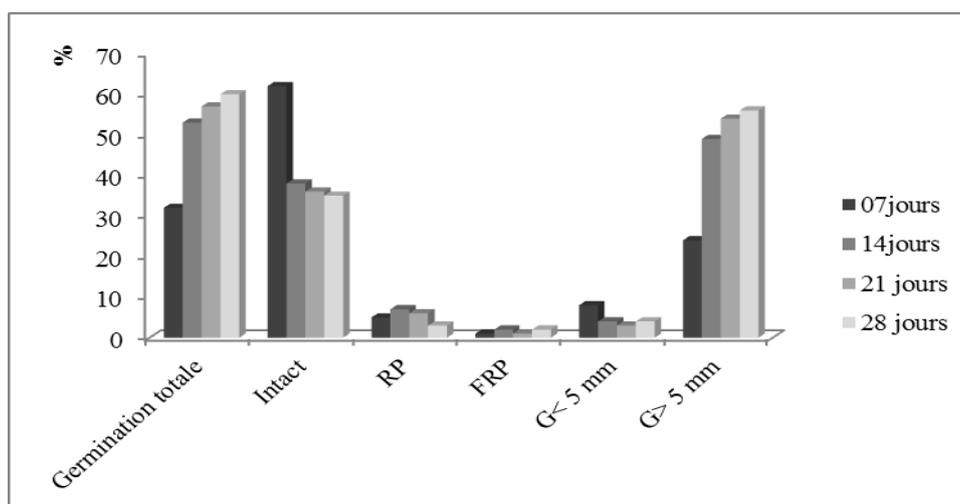


Figure. 66: Différentes étapes de germination des glands à 1 trou après 4 semaines.

Germination des glands à 2 trous

Il semble que la qualité des glands a négativement influencé la germination. Selon nos résultats, nous avons remarqué qu'à la première semaine d'observation, les glands à 2 trous sont restés intacts à un taux de 77% et seulement 8% qui ont atteint une germination dont le germe était supérieur à 5mm. Bien que le développement des glands était progressif, la germination limitée est arrivé à son terme pour atteindre uniquement 27% et 59 % des glands sont restés intacts sans aucune transformation morphologique (Fig. 67).

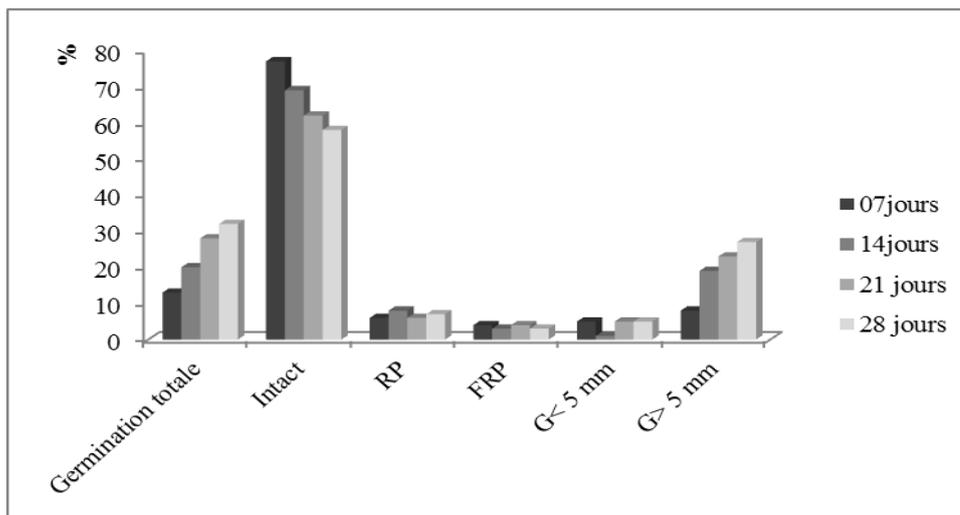


Figure. 67: Différentes étapes de germination des glands à 2 trous après 4 semaines.

3.3.6.2 Facteurs influents sur la capacité de germination des glands

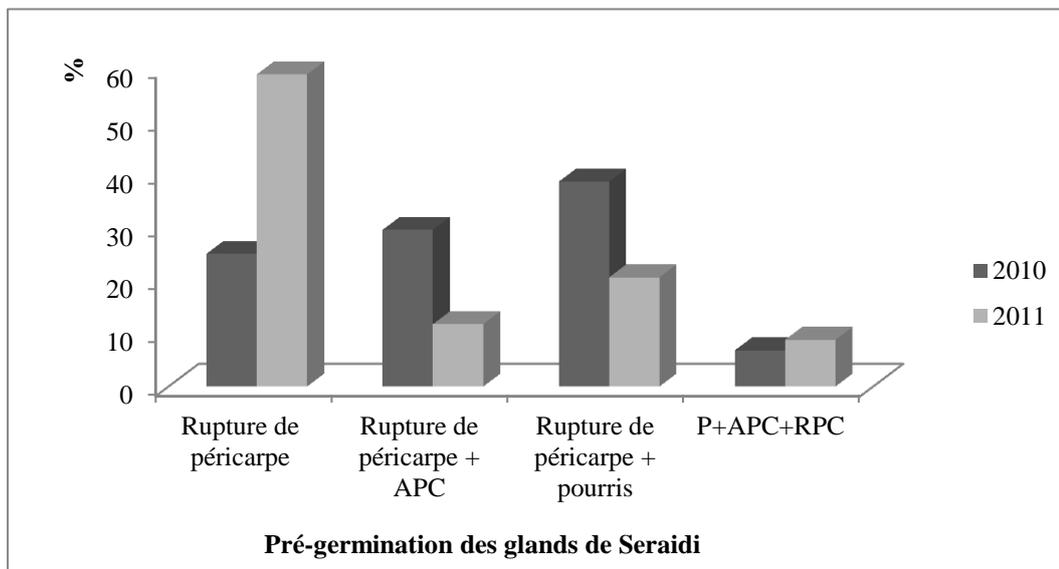
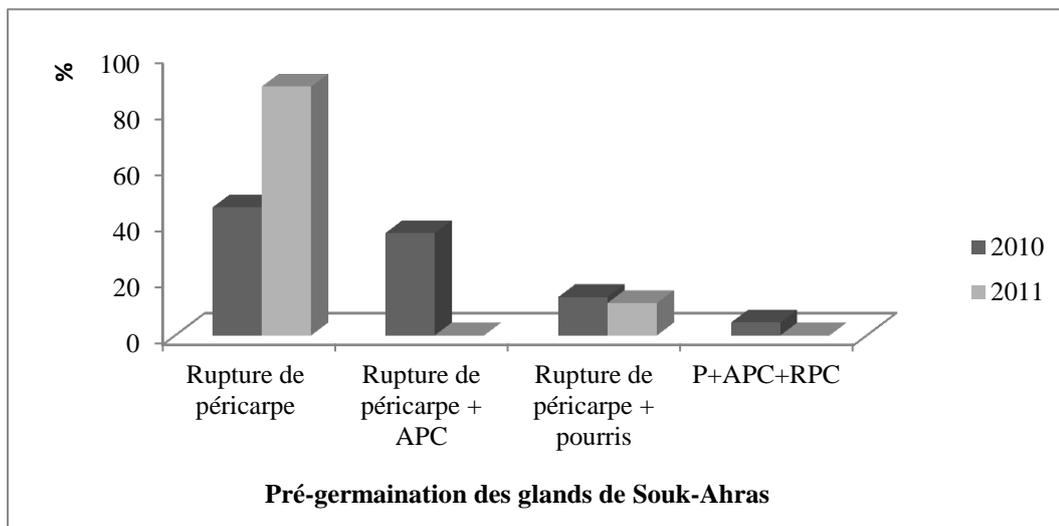
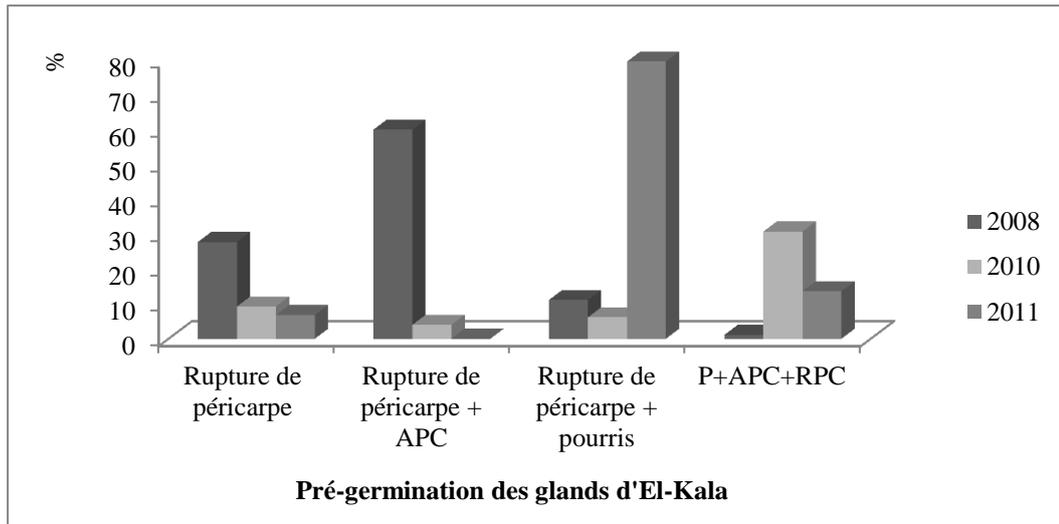
Les facteurs influents sur la survie et la capacité de germination des glands sont représentés soit par un seul facteur ou l'interaction de ces derniers. La rupture du péricarpe est un indice de germination qui peut aboutir à ses fin ou interrompu par d'autres facteurs comme les champignons et surtout l'attaque des Carpophages.

Selon la figure 67, les glands des subéraies d'El-Kala ont montré que la rupture du péricarpe est plus élevée en 2008, comparée aux autres années avec un taux de 30%. Par contre en 2008, nous avons plus de glands qui ont présenté des ruptures de péricarpe avec la présence des Carpophages avec un taux de 60%. En 2010 et 2011, ce taux a indiqué une nette régression qui a passé de 4 à 0%, tandis que pour la rupture du péricarpe accompagnée de pourriture, nous avons enregistré en 2011 le taux le plus important (80%), alors que la présence des deux facteurs ensemble s'est traduite par l'attaque des Carpophages et l'attaque

fongique affectant les glands au début de leur germination à 31% et cela en 2010. La saison qui a suivi l'atteinte a diminué jusqu'à 14% (Fig. 68A).

Dans la région de Souk-Ahras, les glands récoltés ont signalé un bon début de germination puisque la rupture du péricarpe sans aucune infestation a pu atteindre les 50% des glands en 2010, cependant en 2011, nous avons noté une nette augmentation avec un taux de 88,46%. Concernant les glands qui ont présenté la rupture du péricarpe avec l'attaque des Carpophages, nous avons enregistré un taux de 36,36% en 2010, par contre dans la récolte de la saison qui a suivi ce taux est devenu nul. L'attaque fongique a une part à travers la présence de la pourriture qui a atteint 13,63% et 11,54% durant les deux années d'étude. L'apparition des deux facteurs ensemble pourriture et l'attaque des insectes est presque absente (Fig. 68B).

En 2010, les glands des subéraies de Seraidi ont commencé par une pré-germination de 25% qui s'est traduite par la rupture du péricarpe en 2010. Ce taux a atteint un seuil de 60% l'année 2011, par ailleurs presque 30% des glands ont abouti à la rupture du péricarpe avec l'infestation par les Carpophages. Ce taux a diminué en 2011 à 11%. L'attaque fongique a touché les 39% des glands pré-germés en 2010, ce dernier s'est réduit à 21% (Fig. 68C).



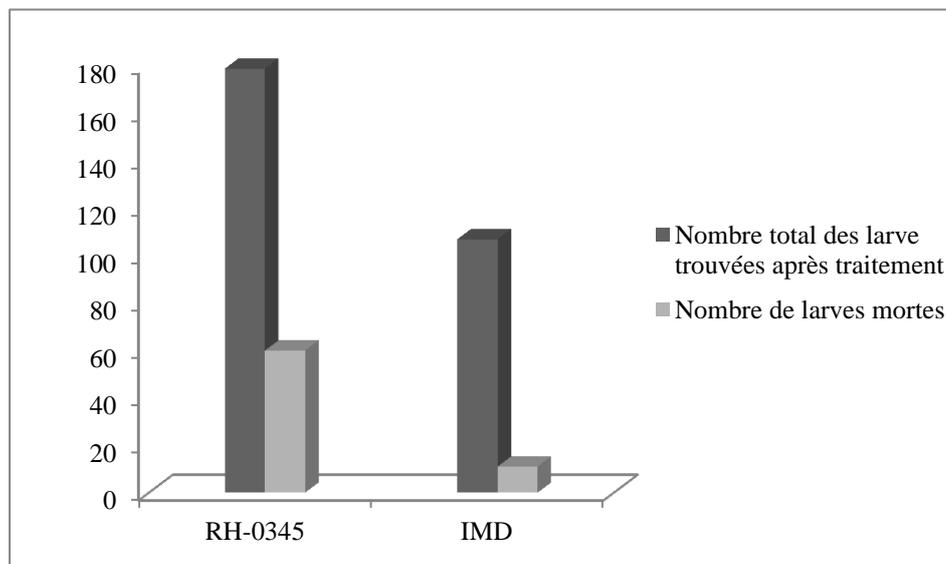
APC= Attaqués par les Carpophages, RPC= Rupture péricarpe, P= Pourris

Figure. 67: Différents facteurs associés à la Rupture du péricarpe (pré-germination) des glands étudiés

3.3.7 L'effet du traitement sur les insectes des glands

Dans cette partie, nous avons choisi ces deux insecticides le RH-0345 et l'imidaclopride, dans le but d'assurer une qualité de production des glands pour conserver la régénération du chêne-liège en luttant contre les dégâts directs des Carpophages. La fiabilité de ces traitements reste incertaine, vu que l'utilisation de ces insecticides correspond à la pulvérisation alors qu'on ignore si ces derniers peuvent pénétrer à travers le péricarpe et l'amande pour atteindre les larves où il y aura un ralentissement de ce mécanisme en fonction du temps.

Sur le total du nombre de Carpophages trouvés après traitement durant les 15 jours d'observation, nous avons enregistré un nombre important de 180 larves trouvées dans les lots des glands traités par le RH-0345 (faible dose et forte dose). Dans ces derniers, nous avons remarqué une mortalité de 60 larves, mais en comparaison avec celui de l'imidaclopride nous avons noté un nombre de 107 larves observées après traitement dont la mortalité a touché un nombre minime de 11 larves (Fig. 69).



IMD:Imidaclopride

Figure 69: Le nombre total des larves mortes durant la période de traitement par le RH-0345 et l'imidaclopride.

3.3.7.1 L'effet du RH-0345

À faible dose

Lors de la dissection des glands après traitement avec le RH-0345, le taux de mortalité des larves par la dose 25 mg/l a atteint 27,27% après 24h, 10 jours et 15 jours, alors qu'après 3 jours et 7 jours d'observation, seulement 9,09% des larves ont présenté une mortalité. Pour la dose 50 mg/l la mortalité enregistrée est 23,07% après 24h. Elle est restée stable durant le 3^{ème} et le 7^{ème} jour d'observation avec un taux de 7,69%. Ensuite, nous avons remarqué une nette augmentation de la mortalité des Carpophages avec un taux de 30,76% le 10^{ème} et le 15^{ème} jour (Fig. 70).

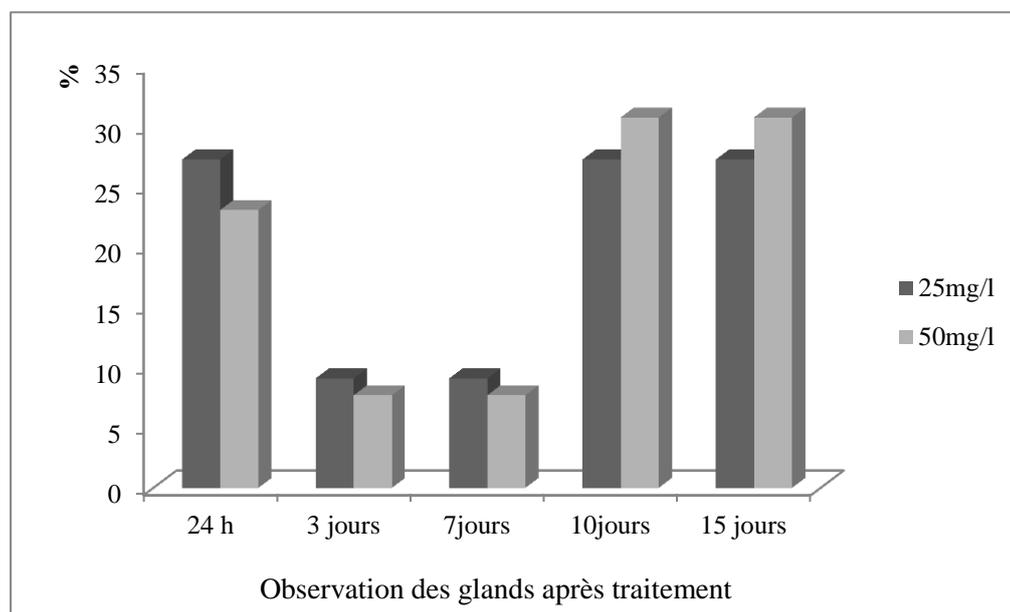


Figure. 70: Taux de mortalité des Carpophages par les faibles doses (25 mg/l et 50 mg/l) du RH-0345

À forte dose

Le résultat de la figure 71 indique que la mortalité des larves par la dose 100 mg/l a présenté respectivement les taux de 60 % et 40% après 24 h et 10 jours. Tandis que les autres jours d'observation, aucune mortalité n'est signalée.

Concernant la dose de 150 mg/l du RH -0345, nous avons signalé que ce dernier a tué 14,28 % des larves après 3 jours, 35,71% après 7 jours et 50% durant les 10 jours. Après 15 jours, aucune mortalité n'a été signalée.

Nous avons enregistré pour la dose 200 mg/l, un taux de mortalité progressif des Carpophages de 8,33% à 24h, par contre le 3^{ème} jour, nous n'avons noté aucune mortalité. Cependant 25% des ravageurs sont mort après 7jours et 33,33% après 10 et 15 jours.

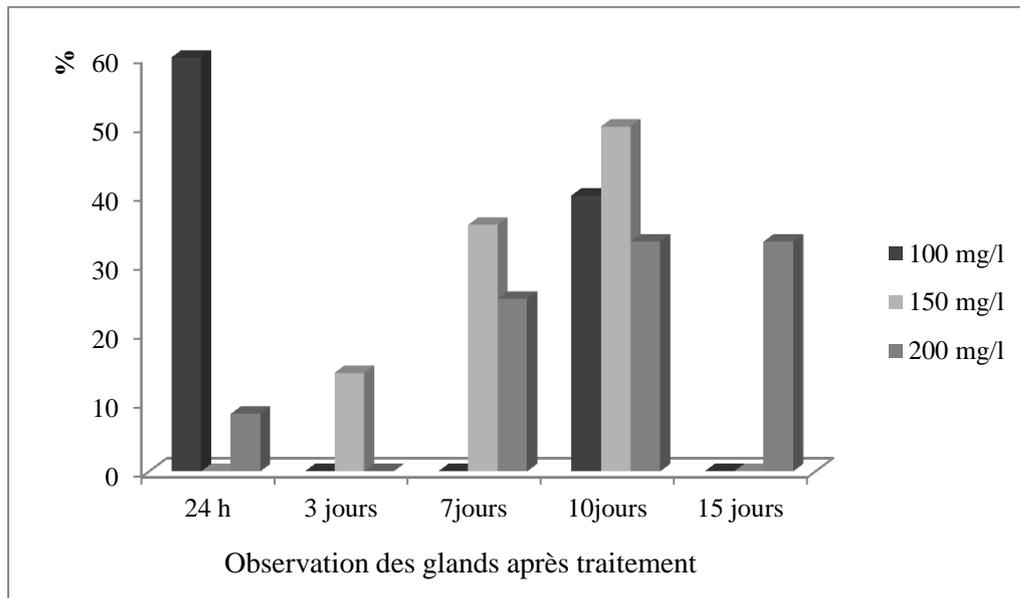


Figure. 71: Taux de mortalité des Carpophages par les fortes doses (100 mg/l, 150 mg/l et 200 mg/l) du RH-0345.

La mortalité cumulée du RH-0345

Le taux de mortalité cumulé du RH-0345 à l'égard des larves du *Cydia splendana* après 15 jours d'exposition était progressif, puisque nous avons enregistré 34,37 % pour la plus faible dose pour atteindre 46,15 % pour la plus forte. Par contre, nous avons remarqué que *Curculio* sp est moins sensible au traitement quelle que soit la dose utilisée, le faible taux de mortalité enregistrée a montré (8,82%). Un effet insecticide très faible vis-à-vis de cette espèce (Fig. 72 et 73).

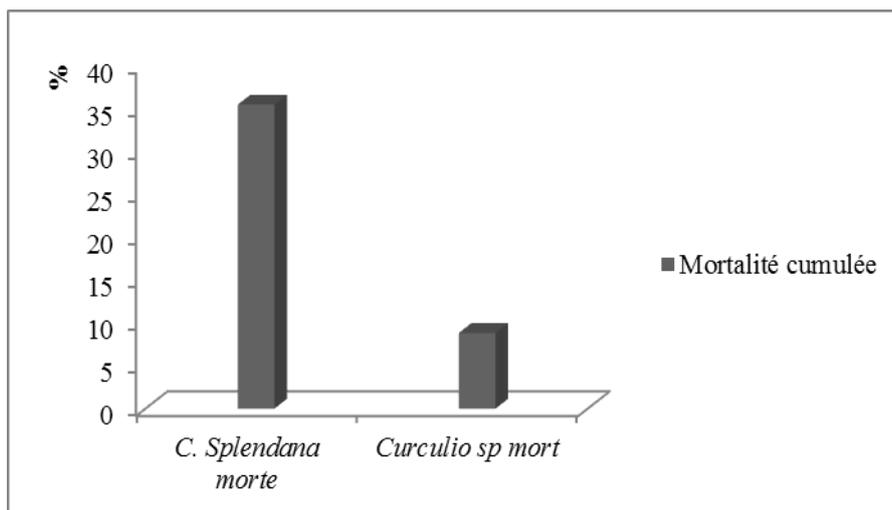


Figure. 72: Mortalité cumulée après 15 jours du traitement par le RH-0345

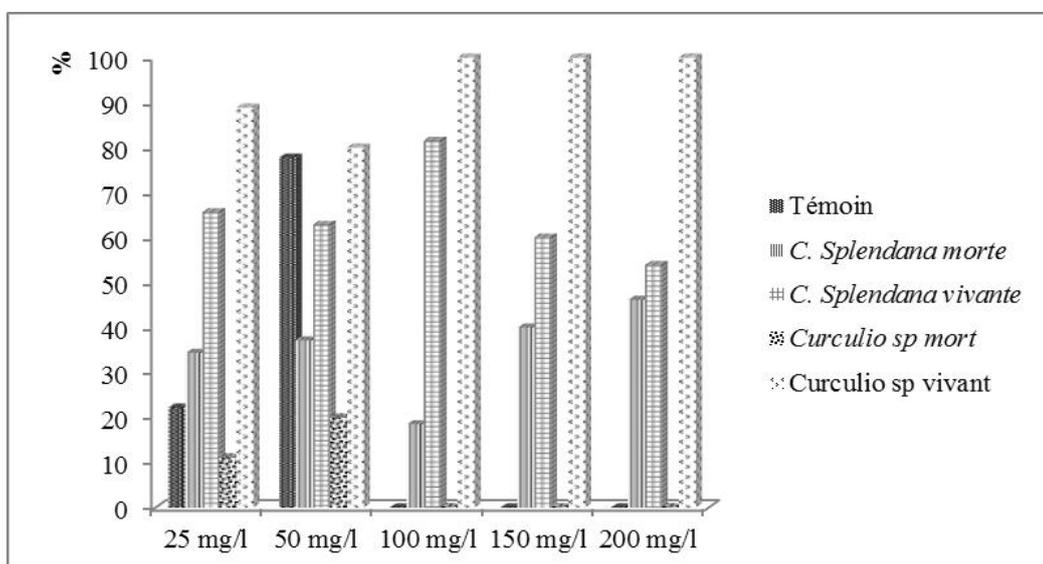


Figure 73: Mortalité observée après 15 jours des Carphophages des glands traités par le RH-0345

3.3.7.2 L'effet de l'imidaclopride sur les insectes des glands

À faible dose

L'activité insecticide de l'imidaclopride pour la dose 25mg/l sur les Carphophages, indique que le taux de mortalité atteint 50% après 24 h et 3 jours. Par la suite, le taux de mortalité devient nul. 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 (Fig. 74).

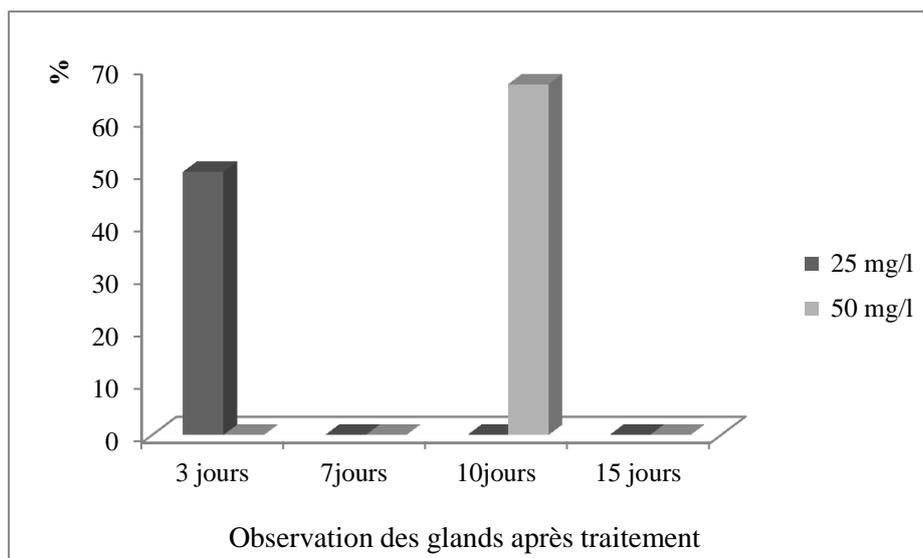


Figure 74: Taux de mortalité des Carphages par les faibles doses (25 mg/l et 50mg/l) de l'imidaclopride

À forte dose

En augmentant la dose à 100 mg/l, toutes les larves qui se trouvent à l'intérieur des glands sont mortes après 24h. Par contre, la dose de 150 mg/l a indiqué une mortalité de 50% des larves qui se trouvaient à l'intérieur des glands après 24 h et 7 jours d'observation. L'effet insecticide de l'imidaclopride pour une forte dose de 200 mg/l, nous a donné un taux de mortalité de 50 % uniquement le 3^{ème} et le 7^{ème} jour, alors que jusqu'au 15^{ème} jour, la mortalité reste nulle (Fig. 75).

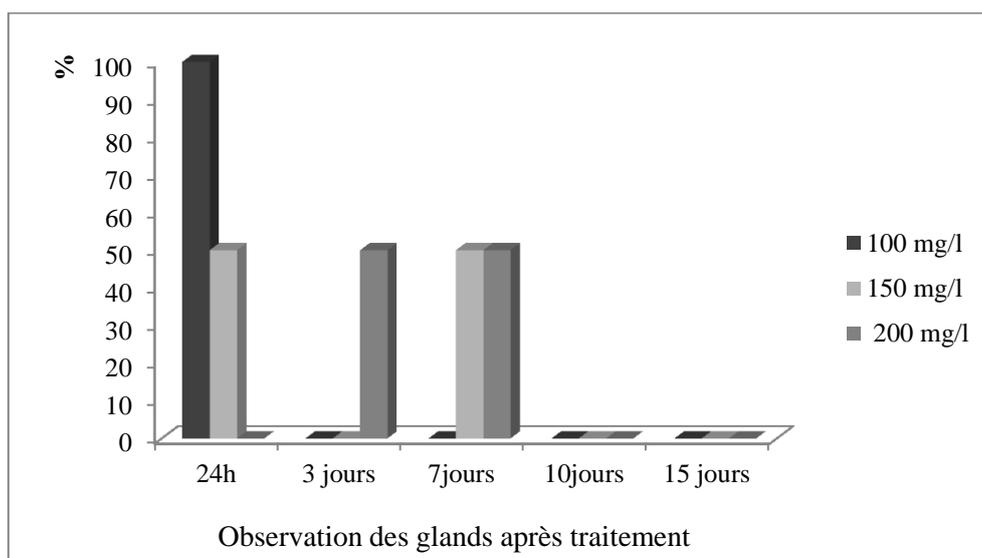


Figure 75: Taux de mortalité des Carphages par les fortes doses (100 mg/l, 150 mg/l et 200 mg/l) de l'imidaclopride.

La mortalité cumulée de l'imidaclopride

L'activité insecticide de l'imidaclopride est progressive puisqu'on enregistre presque 8 % de la mortalité pour la faible dose pour arriver à 33,33%. Sur 80 larves traitées, le taux de mortalité cumulé atteint 12,5 %, par contre nous avons enregistré un très faible taux de mortalité, sur *Curculio* sp 4,76 %. Il semble que ce coléoptère soit insensible au traitement préconisé (Fig.76 et 77).

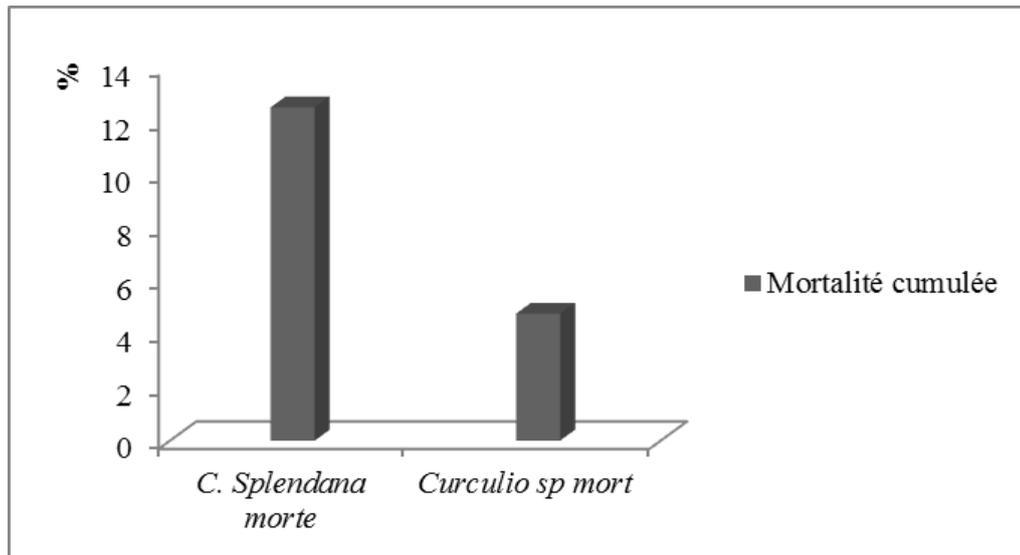


Figure 76: Mortalité cumulée après 15 jours du traitement par l'imidaclopride.

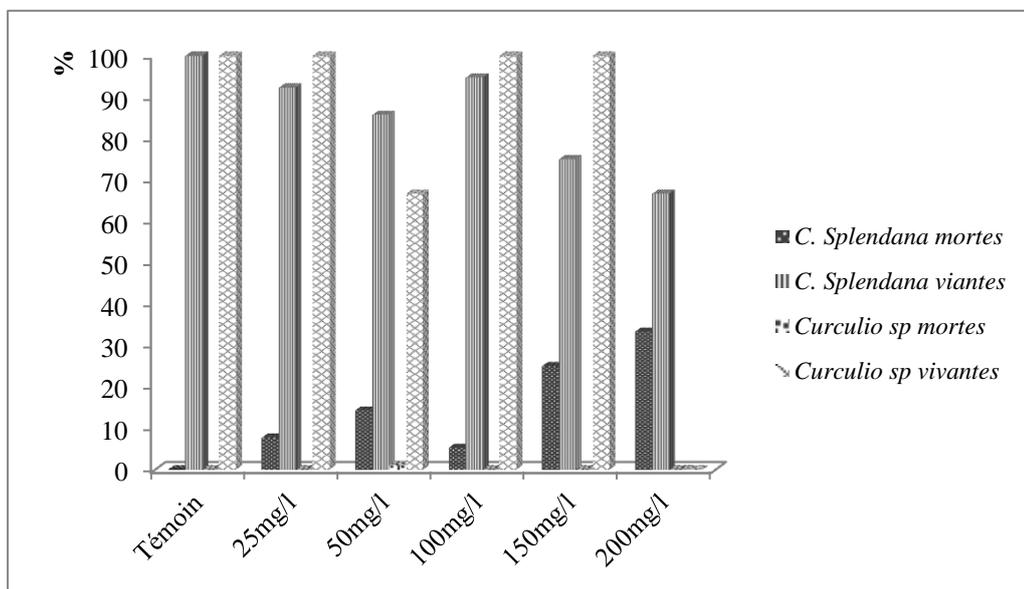


Figure 77: Mortalité observée après 15 jours des Carphophages des glands traités par l'imidaclopride.

3.3.7.3 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) ont présenté un taux de 16,66% et ceux traités par les fortes doses avaient 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 ont germé à 63,33% alors qu'à fortes doses, les glands ont germé à 89 %, cependant les glands témoins ont atteint que 19%. Au bout de la dernière semaine de germination, nous avons obtenu un taux de 54% pour les glands témoins alors que le taux des glands traités a dépassé les 95 % pour les fortes doses (Fig. 78).

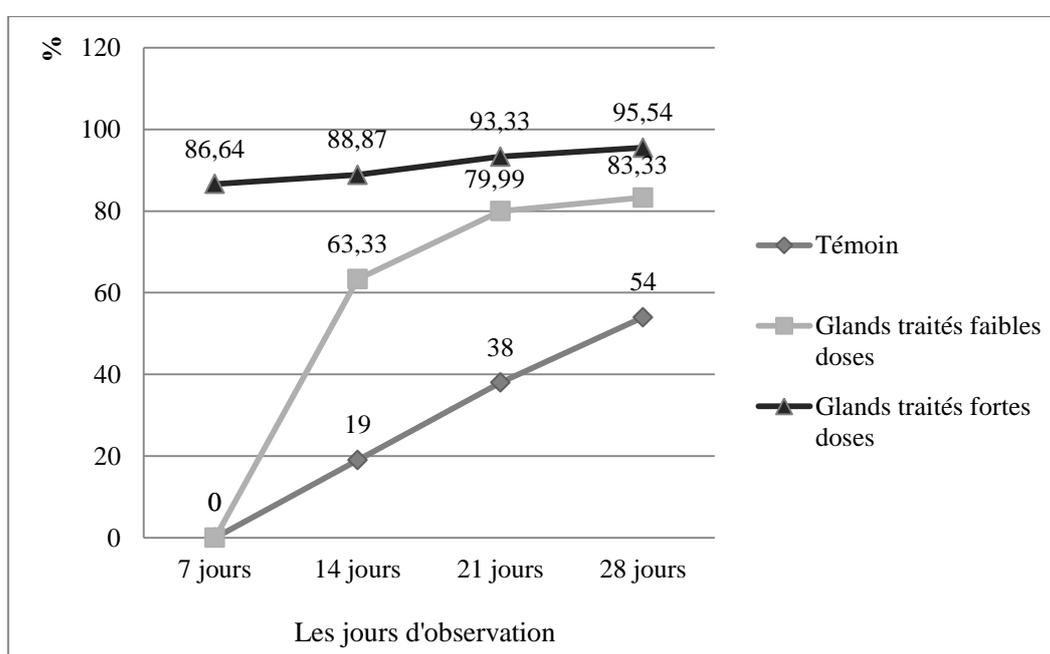


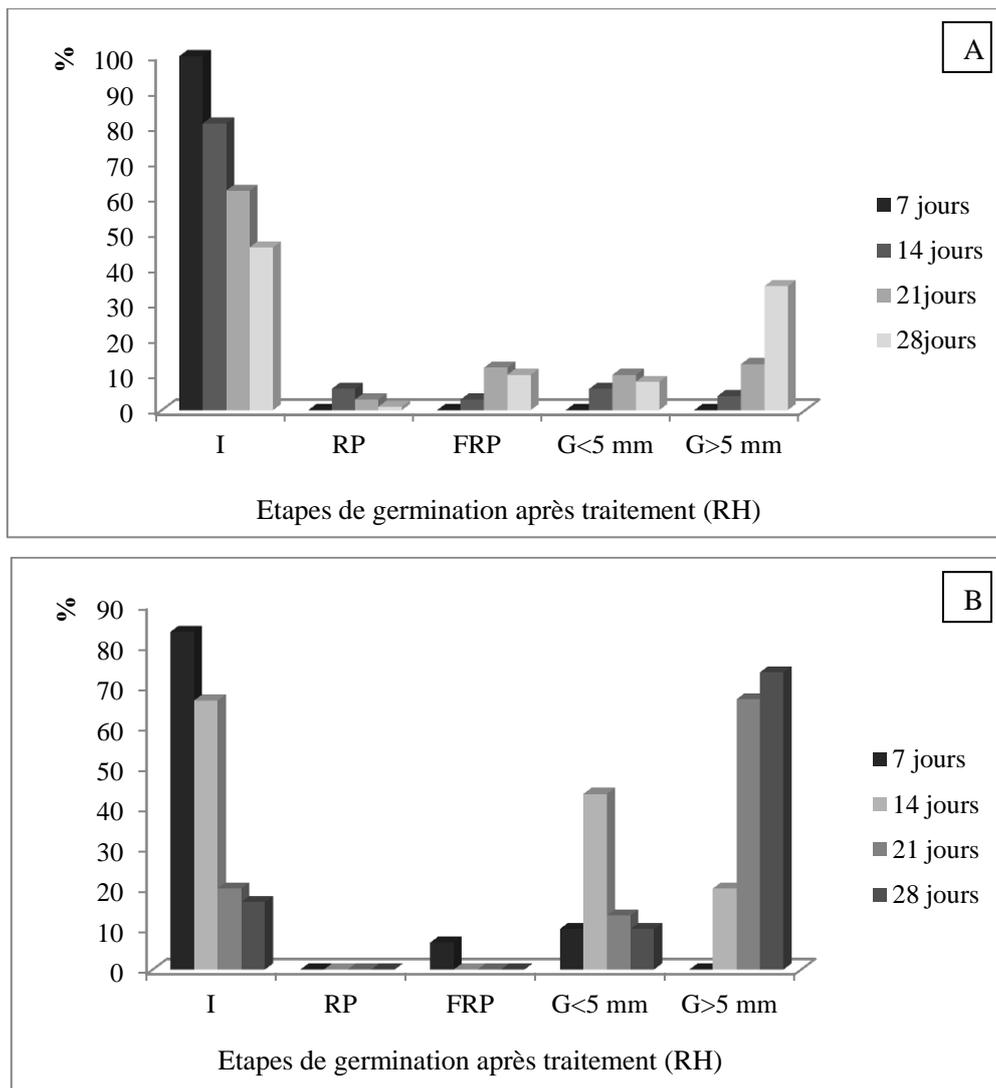
Figure. 78: Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses du RH-0345.

C'est à partir de la deuxième semaine que 4 % des glands témoins ont commencé à percer le péricarpe dont le germe est supérieur à 5 mm. Ce taux a évolué jusqu'à 13 % pour la 3^{ème} semaine. À la fin de nos observations, 46% des glands sont restés intacts par contre 10% des glands sont représentés par une forte rupture du péricarpe suivie par 8 % des glands avec un germe inférieur à 5 mm, cependant seulement 35% des glands ont abouti à un germe supérieur à 5 mm (Fig. 79A).

Les glands traités à faibles doses ont germé la première semaine à 10 % pour un germe inférieur à 5 mm. Le rythme de la germination progresse pendant la deuxième semaine pour atteindre un taux de 43,33% dans la même catégorie et 20% des glands ayant un germe

supérieur à 5mm, ce taux devient important à la fin du processus pour aboutir à 73,33% des glands qui ont germé (Fig. 79B).

En ce qui concerne les glands traités à fortes doses, leur germination a dépassé celle du témoin et les glands traités à faible dose. Cependant, nous avons remarqué que le rythme de la germination est devenu rapide pour atteindre un taux important de 70 % pendant la première semaine. Ce taux a évolué jusqu'à 89 % des glands qui ont présenté un germe supérieur à 5 mm (Fig. 79C).



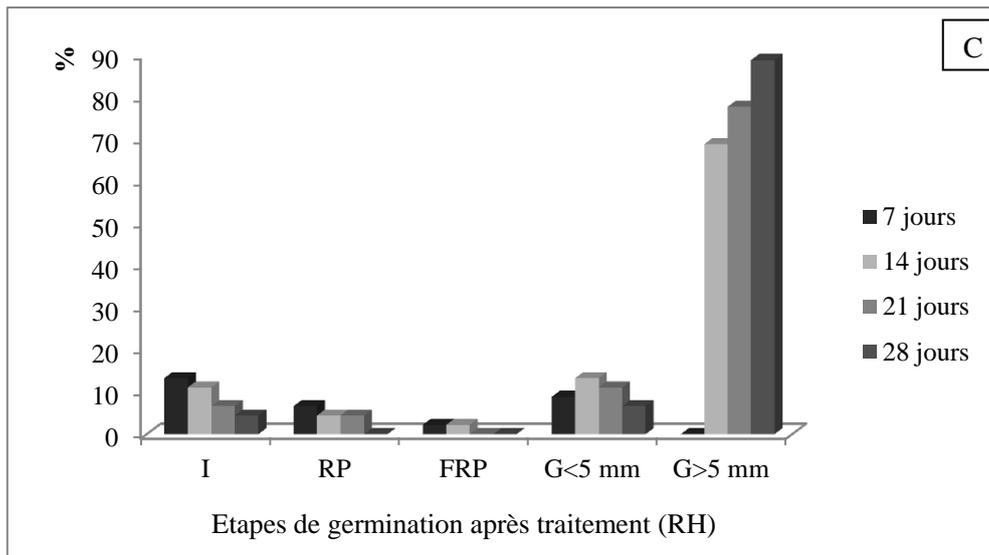


Figure. 79: Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par le RH-0345 (RH): témoin (A), faible dose (B) et fortes doses (C).

3.3.7.4 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) de l'imidaclopride 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 90 % 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, nous avons obtenu un taux de germination de 54 % pour les glands témoins alors que les taux des glands traités atteignent presque 100 % pour les faibles doses (Fig. 80).

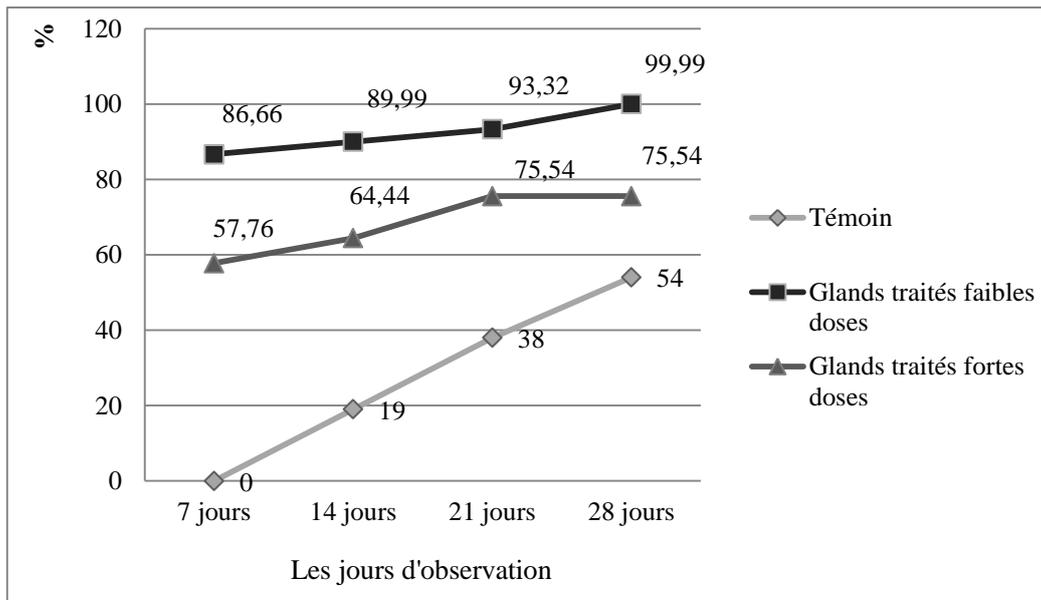


Figure 80: Taux de germination des glands témoins et traités à différentes doses d'imidaclopride.

Après 14 jours, les glands témoins présentent un taux de germination de 4 % pour augmenter à 35 % pour la dernière semaine pour un germe supérieur à 5 mm (Fig. 81A).

Concernant les glands traités à faibles doses, la germination a abouti à un taux important de 80 % pour un germe supérieur à 5 mm durant la première semaine d'observation, où nous avons remarqué que cette catégorie a signalé un rythme de germination rapide pour atteindre un taux maximal de 90 % à la fin de la période de germination et uniquement 3,33% des glands ont montré un germe inférieur à 5 mm et 7% ont percé le péricarpe (Fig. 81B)

Tandis que la germination des glands traités à fortes doses est beaucoup moins importante que celle d'une faible dose dont 33,33% des glands ont présenté un germe supérieur à 5mm pour la première semaine. Ces glands ont suivi un rythme de germination ralenti auquel 44,44 % arrivent au terme de la germination accompagnés de 29% ayant un germe inférieur à 5 mm (Fig. 81C).

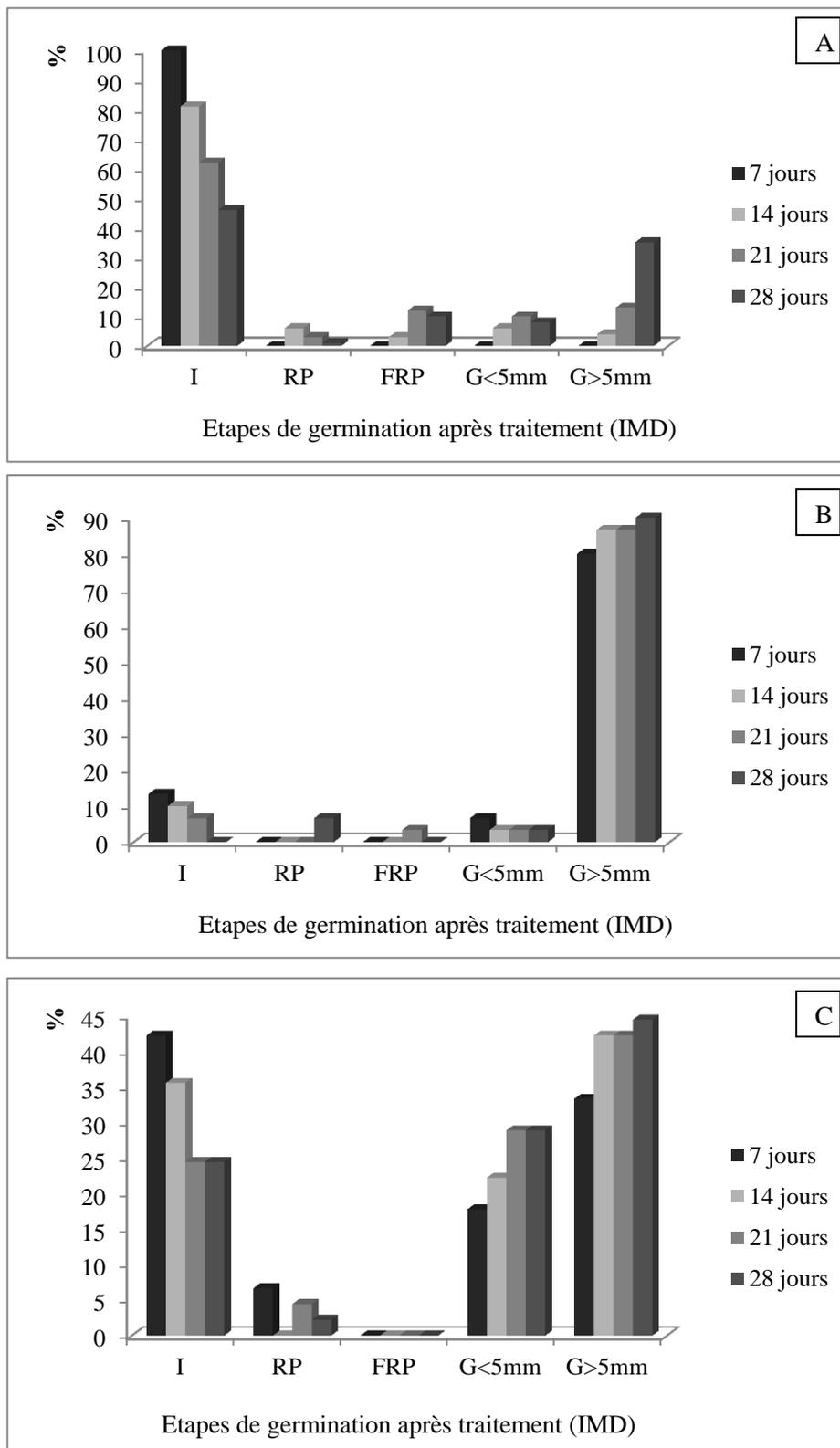


Figure 81: Différentes étapes de germination des glands après 4 semaines de traitement par l'imidaclopride (IMD): témoin (A), faible dose (B) et fortes doses (C)

3.4 Inventaire des Coléoptères bio- indicateurs de la qualité des subéraies

Au niveau des forêts du chêne-liège, se caractérise une biodiversité importante des Coléoptères qui présentent l'ordre le plus abondant, ces derniers sont d'excellents bio-indicateurs de la qualité des forêts. Cette étude tient d'avantage une liste des Coléoptères récoltés dans les trois subéraies étudiées, c'est un simple constat de présence absence qui en fonction du nombre d'espèces rencontrées et leur régime alimentaire nous pouvons sélectionner d'une manière général les espèces bio-indicatrices, en conséquence nous pouvons distinguer les Coléoptères saproxyliques qui sont liées au cycle de dégradation du bois et qui sont le strict reflet de l'état de santé d'une forêt, bien que cet inventaire est incomplet et ne donne qu'une première liste mais il nous attribue un autre axe sur la situation sanitaire de ces forêts, également il complète les résultats de tous les relevés réalisés.

Sur l'ensemble des espèces de Coléoptères recensés dans les trois subéraies, nous avons remarqué une richesse spécifique liée à un nombre de famille importante dans les subéraies de Seraidi suivie par les subéraies d'El-Kala et en dernier les subéraies de Souk-Ahras (Fig. 83).

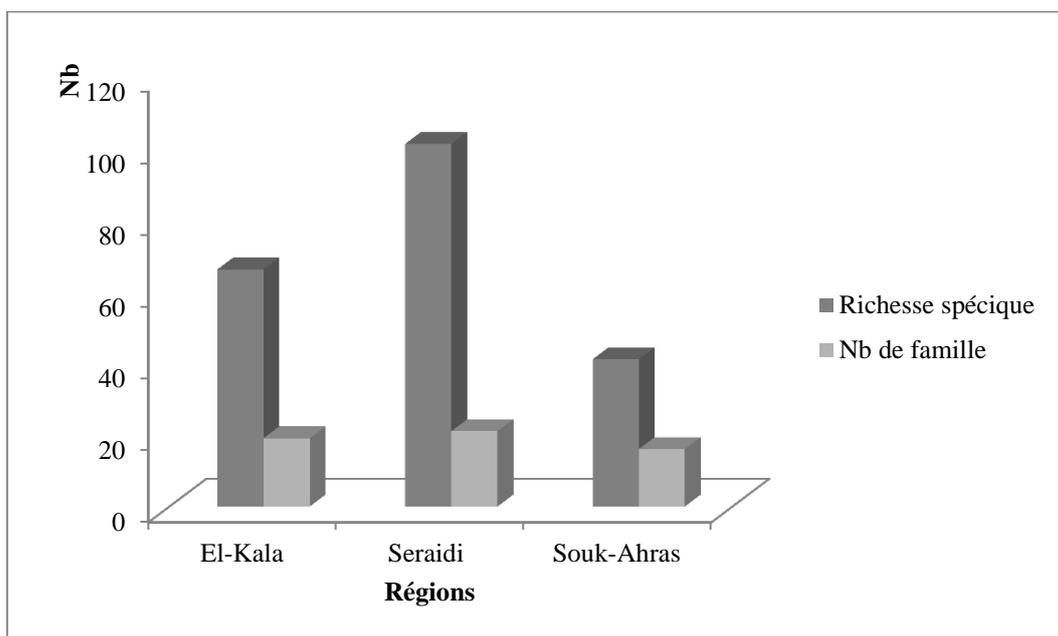


Figure. 83: La répartition de la richesse spécifique et les familles de Coléoptères entre les subéraies étudiées

3.4.1 Répartition taxonomique des Coléoptères inventoriés dans les subéraies d'El-Kala

Les différents dispositifs mis en œuvre durant l'inventaire des Coléoptères dans les subéraies d'El-kala, nous ont livré une liste de 66 espèces appartenant à 19 familles de Coléoptères (Scarabidae, Geotrupidae, Lucanidae, Carabidae, Curculionidae, Curculionidae, Meloidae, Elatridae, Cerambycidae, Cleridae, Coccinellidae, Chrysomelidae, Staphylinidae, Histeridae, Cantharidae Cantharidae, Oedemeridae, Buprestidae, Aphodiidae Ptinidae Tenebrionidae) (Tab. 28).

Tableau. 28: Liste des espèces de Coléoptères recensées dans les subéraies d'El-Kala

Famille	Genre	espèce	Auteur
Scarabidae	<i>Tropinota</i>	<i>hirta</i>	Poda, 1761
	<i>Aphodius</i>	<i>erraticus</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Oxythyrea</i>	<i>funesta</i>	Poda, 1761
	<i>Protaetia</i>	<i>morio</i>	Fabricius, 1781
	<i>Protaetia</i>	<i>oblonga</i>	Gory et Bucheron, 1833
	<i>Protaetia</i>	<i>opaca</i>	Fabricius, 1987
	<i>Oryctes</i>	<i>nasicornis</i>	Linnaeus, 1764
	<i>Scarbaeus</i>	<i>sacer</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Gymnopleurus</i>	<i>geoffroyi</i>	Fuessly, 1775
	<i>Sisyphus</i>	<i>schaefferi</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Anoxia</i>	<i>villosa</i>	Fabricius, 1781
	<i>Bubas</i>	<i>bubalus</i>	Dejean et Olivier, 1811
	<i>Onthophagus</i>	<i>amyntas</i>	Olivier, 1789
	<i>Onthophagus</i>	<i>sp</i>	/
<i>Euoniticellus</i>	<i>fulvus</i>	Goeze, 1977	
Geotrupidae	<i>Trypocopris</i>	<i>vernalis</i>	Linnaeus, 1758
Lucanidae	<i>Dorcus</i>	<i>parallelipipedus</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Dorcus</i>	<i>musimon</i>	Gene, 1836
	<i>Sinodendron</i>	<i>cylindricum</i>	Linnaeus, 1758
Carabidae	<i>Nebria</i>	<i>andalusia</i>	Rambur, 1837
	<i>Carabus</i>	<i>sp</i>	/
	<i>Siagona</i>	<i>sp</i>	/
	<i>Diachromus</i>	<i>germanus</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Cymindis</i>	<i>melanocephala</i>	Dejean, 1825
	<i>Synuchus</i>	<i>vivalis</i>	Illiger, 1798
	<i>Bembidion</i>	<i>lampros</i>	Herbst, 1784
<i>Aptinus</i>	<i>alpinus</i>	Dejean &Boisduval,	

			1829
	<i>Cicindela</i>	<i>flexuosa</i>	Fabrcius, 1787
	<i>Pterostichus</i>	<i>oblongopunctatus</i>	Fabrcius, 1787
Curculionidae	<i>Brachycerus</i>	<i>muricatus</i>	Olivier, 1790
	<i>Brachysomus</i>	<i>echimatus</i>	
	<i>Donus</i>	<i>salivae</i>	Schrank, 1785
	<i>Mecinus</i>	<i>janthinus</i>	Marsham, 1802
	<i>Rhabdorhynchus</i>	<i>cynoglossi</i>	Faust, 1904
Meloidae	<i>Mylabris</i>	<i>variabilis</i>	Pallas, 1781
Elatridae	<i>Ampedus</i>	<i>nigerrimus</i>	Boisduval & Lacordaire 1835
Cerambycidae	<i>Ergates</i>	<i>faber</i>	Chevrolat, 1854
	<i>Aegomorphus</i>	<i>clavipes</i>	Mulsant, 1839
Cleridae	<i>En cours d'identification</i>		/
Coccinellidae	<i>Coccinella</i>	<i>septempunctata</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Adalia</i>	<i>decempunctata</i>	Linnaeus, 1758
Chrysomelidae	<i>Chrysomela</i>	<i>populi</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Lachnais</i>	<i>tristigma</i>	Lacordaire, 1848
	<i>Luperus</i>	<i>nigripes</i>	Kiessenwetter, 1861
	<i>Dicladispa</i>	<i>testacea</i>	Linnaeus, 1767
	<i>Plagivolera</i>	<i>versicolor</i>	
	<i>Labidostomis</i>	<i>taxicornis</i>	Fabricius, 1792
	<i>Melasoma</i>	<i>populi</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Oulema</i>	<i>melanopus</i>	Linnaeus, 1758
Staphylinidae	<i>Ocypus</i>	<i>sp</i>	/
Histeridae	<i>Hister</i>	<i>sp</i>	/
Cantharidae	<i>Rhagonycha</i>	<i>lignosa</i>	Müller, 1764
	<i>Cantharis</i>	<i>lateralis</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Malthodes</i>	<i>rubricollis</i>	Baudi, 1859
Oedemeridae	<i>Oedemera</i>	<i>femorata</i>	Scopoli, 1763
	<i>Oedemera</i>	<i>lurida</i>	Marsham, 1802
Buprestidae	<i>Capnodis</i>	<i>tenebrionis</i>	Linnaeus, 1758
Aphodiidae	<i>En cours d'identification</i>		/
Ptinidae	<i>En cours d'identification</i>		/
Tenebrionidae	<i>Opatrum</i>	<i>sp</i>	/
	<i>Scaurus</i>	<i>striatus</i>	Fabricius, 1792
	<i>Philan</i>	<i>gibbus</i>	Fabricius, 1775
	<i>Asida</i>	<i>sp</i>	/
	<i>Eledona</i>	<i>Agricola</i>	Herbst, 1783

	<i>Lagria</i>	<i>atripes</i>	Mulsant et Guillebeau, 1855
	<i>Machlasida</i>	<i>sp</i>	/
	<i>Pimelia</i>	<i>bipunctata</i>	Fabricius, 1781
	<i>Biophanes</i>	<i>sp</i>	/

Dans cet inventaire certaines familles sont mieux représentées que d'autres, la famille des Scarabidae représente le taux le plus élevé avec 23%, suivie par les Tenebrionidae avec 14% et enfin nous avons trouvé deux familles qui présentent le même nombre d'espèces les carabidae et les chrysomelidae avec un taux de 12%, par contre les autres familles indiquent un faible taux de 2% à 5% (Fig. 84).

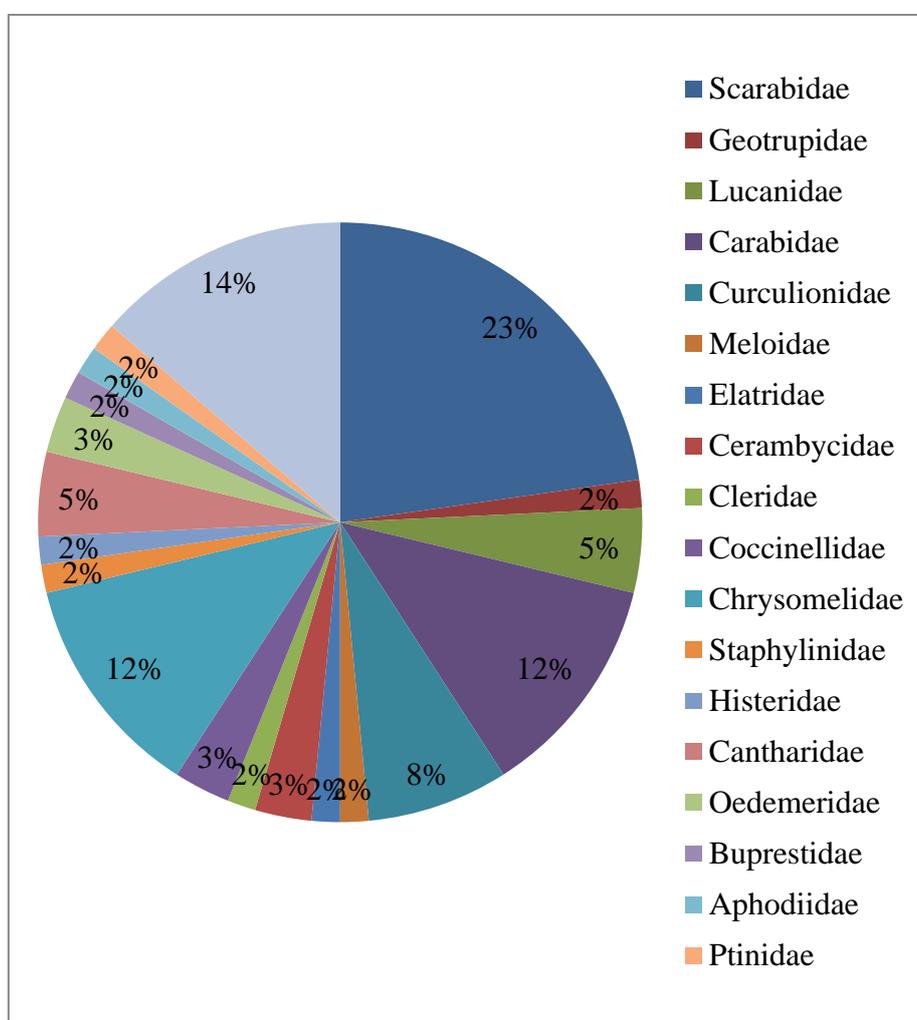


Figure. 84: Taux des différentes familles de Coléoptères recensés dans les subéras d'El-Kala

3.4.2 Répartition taxonomique des Coléoptères inventoriés dans les subéraies de Seraidi

Nous avons également mis en relief un nombre important des espèces de Coléoptères (101 espèces) inventoriés dans les subéraies de Seraidi, ces derniers sont réparties entre 21 familles (Anobiidae Bostrichoidae, Anobiidae Bostrichoidae Carabidae Cantharidae Cassidae Chrysomelidae Cleridae Dasytidae, Coccinellidae, Cucujoidae, Curculionidae, Dytiscidae, Elateridae, Histeridae, Hydrophilidae, Melandryidae, Meloidae, Lucanidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Tenebrionidae) (Tab. 29).

Tableau. 29: Liste des espèces de Coléoptères recensées dans les subéraies de Seraidi

Familles	Genre	Espèce	Auteur
Anobiidae	<i>Ptinus</i>	<i>fur</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Byrrhus</i>	<i>pustulatus</i>	Forster, 1771
Bostrichidae	<i>anthrenus</i>	<i>verbasci</i>	Linnaeus, 1767
	<i>Attagenus</i>	<i>pellio</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Dermestes</i>	<i>lanarius</i>	Linnaeus, 1767
Carabidae	<i>Acupalpus</i>	<i>maculatus</i>	Schaum, 1860
	<i>Anchus</i>	<i>ruficornis</i>	Goeze, 1777
	<i>Carabus</i>	<i>granulatus</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Calathus</i>	<i>micropterus</i>	Duftschnid, 1812
	<i>Perigona</i>	<i>nigriceps</i>	Dejean, 1831
	<i>Microlestes</i>	<i>minutulus</i>	Schmidt-Goebel, 1846
	<i>Leistus</i>	<i>spinibarbis</i>	Fabricius, 1775
	<i>Leistus</i>	<i>nitidus</i>	Duftschnid, 1812
	<i>Notiophilus</i>	<i>biguttatus</i>	Fabricius, 1779
	<i>Platynus</i>	<i>assimilis</i>	Paykull, 1790
	<i>Trechus</i>	<i>obtinus</i>	\
	<i>Pterostichus</i>	<i>lasserei funestes</i>	Csiki, 1930
	<i>Zabrus</i>	<i>tenebrioides</i>	Goeze, 1777
	<i>Carabus</i>	<i>piceus</i>	Villa, 1838
	<i>Carinatus</i>	<i>charpentier</i>	Illiger, 1798
	<i>Aptinus</i>	<i>alpinus</i>	Dejean et Boisduval 1829
	<i>Perigona</i>	<i>nigriceps</i>	Dejean, 1831
	<i>Carabus</i>	<i>macilentus</i>	Lapouge 1899
	<i>Synuchus</i>	<i>vivalis</i>	Illiger 1798
	<i>Bembidion</i>	<i>alpicola</i>	Jeannel, 1941
<i>Carabus</i>	<i>amplipennis</i>	Lapouge, 1924	
<i>Harpalus</i>	<i>attenuatus</i>	Stephens, 1828	
Cantharidae	<i>Cantharis</i>	<i>fusca</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Rhagonycha</i>	<i>lignosa</i>	Muller, 1764
Cassidae	<i>Sp1</i>		/

Chrysomelidae	<i>Oulema</i>	<i>melanopus</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Sp2</i>		/
	<i>Hispa</i>	<i>atra</i>	Linnaeus, 1767
	<i>Asiolestia</i>	<i>melanopus</i>	Jacobson, 1925
	<i>Sp3</i>		/
Malachiidae	<i>Axinotarsus</i>	<i>pulicarius</i>	Fabricius, 1775
	<i>Charopus</i>	<i>pallipes</i>	Olivier, 1790
Cleridae	<i>Korynetes</i>	<i>caeruleus</i>	De Geer, 1775
Dasytidae	<i>Dasytes</i>	<i>cyaneus</i>	De Geer, 1774
Coccinellidae	<i>Coccinella</i>	<i>septempunctata</i>	Linne, 1758
Cucujidae	<i>Cryptophilus</i>	<i>sp</i>	\
	<i>Diplocoelus</i>	<i>fagi</i>	Guérin-Ménéville, 1838
	<i>Biphyllus</i>	<i>frater</i>	Aubé, 1850
	<i>SP 4</i>		\
	<i>SP 5</i>		\
	<i>SP 6</i>		\
	<i>Cryptarcha</i>	<i>strigata</i>	Fabricius, 1787
	<i>Epuraea</i>	<i>unicolor</i>	Olivier, 1790
	<i>Soronia</i>	<i>grisea</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Epuraea</i>	<i>silacea</i>	Herbes, 1783
	<i>Oryzaeophilus</i>	<i>surinamensis</i>	Linnaeus, 1758
Curculionidae	<i>Gronops</i>	<i>lunatus</i>	Fabricius, 1775
	<i>Polydrusus</i>	<i>cervinus</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Polydrusus</i>	<i>sp</i>	\
	<i>Barypeithes</i>	<i>araneiformis</i>	Schrank, 1781
	<i>Otiorhynchus</i>	<i>ligustici</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Otiorhynchus</i>	<i>nigrinus</i>	F. Solari, 1947
Dytiscidae	<i>Agabus</i>	<i>solieri</i>	Aubé, 1837
	<i>Agabus</i>	<i>biguttatus</i>	Oliver, 1795
Elateridae	<i>Trixagus</i>	<i>dermestoides</i>	Linnaeus, 1767
	<i>Cidnopus</i>	<i>pilosus</i>	Leske, 1785
	<i>Margarinotus</i>	<i>bipustulatus</i>	Schrank, 1781
Histeridae	<i>Sp7</i>		/
Hydrophilidae	<i>Sp8</i>		/
Melandryidae	<i>Sp9</i>		/
	<i>Orchesia</i>	<i>micans</i>	Panzer, 1794
Meloidae	<i>Sp10</i>		/
Lucanidae	<i>Dorcus</i>	<i>parallelipipedus</i>	Linnaeus, 1785
Scarabaeidae	<i>Aphodius</i>	<i>fimetarius</i>	Linnaeus, 1759
	<i>Copris</i>	<i>hispanus</i>	Linnaeus, 1764
	<i>Copris</i>	<i>lunaris</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Gymnopleurus</i>	<i>geoffroyi</i>	Fuessly, 1775

	<i>Onthophagus</i>	<i>furcatus</i>	Fabricius, 1781
	<i>Trox</i>	<i>scaber</i>	Linnaeus, 1767
	<i>Trox</i>	<i>perlatus</i>	Goeze, 1777
	<i>Trypocopris</i>	<i>vernalis</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Trypocopris</i>	<i>pyrenaeus</i>	Charpentier, 1825
	<i>Amphimallon</i>	<i>sp</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Eupotosia</i>	<i>mirifica</i>	Mulsant, 1842
	<i>Tropinota</i>	<i>hirta</i>	Poda, 1761
	<i>Aphodius</i>	<i>rufipes</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Sp11</i>		/
Staphylinidae	<i>Philonthus</i>	<i>laminatus</i>	Creutzer, 1799
	<i>Sp12</i>		
	<i>Quedius</i>	<i>lateralis</i>	Gravenhorst, 1802
	<i>Quedius</i>	<i>obscuripennis</i>	Bernhauer, 1900
	<i>Philonthus</i>	<i>nitidus</i>	Fabricius, 1787
	<i>Xantholinus</i>	<i>sp</i>	Karny, 1910
	<i>Dinaraea</i>	<i>angustula</i>	Gyllenhal, 1810
	<i>Ocalea</i>	<i>picata</i>	Stephens, 1832
	<i>Philonthus</i>	<i>succicola</i>	Thomson, 1860
	<i>Habrocerus</i>	<i>sp</i>	/
Tenebrionidae	<i>SP 13</i>		/
	<i>Tribolium</i>	<i>castaneum</i>	Herbst, 1797
	<i>Dichillus</i>	<i>minutus</i>	Solier, 1838
	<i>Pimelia</i>	<i>bipunctata</i>	Fabricius, 1781
	<i>Tentyria</i>	<i>sp</i>	Latreille, 1802
	<i>Bitoma</i>	<i>crenata</i>	Fabricius, 1775
	<i>Sp14</i>		/

Sur le total de 21 familles qui existent dans notre inventaire nous avons mentionné 4 familles qui sont les mieux représentées par le nombre d'espèces, nous avons les Carabidae avec un taux de 22%, suivie par les Scarabidae à 16%, cependant les Cucujoidae et staphylinidae indiquent un taux de 11% et 10% respectivement (Fig. 85).

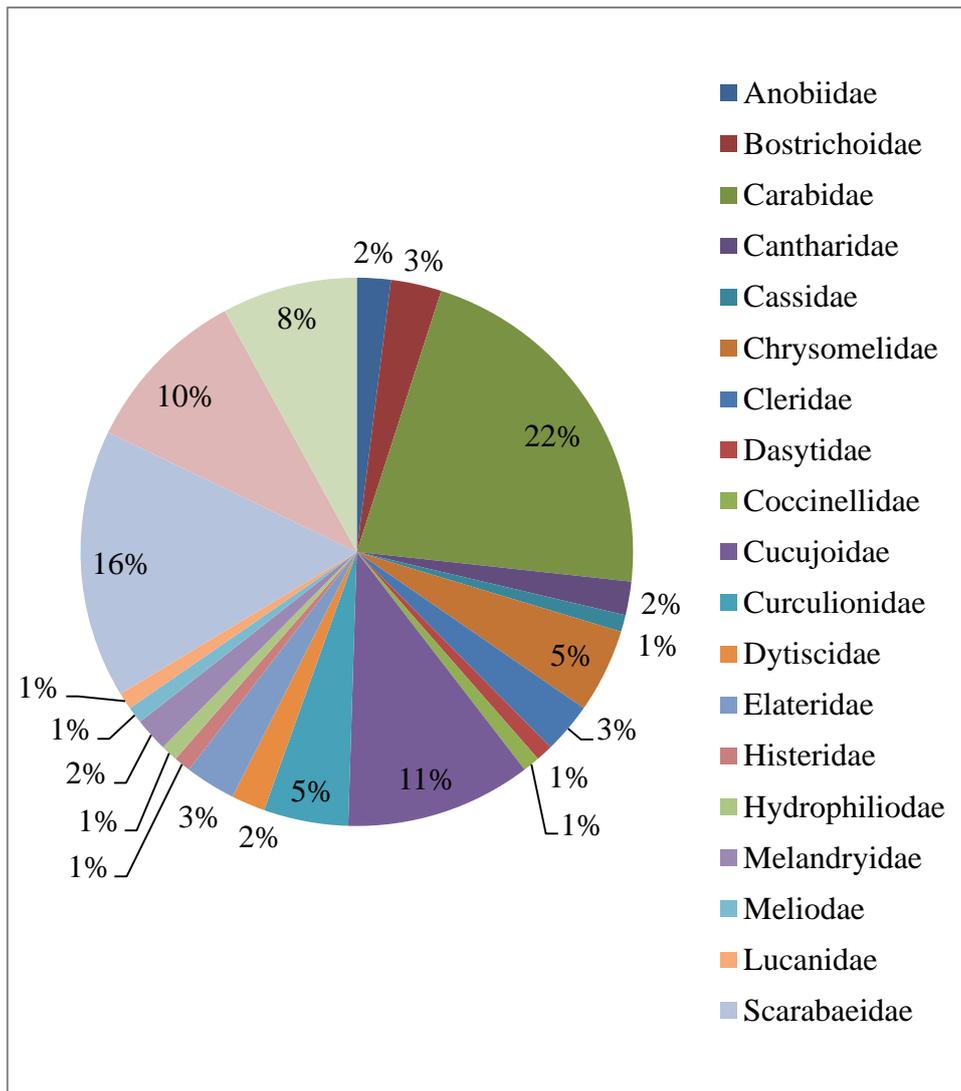


Figure. 85: Taux des différentes familles de Coléoptères recensés dans les subéraies de Seraidi.

3.4.3 Répartition taxonomique des Coléoptères inventoriés dans les subéraies de Souk-Ahras

Le nombre des espèces représentées dans le tableau (30) correspond aux 41 espèces dispersées entre 16 familles (Scarabaeidae Carabidae Curculionidae Tenebrionidae Elatridae Silvanidae Corticaridae Cerambycidae Cleridae Coccinellidae Chrysomelidae Staphylinidae Nitidulidae Malachiidae Histeridae Ptinidae) (Tab. 30).

Tableau. 30: Liste des espèces de Coléoptères recensées dans les subéraies de Souk Ahras

Familles	Genre	Espèce	Auteur	
Scarabeidae	<i>Ceramida</i>	<i>luctuosa</i>	\	
	<i>Cetonia</i>	<i>aurata</i>	\	
	<i>Tropinota</i>	<i>hirta</i>	Poda, 1761	
	<i>Aphodius</i>	<i>erraticus</i>	Linnaeus, 1758	
Carabidae	<i>Nebria</i>	<i>andalusia</i>	Rambur, 1837	
	<i>Amara</i>	<i>sp</i>	Duftschnid, 1812	
	<i>Brachinus</i>	<i>sp</i>	Duftschnid, 1812	
	<i>Carabus</i>	<i>cancellatus</i>	\	
	<i>Harpalus</i>	<i>luteicornis</i>	Duftschnid, 1812	
	<i>Harpalus</i>	<i>serripes</i>	Reitter, 1900	
	<i>Carabus</i>	<i>sp</i>	\	
	<i>Clivina</i>	<i>fossor</i>	Linnaeus, 1758	
	<i>Calosoma</i>	<i>sp</i>	Fabricius, 1792	
	Curculionidae	<i>Otiorhynchus</i>	<i>sp</i>	\
<i>Otiorhynchus</i>		<i>rugifron</i>	Gyllenhal, 1813	
<i>Barypeithes</i>		<i>sp</i>	\	
<i>Barypeithes</i>		<i>araneiformis</i>	Schrank, 1781	
<i>Identification en cours</i>				
<i>Notaris</i>		<i>sp</i>	\	
<i>Polydrusus</i>		<i>sp</i>	\	
<i>Phyllobius</i>		<i>sp</i>	\	
<i>Deporaus</i>		<i>betulae</i>	Linnaeus, 1758	
<i>Brachycerus</i>		<i>muricatus</i>	Olivier, 1790	
Tenebrionidae	<i>Opatrum</i>	<i>sp</i>	\	
	<i>Lagria</i>	<i>villosa</i>	Fabricius, 1781	
Elatridae	<i>Identification en cours</i>			
Silvanidae	<i>Silvanus</i>	<i>unidentatus</i>	Olivier, 1790	
Corticaridae	<i>Stephostethus</i>	<i>sp</i>	\	
<i>Identification en cours</i>				
Cerambycidae	<i>Plagionotus</i>	<i>arcuatus</i>	Linnaeus, 1758	
Cleridae	<i>Tillus</i>	<i>elongatus</i>	Linnaeus, 1758	
Coccinellidae	<i>Coccinella</i>	<i>septempunctat</i>	Linnaeus 1758	
Chrysomelidae	<i>Dlochrysa</i>	<i>fastuosa</i>	\	
	<i>Lachnaia</i>	<i>sp</i>		
Staphylinidae	<i>Ocypus</i>	<i>sp</i>	\	
	<i>Ocalea</i>	<i>picata</i>	Stephens, 1832	
	<i>Philonthus</i>	<i>nitidus</i>	Fabricius, 1787	
Nitidulidae	<i>Soronia</i>	<i>grisea</i>	Linnaeus, 1758	
Malachiidae	<i>Axinotarsus</i>	<i>pulicarius</i>	Fabricius, 1776	
Histeridae	<i>Hister</i>	<i>sp</i>	\	
Ptinidae	<i>Identification en cours</i>			

Selon la figure ci-dessous, les familles les plus représentatives sont les Curculionidae avec un taux de 24%, ensuite en deuxième position nous avons eu les Carabidae à 22%, la troisième position est occupée par deux familles les Scarabidae et les Staphylinidae avec le même taux de 10% (Fig. 86).

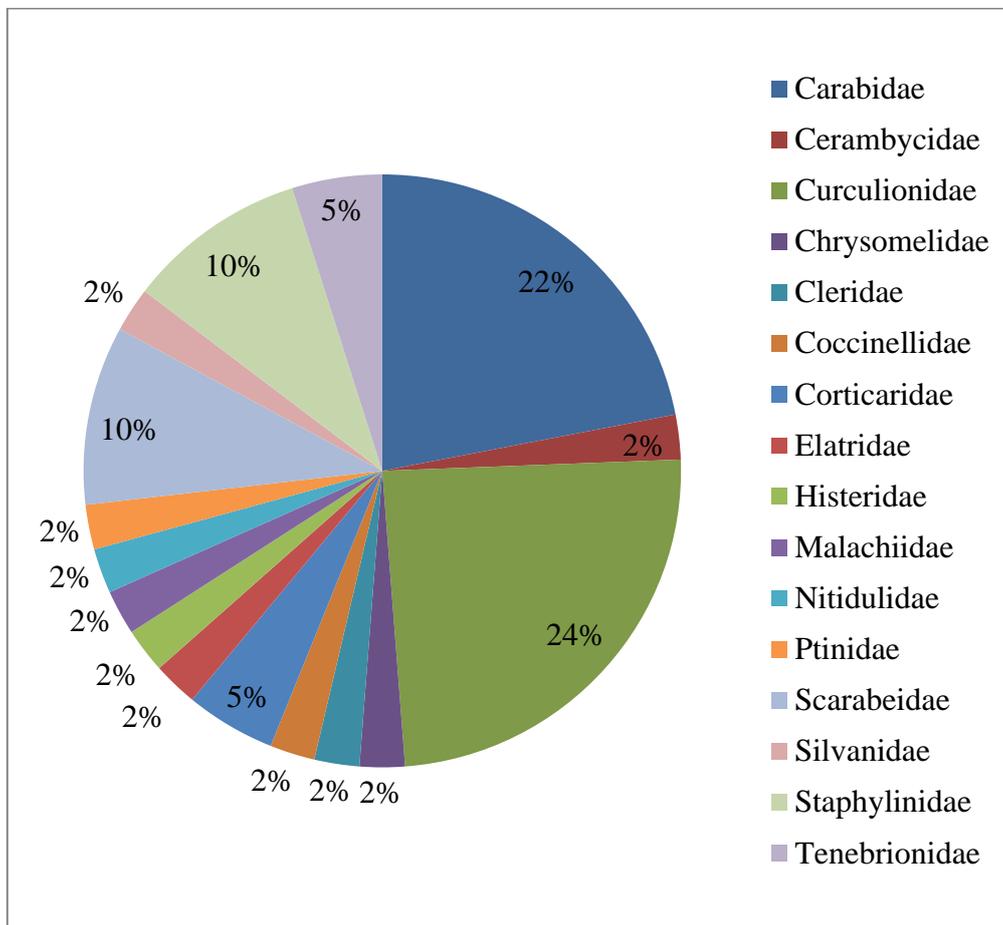


Figure. 86: Taux des différentes familles de Coléoptères recensés dans les subéraies de Souk-Ahras

3.4.4 Les régimes trophiques des Coléoptères

3.4.4.1 Les Coléoptères saproxyliques bio-indicateurs inventoriés dans les subéraies étudiées

Sur les différentes subéraies inventoriées, ce tableau permet d'avoir une idée des divers types de régimes alimentaires qui sont à l'ordre de 8 et qui impliquent les espèces bioindicatrices, ces résultats font ressortir les Coléoptères saproxyliques responsable dans la dégradation du bois qui sont figurés en vert, signalés par les prédateurs et les saproxylophages qui sont présent dans tous les subéraies, ensuite on a les xylophages et les mécytophages inventoriés seulement dans les subéraies de Seraidi, tandis que les polyphages

sont présent dans les subéraies de Souk-Ahras. Nous avons également mis en relief les Coléoptères qui sont directement liées par leur régime coprophage à la présence d'un pâturage, on trouve aussi les phytophages qui attaquent les différents parties des végétaux et les décomposeurs de la matière organique qui sont les détritivores (Tableau. 31).

Tableau.31: Localisation des Coléoptères saproxyliques des subéraies étudiées selon leurs régimes alimentaires (+ présence ; - absence)

	El-Kala	Seraidi	Souk-Ahras
Prédateurs	+	+	+
Phytophages	+	+	+
Coprophages	+	+	+
Détritivore	+	+	-
Xylophages	-	+	-
Mécycophages	-	+	-
Saproxylophage	+	+	+
Polyphages	-	-	+

3.4.4.2 Répartition des régimes alimentaire des Coléoptères inventoriés dans les subéraies étudiées

L'inventaire des coléoptères des subéraies d'El-Kala nous a conduit à établir une liste des régimes alimentaire suivit par ces espèces, ceci nous a révélé la présence des phytophages avec un taux élevé de 39,40%, suivie par les prédateurs avec 28,80%, concernant les coprophages leur taux est de 15,15%, par contre on note que 7,57% des espèces qui dévoilent la présence des détritivore ainsi que les saproxylophages (Fig. 87A).

La figure ci-dessous (87B) récapitule 7 types des régimes trophiques des Coléoptères récoltés dans les subéraies de Seraidi, parmi ces derniers on trouve les détritivores à 6%, les coprophages 16,24%, phytophages 11,96%, nécrophages 12,82%, Mécycophages 7,7%, xylophages 8,55% et prédateurs 36,75%, ces trois dernières catégories appartiennent au Coléoptères saproxyliques duquel ils atteints 52,95%, Nous considérons cela comme un indice du bon état des subéraies vue que ces espèces participent dans la dégradation du bois mort.

Concernant les subéraies de Souk-Ahras, les Coléoptères recensés présentent cinq groupes trophique, il s'agit principalement des prédateurs qui présentent le taux le plus élevé 43,60% suivie par les phytophages avec 41,02%, par contre les trois groupes qui restent les Coprophages, les polyphages et les saproxylophages indiquent un très faible taux de 5,13% (Figs. 87C).

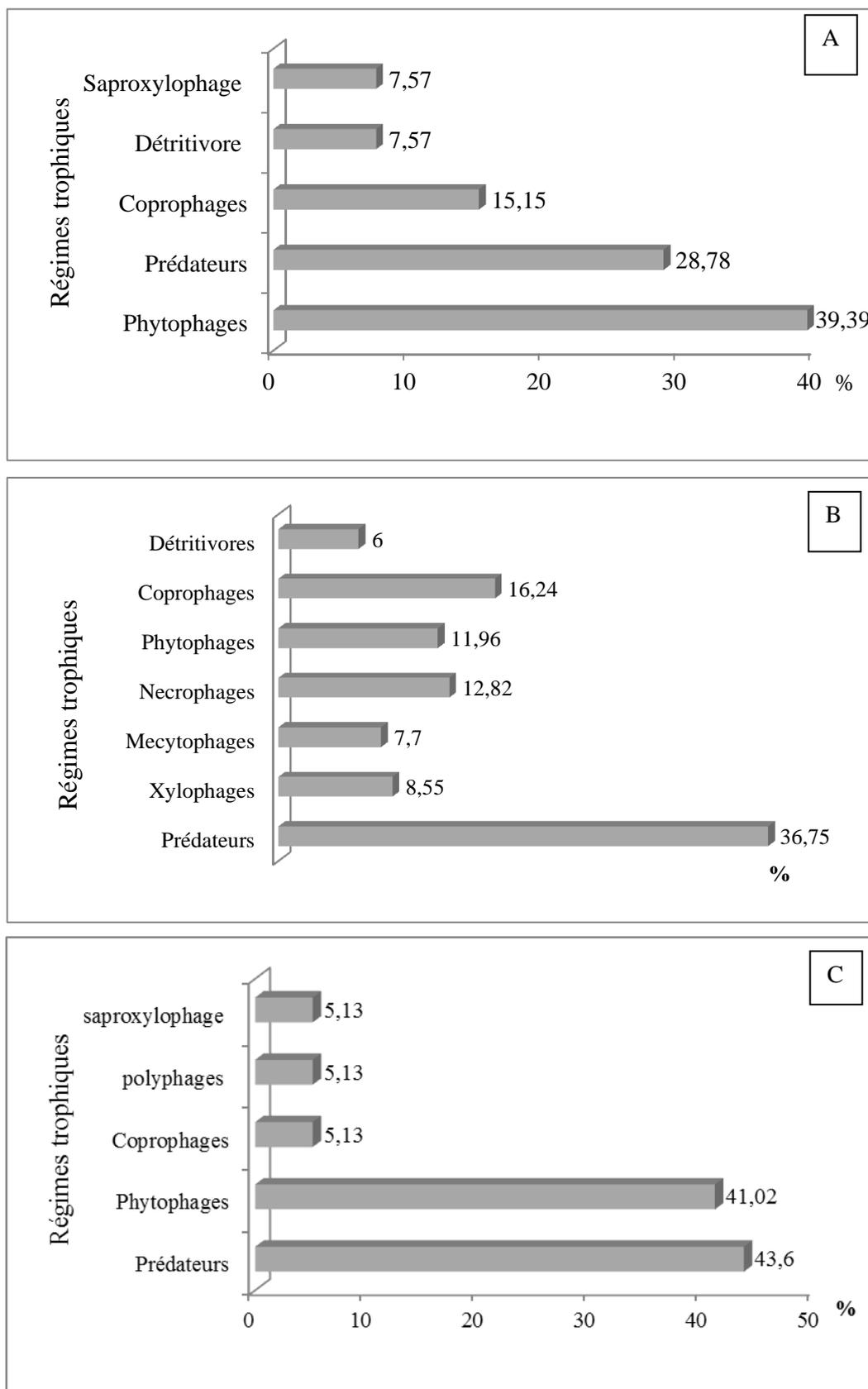


Figure. 86: Répartition des régimes trophiques des Coléoptères récoltés dans les subéraies d' El-Kala (A), Seraidi (B), Souk-Ahras (C)

4. Discussion

La biodiversité des forêts dégradées peut souvent être efficacement restaurée si les facteurs qui ont causé la dégradation sont efficacement contrôlés. (Dajoz, 1998)

Le « déclin », le « dépérissement », voire la « mort de la forêt », constituent des thèmes graves qui, depuis quelques années, préoccupent au plus haut point chercheurs et responsables forestiers. Malgré des études fort nombreuses, dont la synthèse devient de plus en plus complexe à mener. Devant la multitude des hypothèses avancées, dont aucune ne s'avère jusqu'ici pleinement satisfaisante, il est de plus en plus tentant de parler de « complexe de causes », dont la nature précise pourrait varier selon les régions, les époques et les espèces concernées (Becker et *al*, 1987).

Les causes du dépérissement du chêne-liège sont multiples et interactives. Elles sont très mal connues. Cette question a fait l'objet de divers projets de recherche ponctuels et de court terme, qui n'ont pas produit les résultats escomptés en matière de connaissance des causes de mortalité anormale (Varela, 2008).

Le dépérissement du chêne-liège est un phénomène général et préoccupant dans la plupart des pays méditerranéens. Il est difficile d'expliquer de manière satisfaisante l'origine exacte et les causes spécifiques du phénomène. En effet, le déclin du chêne-liège est un processus graduel faisant intervenir plusieurs facteurs de façon séquentielle ou simultanée entraînant, directement ou indirectement, une diminution progressive de la vigueur des arbres. (Benjamaa, 2011).

En cas de dépérissement, c'est au niveau du houppier que se traduisent, en général, le plus rapidement des symptômes. Si, classiquement, une diminution de la taille des feuilles ou une altération de couleur du limbe sont observées, ces phénomènes ne sont cependant pas suffisamment spécifiques d'un dépérissement pour être retenus comme seuls critères d'appréciation. Par contre, la modification progressive de l'architecture du houppier et, consécutivement, la réduction de la masse foliaire sont des processus importants (Nageleisen, 1993).

Selon Nageleisen (2005), un dépérissement se traduit pour l'arbre par une perte de vitalité et des mortalités d'organes pérennes. On observe alors un éclaircissement du houppier, conséquence d'une réduction de la masse foliaire.

Le déficit foliaire, principal critère de suivi des dépérissements retenu en Europe mais difficile à estimer objectivement, très intégrateur des multiples facteurs qui agissent sur la

physiologie de l'arbre et le principal critère retenu sur les réseaux permanents de suivi des dommages forestiers à l'échelle européenne pour caractériser l'état sanitaire des arbres (Dobbertin, 2005).

La perte foliaire et la décoloration des feuilles sont deux symptômes qui peuvent intervenir à la suite de facteurs divers souvent difficiles à identifier. En effet, la défoliation est un critère intégrateur qui reflète l'influence des conditions stationnelles (sol, historique du site, etc.), des caractéristiques individuelles (âge, provenance), des fluctuations climatiques (sécheresse), des facteurs de stress (champignons, insectes), des facteurs anthropiques (exploitation, coupes, etc.). En revanche, il faut garder à l'esprit que la défoliation est un bon indicateur reflétant la perte de vitalité mais il ne permet pas à lui seul de mettre en évidence l'ensemble des facteurs affectant la santé de l'arbre (Delente, 2013)

L'évaluation de la perte éventuelle des feuilles des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala durant les 7 années d'étude (2005-2011) passe progressivement d'une faible à une forte défoliation, ceci indique que les indices de dépérissement calculés d'après les classes de la défoliation sont en nette progression avec une légère fluctuation entre les classes qui arrive à une valeur élevée de 2,9 indiquant un dépérissement grave, d'autre part nous avons enregistré la mortalité de certains arbres. Contrairement aux autres régions, dans les subéraies de Seraidi le déficit foliaire détient une faible défoliation des arbres étudiés alors ceci révèle un début de dépérissement. En ce qui concerne les subéraies de Souk-Ahras au cours de la période d'étude les sujets étudiés sont sains. Par ailleurs l'observation de la décoloration demeure en fluctuation dans les subéraies d'El-kala, tandis que les autres subéraies témoignent un feuillage d'une couleur vert lustré touché par une légère décoloration.

Selon Ruiu (2005) a trouvé que le déficit de précipitation est le plus élevé dans les forêts de Sardaigne, l'indice de dépérissement est généralement fort, ce qui confirme le rôle important joué dans ce contexte par la durée des périodes de sécheresse. Les arbres soumis à des conditions de stress hydrique sont plus sujets aux infections des parasites fongiques de faiblesse qui contribuent activement à accélérer leur déclin végétatif (Sechi et al., 2002b).

D'après Delente (2013), l'étude du dépérissement dans les forêts de Bruxelles indique que la défoliation moyenne des chênes, chênes sessiles (*Quercus petraea*) et chênes pédoncules (*Quercus robur L.*) à tendance à diminuer car celle-ci est passée de 28% à 30% de 2009 à 2010 et de 26% à 24% puis 21% de 2011 à 2013. Ainsi la défoliation moyenne des hêtres (*Fagus sylvatica L.*) diminue aussi de 37% à 27% de 2009 à 2010 et de 29% à 22% de 2011 à 2012 pour atteindre 27% en 2013 (Delente, 2013).

Selon le même auteur, la corrélation entre la défoliation et la décoloration, révèle que la défoliation moyenne n'est pas significativement différente selon les classes de décoloration.

Selon Laurent et Lecomte (2006) dans la région de Wallonie en Belgique la hausse de défoliation des principaux feuillus s'explique par une succession défavorable, essentiellement pour le hêtre et dans une mesure moindre pour les chênes. Des fluctuations similaires ont été observées dans les pays voisins.

Cette aggravation de la défoliation intervenue en une année 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).

La réduction de la biomasse foliaire peut être considérée comme un mécanisme de régulation transitoire et non comme un mécanisme de dépérissement lorsque cette diminution est réversible. Notons toutefois une exception, celle du rabotage de cime qui est un processus de réversibilité « apparente » puisqu'il ne reflète pas un regain de vitalité (Delente, 2013).

D'autre part, selon Delatour (1990) précise cette notion: « Il est donc clair que dépérissement est un terme de symptomatologie, c'est-à-dire qu'il caractérise un ensemble d'anomalies perceptibles à l'œil sur le terrain. Ces anomalies correspondent à l'idée que l'on se fait d'une détérioration globale de la santé de l'arbre : réduction de la qualité et de la quantité du feuillage ou des pousses, mais surtout mortalité d'organes existants (rameaux en particulier). Le terme inclut aussi une certaine idée d'évolution dans le temps qui traduit le fait que l'issue naturelle pour l'arbre dépérissant est jugée problématique, mais pas obligatoirement fatale.

Les agents responsables du dépérissement et de la mort des arbres, actuellement observés (Sousa et *al.*, 2007) sont les mêmes que ceux décrits par Natividade en 1950. Aucun agent pathogène nouveau n'a été décelé, aussi bien en ce qui concerne les champignons que les insectes ravageurs. Ce que l'on constate, c'est que les arbres ne sont plus capables de répondre aux attaques comme auparavant.

Ce dépérissement peut se prolonger sur deux, voire trois saisons de végétation avant la mort. Il y a dans ce domaine une forte variation individuelle (Durand et *al.*, 1983)

Face à la complexité du dépérissement du chêne, les scientifiques évoquent le scénario conjugué de trois séries de facteurs responsables : les facteurs prédisposant, agissent de façon durable et pérenne sur le peuplement, les facteurs déclenchant abiotiques ou biotiques,

agissent sur une courte durée, et les facteurs aggravants, interviennent sur des arbres préalablement affaiblis et conduisent souvent à une issue fatale (Delatour, 1983 et 1990; Andre et Laudelout, 1992; Malaisse et *al.*, 1993).

Selon Manion (1981), l'ensemble des facteurs impliqués et des manifestations visibles constitue un syndrome. Lorsque les recherches montrent qu'en réalité, derrière un aspect complexe, un facteur principal est en cause, la maladie perd généralement son appellation de dépérissement pour être désignée par son agent causal.

Dans notre étude nous avons évoqué plusieurs paramètres mis en cause pour expliquer ce phénomène dont sa complexité réside dans l'interaction de plusieurs facteurs au même temps et dont l'importance relative réside pour un seul facteur qui domine, on réagissant avec d'autres.

Nous avons initié notre étude par des relevés qui caractérisent nos arbres échantillons, on a commencé par les relevés dendrométriques qui déterminent la croissance des arbres et qui varient selon les régions. La circonférence des arbres démasclés du chêne-liège de la région de Souk-Ahras présentent les sujets les plus épais de 0,55m jusqu'à 4m et une hauteur totale la plus élevée de 18m, suivie par les subéraies d'El-Kala et Seraidi d'une circonférence de 0,66-2,7m et 0,74-2,15m, une hauteur totale qui varie entre 6-12m et 5-13m.

Ces résultats dépassent ceux enregistrés dans une forêt littorale dénommée la « forêt de M'Sila » localisée dans la wilaya d'Oran. Les circonférences des arbres du peuplement du chêne-liège varient entre 26cm et 190cm avec une moyenne d'environ 62cm, les hauteurs totales moyennes est d'environ 6m. Les valeurs extrêmes enregistrées oscillent entre 3m et 10,5m. (Belhoucine, 2013).

Ainsi ceux de la subéraie de Bellif, au nord-ouest de la Tunisie, dont la circonférence des arbres du chêne-liège étudiés oscille entre 0,44 et 1,75 m (1,00 m en moyenne) et la hauteur moyenne des arbres varie de 5,7 à 11,6 m (8,8 m en moyenne) (Benjamâa, 2005).

L'âge de l'arbre (circonférence) ne semble pas avoir d'effet sur le dépérissement, puisque ce phénomène s'observe dans toutes les catégories de classes de diamètre (Benjamâa et Hasnaoui, 1996 ; Hasnaoui et *al.*, 2005).

Le liège ne devra être récolté que sur les arbres dont la circonférence (mesurée sur-écorce à 1,30 m du sol) est supérieure ou égale à 70 cm. Par contre les vieux chênes lièges jamais démasclés dont la circonférence dépasse 200 cm ne devront pas être exploités

(PEFC, 2013), nos résultats indiquent que l'écorçage de nos arbres ne correspond pas aux normes vu que la circonférence des arbres écorçés est moins de 70cm, 66cm à El-Kala et 50cm à Souk-Ahras, ainsi certains arbres témoignent la pratique non satisfaisante du démasclage opéré par les exploitants, effectué sur une hauteur de 4m représenté par la catégorie des arbres âgés, ce qui prouve la négligence ou l'ignorance des leveurs.

Par ailleurs selon Ruiu et *al* (2005), l'analyse des paramètres de démasclage en fonction des classes de diamètre confirme que le démasclage pratiqué sur des plants qui n'ont pas atteint des dimensions suffisantes favorise leur dépérissement. Les arbres de la plus petite classe de diamètre, qui ont l'indice de dépérissement le plus élevé, ont en moyenne la plus faible surface démasclée pour le plus fort coefficient de démasclage.

Concernant la méthode d'exploitation de nos arbres, les hauteurs d'écorçages varient de 0,60m à 7,5m. La valeur la plus élevée se trouve au niveau des subéraies de Souk-Ahras 7,5m suivie par les subéraies de Seraidi de 4m et la hauteur la moins élevée est exploitée dans les subéraies d'El-Kala.

La hauteur du démasclage intervient dans la production du liège. En la faisant varier, on augmente ou on diminue la surface génératrice, mais il est très probable que l'on modifie aussi la production considérée sous ses deux aspects de la rapidité de formation et de la qualité du liège. Théoriquement, il existe, pour chaque arbre ou chaque type de peuplement, une hauteur optimum qui doit correspondre à la meilleure production soutenue (Saccardy, 1938).

Le coefficient d'écorçage de nos arbres échantillons, varie entre 0,5 et 5, les subéraies de Seraidi sont excessivement exploitées avec coefficient qui atteint un maximum de 5; suivie par les subéraies de Souk-Ahras dont l'exploitation est mesurée à 4,1, le peuplement de ces deux subéraies subi un écorçage très exagéré, tandis que les arbres des subéraies d'El-Kala dont le coefficient d'écorçage ne dépasse pas 3 (2,86). Selon Saccardy (1938), L'usage a fixé ce coefficient de démasclage entre 1,5 et 2,5.

A l'ouest Algérien, le calcul du coefficient d'écorçage à révéler la dominance des arbres excessivement démasclés (2,5-3,5) représentant presque la moitié du peuplement (46%) (Belhocine, 2013).

D'après Yessad & André (2000), cette opération qui est simple en théorie demande beaucoup de soins et ne devrait jamais être confiée à des ouvriers non expérimentés. En effet, un ouvrier maladroit enfonce souvent son outil de récolte profondément dans le bois, au

moment où il pratique l'entaille circulaire et longitudinale, et il coupe alors à la fois le liège et la « mère ».

Selon le PEFC (2013), pour le démasclage (récolte du liège mâle : premier écorçage), le liège ne devra pas être récolté sur une hauteur supérieure à 1,5 fois la circonférence de l'arbre (mesurée sur-écorce à 1,30 m du sol). Pour la levée (récolte du liège femelle ou liège de reproduction: écorçages suivants), le liège ne devra pas être récolté sur une hauteur supérieure à 2 fois la circonférence de l'arbre (mesurée sur-écorce à 1,30 m du sol).

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).

Des dégâts très importants, ont été constatés sur plusieurs arbres exploités dans la forêt de Bellif (Tunisie) en juin 2004 (Benjâama et *al*, 2005).

Un écorçage progressif permet de révéler, au niveau des assises génératrices, des galeries sinueuses de 0,5 à 5 mm de diamètre, souvent typiquement en zigzag. Ces galeries sont creusées par les larves d'insectes du genre *Agrilus* (Coléoptère, Buprestide). Diverses espèces sont en cause selon l'essence considérée, en particulier *Agrilus biguttatus* chez le Chêne. Une opération d'écorçage mal effectuée engendre des blessures qui favorisent la pénétration d'insectes xylophages et de spores de champignons (Benjâama et *al*, 2005).

Les arbres en production les plus atteints par le dépérissement sont aussi ceux dont le coefficient de démasclage est le plus élevé. En particulier, la plus grande incidence de la maladie a été enregistrée sur les plants de la plus faible classe de diamètre qui ont un fort coefficient de démasclage pour une faible surface démasclée. Cela confirme qu'un démasclage prématuré des chênes lièges peut avoir des conséquences déterminantes sur l'extension du dépérissement. On doit donc, par conséquent, interdire absolument cette opération sur les plants dont les dimensions n'ont pas atteint le seuil minimal établi par les lois forestières actuelles (Ruiu et *al*, 2005).

Les chênes lièges démasclés ont en moyenne des indices de dépérissement significativement plus élevés que les chênes lièges non démasclés. Ceci confirme le rôle déterminant joué par le démasclage sur la prédisposition des chênes lièges au dépérissement. Les chênes lièges non démasclés ont un indice de dépérissement moyen inférieur à celui du chêne pubescent, mais ces deux espèces sont cependant nettement plus sensibles au dépérissement que le chêne vert (Ruiu et *al.*, 2005).

Un certain nombre de précautions indispensables sont à prendre à l'occasion du démasclage en relation avec l'état végétatif de l'arbre: ne démascler que des arbres sains et vigoureux (Ruiu et *al*, 2005).

L'écorçage des troncs est un traumatisme pour les arbres, même pour le chêne-liège, essence qui supporte généralement assez bien ce « déshabillage » en plein chaleur estivale. La santé des arbres est aussi négativement corrélée avec des paramètres subéricoles tels la hauteur du canon délié, sa surface ou encore le coefficient de déliéage (Amandier et Vidal, 2007).

Le démasclage (ou déliéage ou levée) du chêne-liège est une opération qui, mal réalisée peut compromettre le développement ultérieur de l'arbre par la suppression répétée d'une partie importante de son enveloppe protectrice subéreuse, l'assise génératrice externe se dessèche entraînant un déséquilibre physiologique de l'arbre, traumatisme pouvant aller jusqu'à sa mort. Ainsi la qualité, la quantité, le nombre des levées de liège (D.F.C.I, 1991).

En plus d'être un stress pour l'arbre, la levée peut occasionner des blessures plus ou moins importantes et quelques fois irréversibles. Le coup de hache, qui va de la simple « griffure » de la mère (facilement cicatrisable) au coup plus profond qui touche le bois. Toucher la mère à un double effet. Premièrement, l'ouverture créée par la hache est une entrée possible pour divers agents pathogènes (risques sanitaires importants). Deuxièmement, la partie touchée va mettre du temps à cicatriser (stress supplémentaire) et l'arbre ne produira plus ou presque pas de liège au niveau de la blessure. De plus, les arbres blessés deviennent beaucoup plus sensibles aux pathogènes et moins résistants au feu (Cantat et Piazzetta, 2005)

L'examen de l'écorce a mis en évidence la présence de 44% de blessures, qui sont généralement à l'origine des coups de hache. A Souk-Ahras les blessures atteignent le quart des arbres, tandis que à Seraïdi sont plus au moins importantes. Concernant le déliéage pratiqué d'une manière illicite est représenté à peu près sur le quart des arbres des trois subéraies.

Alors l'écorçage représente naturellement une blessure qui cause souvent le dysfonctionnement physiologique de l'arbre (Natividade, 1950). Cependant une telle action affaiblit l'arbre pour favoriser l'installation de plusieurs facteurs biotique principalement les insectes xylophages

Dans notre étude nous avons ébauché une mise au point sur les facteurs ou le facteur impliqué directement ou indirectement dans le dépérissement des subéraies étudiées. Les

résultats menés sur 7 ans au niveau des subéraies d'El-Kala nous ont conduits à mettre en évidence le majeur facteur qui se trouve en abondance au niveau de nos arbres échantillons. Il s'agit évidemment des insectes xylophages, l'observation du tronc et la zone sous corticale permet de mettre en évidence la présence de trous de sortie ou de pénétration d'insectes xylophages pratiquement au niveau de tous les arbres observés et qui augmente d'une année à une autre jusqu'à 100%.

Sur les arbres des subéraies de Seraidi, l'action des insectes xylophages intervient aussi fortement sur 91% des arbres, alors que la zone sous corticale des arbres observés colonisé par les insectes xylophages augmente jusqu'à 64%

Tandis que les arbres de Souk Ahras, indique une faible présence des trous d'insectes xylophages qui attaquent 12% des arbres. L'apparition des trous de ces derniers colonisés au niveau de la zone sous-corticale s'installe sur 35% des arbres.

Selon Bouchaour-Djabeur (2013), La moitié du cortège nuisible évolue sur le tronc avec la présence des xylophages et xylomycétophages, (42 % de l'entomofaune nuisible). Ce sont des Coléoptères représentés par les familles des *Cerambycidae*, *Buprestidae*, *Platypodidae*, *Scolytidae* et *Elateridae*. La majorité des xylophages se nourrissent du bois à l'état larvaire uniquement. Les adultes sucent le nectar des fleurs et les exsudats sucrés sortant de l'écorce des arbres. Les xylomycétophages par contre consomment le bois à l'état adulte et le mycélium des champignons à l'état larvaire comme *Xyleborus monographus* et *Platypus cylindrus*.

Les xylophages peuvent être ; les mangeurs de phloème, attaquant souvent en plus une partie de l'écorce, c'est le cas de beaucoup de Scolytides, de divers Buprestides, de Cérambycides et de quelques Lépidoptères. Des mangeurs de phloème et de xylème qui peuvent attaquer le bois vivant ou le bois mort ; beaucoup de Cérambycides et de Buprestides sont dans ce cas des mangeurs de xylème uniquement ; la plupart sont des ravageurs secondaires tels que les Sirex, des fourmis, des termites, des Cérambycides) (Dajoz, 1998).

Les principaux dégâts constatés et qui touchent la santé d'une essence correspondent le plus souvent à l'action d'agents biotiques (insectes, champignons), qui sont présentés en fonction des organes attaqués (Normand, 1998).

Les insectes xylophages dévorent le bois sain des arbres vivants ou morts y compris les sciages. Ils sont le plus souvent attirés par les arbres affaiblis ou mourants. Les champignons véhiculés par ces insectes facilitent la digestion de la lignine et de la cellulose. Lorsque les insectes sont cantonnés sous l'écorce, on dit qu'ils sont sous-corticoles. Ils

peuvent parfois véhiculer des maladies sur des arbres sains (par exemple la graphiose sur l'orme). Les insectes xylophages perforent l'écorce pour pondre mais aussi pour sortir lorsqu'ils sont devenus adultes. (Trous d'émergence) (Nicolas, 2009).

Il existe deux types d'insectes xylophages; les insectes du bois frais envahissent surtout les arbres malades ou les bois abattus lorsque l'humidité du bois dépasse 30 %, les différents bostryches en font partie. Les insectes du bois sec qui envahissent le bois déjà utilisé pour des constructions. Dans le sens large, les insectes sociaux en font également partie. (Colling, 2002).

Les forestiers distinguent, parmi les insectes xylophages, les ravageurs primaires - capables de s'installer sur un arbre vivant et en pleine vigueur des ravageurs secondaires - qui ne peuvent se développer que sur des arbres malades ou endommagés. Les Insectes saproxylophages sont des spécialistes du bois mort, plus ou moins modifié par l'action de xylophages et/ou par des moisissures (Villemant et Fraval, 1998).

Sous le nom de xylophages on réunit des insectes qui s'attaquent à des tissus variés. On sait qu'il existe dans un tronc d'arbre deux assises génératrices concentriques qui sont à l'origine des tissus secondaires. L'assise externe, appelée assise subéro-phellodermique, produit du liège (ou suber) sur sa face interne). L'assise interne libéro ligneuse, ou cambium, est à l'origine du xylème secondaire ou bois et du phloème secondaire ou liber. Ce que l'on désigne habituellement sous le nom d'écorce dans un arbre correspond à l'ensemble du phelloderme et des tissus qui lui sont extérieurs. Le bois représente l'ensemble du xylème primaire et surtout du xylème secondaire. A la limite entre le bois et l'écorce, le liber forme une mince couche de tissus mous et vivants (Dajoz, 1998).

Chez les arbres attaqués, la défense se manifeste par l'augmentation du bois ou chimique par la formation de composés répulsifs. Chaque arbre développe sa propre stratégie de défense en fonction des mécanismes fondamentaux de sa croissance, de son développement et de sa reproduction (Christiansen *et al.*, 1987).

Un arbre déjà affaibli, consacre l'essentiel de son énergie aux mécanismes de survie et d'adaptation à de nouvelles conditions mais se consacre que très peu à sa défense face aux ravageurs et champignons (Sousa, 1996).

Les capacités de défense des arbres attaqués varient énormément avec certaines conditions comme l'espèce d'insecte, l'espèce forestière, son état sanitaire, le climat, la composition du sol, la période d'attaque, les caractéristiques génétiques et sylvicoles, les

dimensions des arbres et leurs taux de croissances et la durée de l'inoculation des champignons et leur concentration (Cook *et al.*, 1986 ; Raffa & Smalley, 1988 ; Lieutier, 1991 ; Sousa, 1996).

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).

Les cavités d'arbres constituent un habitat à répartition discontinue et à existence plus au moins éphémère. Les espèces qui fréquentent ces milieux possèdent deux caractéristiques que l'on peut considérer comme adaptatives: la facilité de dispersion pour la recherche des lieux de reproduction et un développement rapide (Kitching, 1971).

L'examen du tronc des arbres-échantillons des subéraies d'El-Kala a permis aussi de déterminer les différentes classes des crevasses réparties en trois catégories: faiblement 30%, moyennement 17% et fortement crevassées 23% à des dimensions variables dont le grand pourcentage appartient à des arbres faiblement crevassées. Par contre le tronc des arbres des subéraies de Souk-Ahras et Seraidi ont un tronc faiblement crevassé à 30%.

La cavité de chêne ou crevasse ne montrent pas de successions de faunes. Le terreau qu'elles renferment est peuplé d'un seul coup. *Cerambyx cerdo* attaque les chênes encore vigoureux ou morts, il est accompagné de ces ennemis dont le plus commun est l'Elateridae *Stenagostus villosus*. Les Elaterides sont à peu près les mêmes que les cavités de hêtres; on y trouve en plus *Cardiophorus gramineus*, *Lacon quercus* et divers Ampedus (Dajoz, 1997). Certains animaux vivent à l'intérieur-même du liège tandis que d'autres recherchent les fissures, s'enfoncent sous les plaques de liège décollées ou dans les galeries de xylophages (Villemant *et al*, 1991).

L'attaque du tronc par les insectes et les champignons xylophages entraîne la formation de cavités où la sciure et le bois pourri sont transformés, peu à peu en terreau par une faune particulière qui a beaucoup d'affinités avec la faune de la litière (Villemant *et al*, 1991).

Le microclimat des troncs de chêne-liège joue un rôle déterminant sur la composition spécifique de la faune qu'ils abritent. La température du tronc est fonction de l'ensoleillement donc l'exposition de l'arbre et de la structure de l'écorce. En général, la température mesurée sous une écorce exposée au soleil subit des variations extrêmement importantes au cours de la journée, pouvant atteindre 20C° de plus que l'air ambiant (Dajoz, 1974).

A la suite de l'attaque d'insectes xylophages ou de déprédations humaines, ou encore après un mauvais démasclage, le liège de régénération a tendance de se décoller des troncs en plaques de tailles variables, s'étendant parfois sur la hauteur de démasclage et toute la périphérie de l'arbre. Les plaques de lièges décollées, tout comme les nombreuses fissures et crevasses du liège mâle offrent des abris très variés à une faune extrêmement diversifiée composée surtout d'Arthropodes et de quelques Gastéropodes (Villemant et Fraval, 1991).

Un grand nombre d'insectes s'abritent sous les écorces durant leur nymphose, notamment plusieurs espèces de Lépidotères du chêne-liège ou des arbustes et des plantes herbacées de la subéraies (Villemant et Fraval, 1991).

Dans les subéraies d'El-Kala, les arbres signale la présence de faibles écoulements divers qui touchent la moitié des arbres du chêne liège, tandis que à Seraidi et Souk-Ahras sont peu importants. Concernant les suintements noirâtres sont très fréquents sur le tronc des arbres d'El-Kala (sur 60% des arbres), par contre les subéraies de Souk-Ahras et Seraidi ces exsudats s'écoulent sur le quart des arbres.

Selon Djabeur (2013), les écoulements noirâtres trouvent le plus souvent leur origine à partir des trous de sortie des insectes. Ces écoulements sont très fréquents chez les troncs crevassés et ils sont plus abondants dans la forêt de M'Sila (28 %) que dans celle de Hafir (9,04 %).

L'écoulement *blanc* de liquides muqueux et alcooliques des arbres se rencontre le plus fréquemment chez le chêne ; il a été observé en groupes sur le bouleau, le peuplier, le saule, l'érable, et par cas isolés sur le hêtre. Il est le résultat d'une fermentation de tous les éléments de l'écorce (écorce proprement dite, liber et cambium), qui détruit sur l'arbre vivant tous ces tissus sur une longueur de plusieurs mètres et sur tout le pourtour du tronc (Dajoz, 1980).

Les agents de ce processus pathologique sont trois champignons que l'on rencontre constamment sur les arbres atteints et toujours associés entre eux, ce sont: 1° *l'Endomyces Magnusii* Ludw; 2° le *Saccharomyces Ludwigii* Hansen et 3° le *Leuconostoc Lagerheimi* Ludwig Un écorçage progressif permet de révéler, au niveau des assises génératrices, des galeries sinueuses de 0,5 à 5 mm de diamètre, souvent typiquement en zigzag. Ces galeries sont creusées par les larves d'insectes du genre *Agrilus* (Coléoptère, Buprestide). Diverses espèces sont en cause selon l'essence considérée, en particulier *Agrilus biguttatus* chez le Chêne (Dajoz, 1980).

Quelques nécroses apparaissent sur l'écorce sous forme de crevasses longitudinales accompagnées de nécroses du liber. A un stade déjà avancé de la maladie, des écoulements

noirâtres suintent par ces fissures: des taches brunes sous corticales sont parfois observées en contre-bas de ces exsudations de mucilage noir (Dajoz, 1980).

Pendant la phase de déclin, les arbres atteints se signalent aussi par une rapide prolifération de lichens dans la cime et par des décollements et chutes de bandes verticales d'écorce sur les branches charpentières (Nash, 2008).

La Flore lichénologique est omniprésente, s'étale en abondance sur tous les troncs d'arbres échantillons des trois subéraies étudiées.

En réalité, les lichens témoignent d'une *success-story* évolutive. Leur métabolisme est naturellement adapté au stress environnemental, auquel ils résistent en produisant des substances inconnues ailleurs dans la nature. Ces métabolites spécifiques leur permettent de croître dans les environnements les plus hostiles (Nash, 2008).

Au niveau de l'écorce, la maladie se traduit par des chancres présentant des écoulements ou des sécrétions de sèves brunes ou noires.

Ces chancres apparaissent principalement dans la partie inférieure du tronc sans pour autant attaquer le système racinaire. Lorsqu'on enlève l'écorce extérieure, on observe des zones de nécrose des tissus de l'écorce interne avec des marges noires en périphérie de ces zones. Ces zones malades peuvent être colonisées par des insectes xylophages. Sur de jeunes arbres ou des arbres avec une écorce fine la délimitation entre les tissus sains et atteints est bien visible. Lorsque les chancres ceinturent le tronc, l'arbre meurt rapidement avec un changement rapide de la couleur du feuillage (F.R.D.C.O.N, 2015).

Cependant, au niveau de la zone sous corticale, les principaux dégâts constatés correspondent à un autre agent biotique c'est la croûte charbonneuse ou chancre noir qui s'étale sur 36% des arbres des subéraies d'El-Kala, alors que moins du quart des arbres sont touchés par ce champignons

Sur le chêne-liège, ce champignon se présente sous l'aspect de plaques carbonacées, d'abord sous-corticales, puis érupantes, épaisses d'environ 2 mm, à contour elliptique longitudinalement étiré et de dimensions très diverses (de quelques centimètres à plusieurs décimètres de long selon la grosseur des branches porteuses). Leur largeur est de 3 à 6 cm et parfois atteint 10 cm. Elles sont d'abord incluses sous l'écorce, puis à maturité, par pression, l'écorce se fissure, laissant apparaître la surface dure, noire et brillante du stroma (Malençon et Marion, 1951).

Des chancres en forme de plaques charbonneuses sont dus à un champignon du genre *Hypoxylon* (identification I.N.R.F., Alger). Les dégâts du charbon du chêne, *Biscogniauxia*

mediterranea (= *Hypoxyylon mediterraneum*), sont connus depuis longtemps en Algérie et au Maroc (Malençon & Marion, 1951). C'est l'un des champignons les plus communément associés au dépérissement des chênes méditerranéens (Schiaffino et al, 2002). Lorsque les jeunes plants de chêne vert sont infectés, ils présentent d'abord des boursofflures qui se fendillent puis forment des crevasses. A mesure que le champignon se développe, des plages nécrosées apparaissent sur le tronc et les rameaux. Le bois, qui est finalement mis à nu, est de couleur noirâtre, avec un début de pourriture cubique (Benia, 2005).

L'application de l'AFC l'analyse factorielle des correspondances sur les différents descripteurs utilisés dans l'évaluation de l'état sanitaire des arbres échantillons des subéraies étudiées, a permis de dévoiler l'importance des insectes xylophages qui se trouvent dans l'écorce et la zone sous corticale comme le premier facteur impliqué dans la dégradation des subéraies avec l'interaction d'autres facteurs quelque soit leur degré de nuisance.

Selon les travaux réalisés par Nageleisen (1993) sur les dépérissements d'essences feuillues en France, ont montré que les facteurs biotiques sont souvent les premiers mis en évidence. Ce sont des insectes phyllophages ou sous-corticaux, des champignons foliaires, des pathogènes de blessure ou d'équilibre, ainsi que des pourridiés racinaires. La plupart sont relativement spécifiques, les espèces en cause étant souvent inféodées à une essence donnée (exemple : *Agrilus biguttatus* sur Chêne, *Taphrorychus bicolor* sur Hêtre, etc). Cependant, certains ont un spectre plus large, notamment l'Armillaire (*Armillaria mellea*) que l'on retrouve très fréquemment à un stade plus ou moins avancé du processus de dépérissement. Les ravageurs foliaires (champignons ou insectes) agissent sur la croissance et la vitalité de l'arbre, mais sans en mettre directement en cause sa survie. La présence des autres ravageurs est généralement liée à un stress préalable permettant leur installation.

Parmi les facteurs multiples potentiellement responsables du déclin, certains facteurs biotiques et abiotiques ont été clairement reconnus comme ayant un rôle direct ou indirect dans tout le processus. Il existe toutefois une relation indéniable entre le déclin et l'augmentation des populations des agents nocifs, malgré le manque de données sur les mécanismes à l'origine des processus séquentiels provoquant l'affaiblissement des arbres (Sousa & Atay Kadiri., 2005).

Après l'étude des différents descripteurs réalisés au niveau du tronc qui est l'un des microclimat le plus originale, d'autres agents pathogènes susceptibles d'agir de manière complexe sur une autre partie de l'arbre qui correspond aux feuilles, son microclimat héberge une faune importante et très diversifier représenté par les phyllophages, ces derniers exploitent les feuilles de différentes manières selon leur micromicroclimats car la température joue un rôle important dans la localisation des phyllophages qui vivent dans une même feuille. Périodiquement, les peuplements de chênes subissent des attaques du feuillage qui peuvent aller jusqu'à la disparition totale de ce dernier.

L'étude minutieuse des feuilles des arbres échantillons des subéraies d'El-Kala, nous a permis de distinguer plusieurs catégories. Les feuilles infestées sont beaucoup plus important que les feuilles saines qui ne dépassent pas les 15% durant les 3 années d'étude. L'infestation des feuilles à évoquer la présence d'une simple attaque représentée par une nécrose, l'attaque par les phyllophage et la formation d'une galle qui indique pour chacune un taux important dont les feuilles nécrosées atteint le taux le plus élevé et qui varie de 30 à 47% suivie par et les feuilles attaquées à 30% , ensuite on trouve l'association de deux infestations représenté le plus par les feuilles nécrosées et attaquées (15 à 18%) et enfin un très faible pourcentage signalé par une triple attaque. Concernant l'étude des feuilles dans les subéraies de Souk-Ahras et Seraidi, on a obtenus presque le même trie de résultat.

La concentration des phyllophages pendant une courte phase se traduit en outre par une forte concurrence, laquelle introduit des aléas supplémentaire dans la survie de ces populations. Elle semble imposer par la double « protection » dont bénéficient les feuilles matures du chêne Villemant et Fraval (1991). A la suite de Feeny (1976), ils ont distingué classiquement les protections quantitatives (comme les tanins) agissant en fonction de leur dose et réduisant la digestibilité de la matière végétale et les protections qualitatives (comme les alcaloïdes). Les feuilles jeunes n'auraient que des protections qualitatives, tandis que les feuilles âgées possèderaient les deux, la question a fait et fait toujours l'objet de débats (Barbosa et krischik, 1987).

De fait concordance et discordances phénologiques jouent un grand rôle dans la dynamique des populations des insectes phyllophages inféodés au chêne, dont certains ont même pu se spécialiser au niveau de la race (Du Merle, 1981; 1983 a).

Deux espèces qui se nourrissent à la même époque de la même partie d'un végétal agissent en général défavorablement l'une sur l'autre, chacune limitant par son alimentation la quantité de nourriture disponible pour l'autre. Nombreuses sont les espèces d'insectes qui

s'attaquent au printemps au feuillage du Chêne-liège et entrent ainsi en compétition avec le Bombyx disparate (Villemant, 1989).

En Sardaigne, plusieurs phyllophages sont des ravageurs importants du Chêne-liège. Le synchronisme de leurs pullulations a été décrit par Luciano et Prota (1985).

D'autre part, si les autres phyllophages de *Q. suber* freinent le Bombyx disparate par compétition directe, ils peuvent aussi intervenir dans la limitation de ses populations en favorisant la multiplication d'un certain nombre d'ennemis communs comme les Braconides *Cotesia melanoscela* et *Meteorus pulchricornis* ou diverses Tachinaires polyphages (Luciano et al., 1982; Bastaoui, 1983).

Parmi les compétiteurs directs de *L. dispar*, on distinguera 2 grands groupes: en premier on a les phyllophages broyeurs d'une part, qui dévorent tout ou une partie de la feuille de chêne-liège: parmi eux, les ectophytes demeurent extérieurs au limbe, décapant sa surface ou la rongent jusqu'aux nervures tandis que les endophytes minent les feuilles, creusant des galeries à l'intérieur du parenchyme foliaire, entre les 2 épidermes. En second on trouve les phyllophages piqueurs-suceurs, d'autre part, se nourrissent de la sève ou des liquides intracellulaires (Villemant et Fraval, 1991).

Beaucoup de travaux ont porté sur l'entomofaune du feuillage du Chêne-liège au Maroc (De Lepiney, 1927; 1928b; De Lepiney et Mimeur, 1932; Jourdan, 1935; Rungs, 1937; Belarbi et Zaimi, 1979; Maghari, 1980; Bastaoui, 1983; Dahhou, 1984, Villemant et Fraval (1991), et si la plupart des espèces phyllophages de *Q. suber* sont actuellement connues, la biologie et l'impact de bon nombre d'entre-elles restent encore mal définis, voire inconnus.

Les 5 stades larvaires d'*Orgyia trigotephras* s'attaquent au Chêne-liège comme au Chêne vert et à l'Oranger (Delepiney et Mimeur, 1932; Rungs, 1981). Fréquentes en Mamora de mi-avril à début juillet, les chenilles dévorent le limbe des feuilles en ne respectant que les nervures (Bastaoui, 1983; Dahhou, 1984).

Un gros Charançon *Thylacites (Brachyderes) pubescens* fréquent dans tout le nord du Maroc jusqu'au Haut-Atlas central (Kocher, 1961) est en principe inféodé aux Chênes (Hoffmann, 1950) où on le trouve aussi bien sur le feuillage que caché sous les écorces (Maghari, 1980; Bastaoui, 1983, Dahhou, 1984). Il peut aussi s'attaquer à d'autres essences. Ses dégâts sur les feuilles se font, dans tous les cas, sous forme de petites encoches hémicirculaires à la périphérie du limbe (Dahhou, 1984; Haddan, 1987).

Une grande variété de Géometridae s'attaque au genre *Quercus* (Favard, 1962 ; De Aizpurua, 1986 ; Soria, 1987). Au Maroc cependant, les espèces qui se nourrissent des feuilles de chêne-liège demeurent mal connues (Mahari, 1980; Bastaoui, 1983).

Les défoliations suivies de la mort des branches sont dues à divers coléoptères, parmi lesquels *Cerambyx cerdo mirbecki* est responsable de 60% de la mortalité des branches. Ainsi la tordeuse verte *Tortrix viridana* qui provoque une réduction de la surface foliaire (déséquilibre physiologique) mais également par la destruction des bourgeons, ce qui entraîne une carence de la régénération suite à l'attaque (Villemant et Fraval, 2002).

Au printemps, sur les jeunes régénérations et après la formation des feuilles, on constate la présence d'encoques, pratiquement semi-circulaires, sur les bords du limbe. Ces morsures sont typiques des dégâts commis par des adultes de Curculionides (Malphettes, 1990).

L'inventaire des défoliateurs prélevés sur le chêne-liège dans deux forêts de l'Ouest algérien Hafir et M'sila au cours de la période 1999 – 2001, a permis de mettre en évidence la présence de *Lymantria dispar* et comme xylophages, les plus nuisibles à savoir *Platypus cylindrus*, *Cerambyx cerdo*, *Leptura oblongo maculata*, *Stromatium fulvum*, *Acmaeodera degener*, , *Lichenophanes numida* et *Xyleborus monographus* (Djabeur, 2013).

Il demeure cependant quasiment impossible d'identifier des situations de déclin dues uniquement aux agents biotiques, car la plupart des cas correspondent 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).

Par ailleurs, les situations semblent différer selon les pays. Ainsi, au Maroc les défoliateurs, particulièrement *L. dispar*, continuent d'être associés au dépérissement du chêne-liège alors que l'on constate une nette augmentation des attaques de *P. cylindrus* et de *Cyrambyx cerdo* L. (El Antry, 1994, Hamdaoui, 1994). De même, en Italie, les défoliations dues à *L. dispar* continuent d'être associées au déclin du chêne-liège (Luciano & Prota, 1995).

Cependant d'après Villemant et Fraval (1991), les insectes phyllophages exploitent les feuilles de différentes façons en les découpant, en les décapant, en les perforant pour exploiter les liquides intracellulaires et la sève, en creusant entre les deux épidermes, en provoquant la formation d'une galle, etc. infesté

Après l'identification des différents types d'infestations trouvées au niveau des feuilles récoltées (nécrose, attaque par les phyllophages, la présence des galles), nous avons trouvé le même résultat des dégâts provoqués par les phyllophages pour les trois subéraies El-Kala, Souk-Ahras et Seraidi, ce qui indique que l'attaque en décapeuse est beaucoup plus importante avec un taux supérieur à 60%, alors que l'attaque en perforation est peu importante. Cependant la présence des deux attaques ensemble en décapeuse et perforation atteint le quart des arbres. Suivant l'évaluation de la surface foliaire, le plus grand taux des feuilles attaquées par les phyllophages et nécrosées sont moyennement endommagées (classe 2) et qui dépasse les 70%.

A l'Ouest Algérien les proportions foliaires endommagées sont faibles et différentes d'une forêt à l'autre : 9,1 % à Hafir contre 1,5 % à M'Sila. La part des dégâts due particulièrement aux découpages et perforations est plus remarquable que celle des nécroses et crispations qui ne s'observent que rarement (Djabeur, 2013).

L'examen des feuilles nous a permis d'identifier 4 espèces cécidogènes induisant des galles, on a: *Dryomyia lichtensteini*, *Neuroterus saltans*, *Neuroterus minutulus* et *Eriophyes sp*, dont la plus abondante c'est les galles de *D. lichtensteini*.

D. lichtensteini est de distribution méditerranéenne (Skuhrava et al, 2006), est un insecte gallicole, de l'ordre des Diptères (Cecidomyiidae) ont la forme d'une petite bourse irrégulièrement ovoïdes dure, verdâtre, couverte d'une fine pubescence blanche et située à la face inférieure du limbe (Villemant & Fraval, 1991) et selon Ghanem (2014), malgré le nombre élevé des feuilles attaquées par cette espèce, cela ne semble pas influencer sur l'aspect général des forêts. Les Diptères producteurs de galles les plus remarquables appartiennent à la famille des Cécidomyiides (Dajoz, 1998).

En ce qui concerne *Neuroterus minutulus*, se rencontre au niveau de la partie inférieure des feuilles sa collecte est très intéressante (Pujade-Villar&Ben-Jamâa, 2011), elle a été trouvée pour la première fois en Tunisie sur *Q. suber* et sur *Q. afares*. (Pujade-Villar et al, 2011). Dans la Réserve Naturelle de Khroufa (Nefza, Beja) et à Ain Ezzana (Ain-Draham) en Tunisie, l'espèce est localement abondante. Contrairement à ce que nous avons trouvé *N.minutulus* dans nos régions d'étude présente un très faible taux qui ne dépasse pas les 5%.

Neuroterus saliens a été signalé sur *Q. suber* en Algérie (Marchal, 1897; Pujade-Villar *et al.*, 2010) et en Tunisie (Pujade-Villaret *et al.*, 2010b), elle présente un cycle hétérogonique au cours duquel les galles de la génération sexuée se forment dans les jeunes bourgeons et sont collées à des glands déformés et celles de la génération asexuée dans les feuilles du chêne-liège. Cette espèce est plus fréquente que *N. minutulus* et son importance augmente en 2011 surtout dans les subéraies d'El-Kala à un taux qui dépasse le quart des feuilles, par contre à Souk-Ahras sa présence diminue pour atteindre presque les 4%.

Cette espèce gallicole est connue dans quelques pays de l'Europe centrale toujours sur *Q. cerris*, la collecte sur *Q. suber* représente un changement d'hôte, bien que les deux espèces de *Quercus* sont de la même section (Pujade-Villar *et al.* 2012).

Cependant, les galles de *Neuroterus* sont surtout abondantes sur les jeunes arbres en bordure du peuplement (Dajoz, 1998). Les feuilles jeunes de printemps sont riches en eau et en protéines, mais peu chargées en tannins ; les feuilles âgées sont plus dures, pauvres en eau et en protéines et plus riches en tannins (Feeny, 1970). Ceux-ci réduisent la digestibilité des végétaux et en particulier celle de leur protéine (Bernays, 1983).

Il ya peu de cynipidae dont la présence entraîne des dommages appréciables pour les chênes qui les supportent. Cette essence en héberge un nombre d'espèces invraisemblable (Joly, 1956).

Concernant les *Eriophyes sp*, qui appartiennent à la famille des Eriophyidae, vue son apparition subite dans nos régions d'étude en 2011, sa présence semble être importante à El-Kala; qui touche presque la moitié des feuilles par contre à Souk-Ahras sa présence dépasse le quart des feuilles. Les *Eriophyes sp* provoque sur les feuilles du chêne-liège des boursoflures presque hémisphériques, pouvant atteindre 5mm de longueur. Elles correspondent sur la face inférieure à des dépressions garnies de longs poils cylindriques simples, d'abord blanchâtre puis brunâtre entre les quels sont les Acariens, souvent les boursoflures sont nombreuses et contiguës, ou confluentes, et la feuille s'incurve en cuiller (Villement & Fraval, 1991). Tous les Eriophyides ne sont pas galligènes, beaucoup d'espèces vivent sur les plantes sans provoquer de déformations, ou seulement une pilosité particulière (nommée érineum), les Eriophyides galligènes forment souvent des cécidies en petites poches, ou bien en enroulement, ou encore une hypertrophie pileuse des bourgeons. Leurs galles peuvent affecter tous les organes végétaux, sauf les racines (Dauphin, 2012). C'est une espèce connue d'Algérie et de Tunisie, l'espèce a été retrouvée à peu près en toute saison dans les principales forêts de chêne-liège du Maroc (De Lepiney et Mimeur, 1932).

Les insectes qui interviennent le plus dans la formation des galles sont les Hyménoptères Cynipides et les Tenthredes, les Diptères Cécidomydes et les Homoptères Chermésides. Les autres ordres ne jouent qu'un rôle secondaire. Les deux familles principales d'acariens gallicoles sont les Tarsonémides et les Eriophydes. Les insectes et les acariens gallicoles sont intéressants en raison de leur biologie originale et de leur cycle de développement très complexe. Quelques espèces sont nuisibles (Dajoz, 1998).

On peut trouver les galles de plusieurs espèces sur la même feuille. Dans certains cas de 80 à 90% de la surface de la feuille sont recouverts par les galles et une telle densité explique l'apparition de la compétition intra et interspécifique. L'eau joue un rôle important dans la formation des galles ; celles qui se forment les premières privent d'eau les plus jeunes qui ne peuvent pas s'accroître normalement. Les femelles qui déposent leur ponte les premières ont leur descendance favorisée par rapport à celle des femelles plus tardives (Dajoz, 1998).

Dans notre étude on constate la présence de plusieurs galles au niveau d'une même feuille soit de différentes espèces ou de la même espèce qui peuvent atteindre jusqu'à 40 galles par feuille à El-Kala et Souk-ahras, dont les résultats sont presque similaires, le taux le plus élevé se trouve dans la première classe qui englobe de 1-5 galles par feuille (>75%), suivie par la seconde classe qui présente un nombre qui atteint jusqu'à 10 galles (>17%), les autres classes varient avec un faible taux.

Selon Villemant et Fraval (1991), les galles sont parfois nombreuses (jusqu'à 40) sur une même feuille c'est le cas de *D. lichtensteini* et d'après Benia (2010), sur une feuille de 2,5cm sur 3,5 cm, cette Cécidomyie peut comporter jusqu'à 100 cécidies. Une même feuille peut contenir 15 et très rarement moins.

On s'appuyant sur ces résultats pour illustrer la nature de cette attaque, on obtient une cohabitation de certaines espèces dont le plus important la présence de deux Cynipidae ensemble représentés par *N. minutulus* et *N. saltans* qui s'installent sur presque 50% des feuilles des subéraies d'El-Kala et plus que 80% à Souk-ahras, cette association c'est la seule qui se trouve en commun entre ces deux régions. Une autre cohabitation concernant la présence de Cynipidae et Cécidomyidae ensemble indiqué par *N. saltans* et *D. lichtensteini*, ainsi pour *N. minutulus* et *D. lichtensteini* ces deux catégories d'associations se trouvent uniquement au niveau des feuilles des subéraies d'El-Kala.

Pour la cohabitation de deux familles différentes des Diptères et des Acariens (Cécidomyidae et Eriophyidae) on a respectivement *D. lichtensteini* et *Eriophyes* on les aperçoit seulement à Souk-ahras.

Selon Askew (1961), lorsque des espèces nombreuses exploitent la même ressource la compétition peut être évitée par un partage des ressources et distributions spatiales différentes. La compétition est réduite par le mode de répartition des galles. *Neuroterus numismalis* est plus abondant près du sommet des arbres et sur les feuilles situées à la périphérie de la couronne ; *Neuroterus laeviusculus* s'installe surtout près de la base et près du tronc et *Neuroterus lenticularis* occupe une position intermédiaire. Lorsque les trois espèces cohabitent sur la même feuille les galles de *N. numismalis* sont concentrées vers l'apex, celle de *N. laeviusculus* vers la base et celles de *N. lenticularis* vers le centre.

D'après ce que nous avons comme résultat, on a pu constater d'une manière préliminaire que la cohabitation des espèces gallicoles de la même famille comme le cas des Cynipidae (*N. minutulus* et *N. saltans*), leur présence est plus importante que celle des espèces qui appartiennent aux différentes familles. Cela est confirmé par Askew (1961), lorsqu'il a étudié la position des 3 espèces de *Neuroterus* qui cohabitent ensemble faisant une dispersion et une position spécifique au niveau de la même feuille, ce qui indique le partage des nutriments.

Une analyse de la position des galles sur les feuilles révèle un partage des ressources subtil mais efficace. Parmi les acariens, une espèce du genre *Aceria* forme des galles situées de préférence sur le bord du limbe dans le tiers basal de la feuille ; une deuxième espèce s'installe le long de la moitié basale de la nervure médiane; une troisième espèce s'installe entre deux nervures situées sur la moitié basale du limbe (Nielsen, 1978).

L'insecte galligène est en compétition directe avec les organes ou les tissus de sa plante hôte, ceci fournit souvent de l'énergie nécessaire pour la formation de la galle, l'alimentation et le développement complet de son occupant (Bagatto *et al.*, 1996 ; Stone et Schönrogge, 2003). Cette plante arrive à compenser ce manque d'énergie par l'augmentation de sa photosynthèse (Bagatto *et al.*, 1996). L'insecte détourne et consomme les nutriments et les produits photosynthétiques des cellules ou du phloème de la plante-hôte (Bagatto *et al.*, 1996 ; Stone et Schönrogge, 2003).

Après l'étude de la diversité d'infestation des feuilles, il convient de la compléter par une étude détaillée sur l'infestation des glands. Ces derniers interviennent dans le processus de la germination du chêne liège. La germination est un phénomène physiologique complexe qui dépend de l'intégrité physiologique mais surtout du calibre des glands. Les insectes perturbent cette intégrité en consommant l'endosperme et en modifiant la composition chimique du gland, mais aussi en exerçant un stress permanent sur le gland. Les capacités

physiologiques du gland sont affectées, ce qui entraîne une déficience de son pouvoir germinatif ces derniers assurent le processus de la germination des glands.

Les glands des diverses espèces de chênes constituent, comme les cônes de pins, un microhabitat bien délimité occupé par une mérocénose spéciale. Cette mérocénose évolue au cours de la dégradation progressive du gland, jusqu'à son incorporation à l'humus du sol. Les divers stades de cette évolution ont été décrits dans le cas du chêne rouge américain *Quercus rubra* par Winston (1956).

Suivant le même auteur, un gland comprend une enveloppe externe ou péricarpe constituée de 5 couches dont la plus importante est la couche ligno-cellulosique, résistante et pouvant atteindre 3.5mm d'épaisseur. A l'intérieur se trouve l'embryon formé par la plantule et les deux cotylédons. L'attaque commence par la destruction de l'embryon formé par la plantule et les deux cotylédons. L'attaque commence par la destruction de l'embryon par des insectes dont le plus important est le charançon *Balaninus rectus* en pénétrant dans le gland les insectes y introduisent des micro-organismes qui contribuent à sa décomposition, des champignons en particulier. Au stade suivant l'embryon est totalement détruit par le charançon et par les chenilles de deux Lépidoptères : *Valentinia glanduella* et *Melissopus latiferreanus*. Plusieurs espèces de champignons s'installent et servent de nourriture à des Acariens (*Thyrophagus sp* et *Rhizoglyphus sp*) et des Diptères Sciaridae (*Sciara coprophila*) et Drosophilidae (*Chymomyza amoena*). Puis le péricarpe est attaqué par des champignons capables de décomposer la cellulose et la lignine, des Collemboles *Xenylla sp*, *Tullbergia sp*) s'installent et contribuent à accélérer la décomposition.

Si les glands sont tombés sur un sol humide les Acariens sont nombreux. Les larves de Lépidoptères et de Diptères se maintiennent encore. Dans un quatrième stade l'attaque fongique devient intense. Beaucoup d'invertébrés caractéristiques de la faune du sol arrivent : fourmis, Collemboles, Myriapodes, Enchtraeides. La partie ligneuse du péricarpe est totalement attaquée et devient friable. Enfin le gland se fragmente et s'incorpore à l'humus.

Au cours de ces divers stades de décomposition il s'établit entre divers organismes des relations trophiques.

A ces informations se confirme l'étude de la mensuration des glands sains et infestés, selon laquelle on obtient de façon constante durant notre étude que les glands infestés sont beaucoup plus petit que les glands sains et cela dans les trois subéraies étudiées.

Il est vraisemblable que des phénomènes de succession semblables existent en Europe où les principaux insectes des glands sont des Coléoptères Curculionides du genre *Balaninus*,

les Lépidoptères Tortricides *Laspeyresia splendana* et *Pammene fasciana* ainsi que divers Diptères Cecidomyides.

En Algérie, les insectes ravageurs des glands les plus fréquents sont le balanin des glands *Curculio elephas* et la tordeuse des glands *Cydia fagiglandana* (Bouhraoua, 2003). D'autres ravageurs s'attaquent aux glands en à l'Algérie tel que *Curculio glandium*, *Pyralis farinalis*, *Cydia splendana*, et *Eudonia angustea* (Benmecheri, 1994; Derbal, 2000). Nous avons collecté *Curculio* sp (larve et adulte), *Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana* et *Callirhytis glandium* sur tous les sites étudiés.

Le balanin des glands est très commun dans les subéraies humides et sub-humides ainsi que dans les yeuseraies semi-arides. L'espèce est signalée dans les chênaies orientales, à El-Kala (Demnati, 1997), à Tamentout en petite Kabylie (Benmecheri, 1994) et plus au sud à Bordj Bou-Arredj (Derbal, 2000). Entre 1996 et 2002, les taux d'attaque estimés du balanin fluctuent d'une année à l'autre et d'une région à l'autre en Algérie. A El Kala, il attaque 28 % des glands de chêne-liège en 1996 (Demnati, 1997), contre 18 % pour ceux du chêne vert en 1998 à Ras El Oued (Derbal, 2000).

Dans les subéraies occidentales, les pourcentages d'attaque entre 1999 et 2002 varient selon l'année et l'importance de la glandée. Ils sont de l'ordre de 9% près du littoral (M'Sila), de 16% à Zariéffet et atteignent 35% à Hafir en 2000 (Bouhraoua, 2003). Au Maroc, 18 à 57% des glands de chêne vert peuvent être infestés par cet insecte au Moyen-Atlas (Arahou & Graf, 1994).

Nos résultats révèlent que le taux d'attaque par les larves de *Cydia fagiglandana* est le plus élevé (40%) dans les subéraies d'El-Kala, cette attaque devient plus importante à Souk-Ahras par la même espèce par un taux qui varie entre 74% et 60%. Tandis que à Seraidi l'infestation est partagée entre les deux larves de *C. splendana* (43,35% à 57,07%) et *Curculio* sp (44,75% à 38,2%).

A l'Ouest Algérien les glands attaqués par les coléoptères sont nettement dominants (72%) sur ceux attaqués par les lépidoptères (28%) Bouchaour-Djabeur (2011).

Cydia fagiglandana est considérée en France et en Suisse comme le principal ravageur des châtaignes et des glands (Coutin, 1960; Bovey et al., 1975); elle est connue dans toute la région eurasienne et en Afrique du nord (El-Hassani et al., 1994). Elle est signalée dans divers inventaires réalisés dans les chênaies d'Algérie ; elle est citée également de la subéraie de Larbatache, près d'Alger (Ghanem, 1992). Le taux d'attaque a été évalué à 30 % sur chêne-liège à El Kala (Demnati, 1997), contre 20% sur chêne-vert à Ras El Oued (Derbal, 2000).

Dans notre cas l'infestation est de 13.47 %, elle est moins importante pour *Cydia splendana*, mais les deux espèces représentent 20.20% des glands infestés.

A ces facteurs abiotiques s'ajoutent d'autres facteurs qui interviennent pour limiter fortement la régénération naturelle du chêne-liège: irrégularité des glandées, pertes des glands frais du fait du pâturage, dormance embryonnaire (Merouani *et al.*, 2001).

l'hyménoptère gallicole, *Callirhytis glandium*, a été cité pour première fois dans le nord de l'Afrique (Pujade-Villar *et al.*, 2012) et signalé dans les sites d'étude. La forme qui attaque le gland est agamique avec un cycle alternant la forme sexuée se trouvant dans les jeunes rameaux du chêne zeen (*Q. faginea*). Le cycle est long car les adultes peuvent ne sortir des glands qu'après 3 ans de la formation des galles (Nieves-Aldrey, 1992).

Notre étude rappelle que la germination des glands sains diffère de celles des glands attaqués, même si les taux de germination des glands sains demeurent faibles, en accord avec les résultats de Merouani *et al.* (2005). Les glands attaqués ont très peu de chances de germer du fait des dommages causés à l'amande par les larves d'insectes ; 80% des fruits attaqués restent ainsi métaboliquement inactifs. Les changements d'état physiologique se traduisent par une diminution du poids frais accompagné d'une augmentation du taux d'humidité, en accord avec les résultats de Branco *et al.* (2002). La consommation de l'endosperme par les larves entraîne probablement une diminution de la pression physique sur le germe ce qui se traduit par un ralentissement du temps moyen de germination (Montaya & Iranzo, 1997; Soria *et al.*, 1997; Branco *et al.*, 2002).

Dans notre étude nous avons noté principalement que les glands misent a germé soit sains ou atteintes par les Carpophages à différents niveaux d'attaques (1 à 2 trous), ont tous aboutis à la germination quelque soit leur pourcentage. Mais c'est toujours les glands sains qui présentent le taux le plus élevé (91%), contrairement aux autres lots dont le taux diminue avec la croissance de l'infestation (60% pour les glands à 1 trou et 32% pour les glands à 2 trous).

L'importance des attaques de glands par les insectes ravageurs explique en partie la faiblesse de la régénération naturelle du chêne-liège dans les subéraies étudiées. Le recours à la régénération assistée impose aux pépiniéristes de produire des plants de haute performance germinative. Cela ne peut pas être assuré que par un choix judicieux de glands non attaqués, en évitant par exemple de les récolter au sol ou bien les mettre à germer trop rapidement.

D'après Bouchaour-Djabeur (2011), 20% des glands fortement endommagés ont pu germer et donner des semis viables. Mais le taux de germination diminue avec l'augmentation des blessures occasionnées et la croissance est fortement affectée par le taux

d'endommagement. donc qu'une attaque importante au niveau des cotylédons n'agit pas sur la germination, mais peut atteindre la vigueur du plant qui en résulte et menacer sa survie.

Le problème de dépérissement dont souffrent actuellement les forêts de chêne-liège dans le pourtour méditerranéen contribue à la régression de l'aire de ces subéraies, ce qui nécessite une régénération de cette essence à partir des glands, mais plusieurs problèmes sont liés à la germination de ces glands tel que l'irrégularité des glandées et les grandes pertes de glands frais, occasionnés avant leur utilisation (dessèchement), ainsi que la dormance embryonnaire (Merouani *et al.*, 2001), auxquelles s'ajoutent la déprédation exercée sur les glands par les champignons et les insectes (Cabral *et al.*, 1993; Crawley et Long, 1995 ; Fuchs *et al.*, 2000).

Les dégâts que les carpophages 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. Ce sont les glands tombés au sol qui sont les plus attaqués comparativement aux glands de l'arbre (Adjami, 2009).

Les glands attaqués peuvent germer si l'embryon n'est pas consommé, ils peuvent même donner des plantules qui se développent moins bien que ceux issues des glands sains. (Hirka, 2003). L'importance des attaques des glands par les insectes explique en partie la déficience de la régénération naturelle du chêne-liège observée dans nos forêts.

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

Les glands de chêne-liège sont riches en métabolites surtout quand ils ne sont pas attaqués. Le contenu lipidique est très important surtout au niveau de l'amande, ce contenu diminue de huit fois lorsque les glands sont fortement attaqués. Le péricarpe contient aussi de grandes quantités de lipides qui varient en fonction de l'attaque. A côté d'une richesse en lipides des glands de chêne-liège, les quantités de sucres ne sont pas négligeables surtout au niveau de l'amande mais il semble que l'attaque des glands ne perturbe pas le métabolisme glucidique. Les glands sont une source riche d'hydrates de carbone, des acides aminés, des protéines, des lipides et stérols divers (Coupe *et al.*, 2005). A côté des composants alimentaires, ils contiennent divers composés biologiquement actifs (des tanins, l'acide gallique et ellagique et différents dérivés hexahydroxydiphényl) qui possèdent une activité

antioxydante. (Cantos *et al.*, 2003; Chiou, 1989; Lee *et al.*, 1992; Rakic', 2000; Rakic' *et al.*, 2004; 2006).

Un gland comprend une enveloppe externe ou péricarpe constituée de 5 couches dont la plus importante est la couche ligno-cellulosique, résistante et pouvant atteindre 3,5mm d'épaisseur. A l'intérieur se trouve l'embryon formé par la plantule et les deux cotylédons. L'attaque des glands commence par la destruction de l'embryon par des insectes dont le plus important est le charançon *Balaninus rectus*. En pénétrant dans le gland les insectes y introduisent des micro-organismes qui contribuent à sa décomposition, des champignons en particulier. Au stade suivant l'embryon est totalement détruit par le charançon et par les chenilles des Lépidoptères. (Dajoz, 1990).

L'analyse chimique des glands de chêne-liège par chromatographie en phase gazeuse a permis de mettre en évidence une cinquantaine de composés divers, en plus ou moins grande concentration, détectés dans les différents extraits. Le pourcentage et la concentration de chacun des composés sont variables, non seulement en fonction de la partie du gland extrait, mais également du type de solvant utilisé. Le pentane comme solvant permet d'extraire beaucoup plus de composés appartenant à différentes classes chimiques (aldéhydes, alcools, cétones, acides, hydrocarbures saturés ou insaturés, terpènes, sesquiterpènes, etc....). Les polyphénols sont les composés majoritaires au niveau de l'amende et diminuent dans le péricarpe et même dans l'extrait du gland entier.

Différents solvants ont été employés pour l'extraction de polyphénols des plantes (Pinelo *et al.*, 2004; Hayouni *et al.*, 2007). Le rendement d'extraction dépend du solvant et la méthode d'extraction (Goli *et al* 2004). La méthode d'extraction doit permettre l'extraction complète des composés d'intérêt et doit éviter leur modification chimique (Zuo *et al.*, 2002). Les mélanges d'eau, aqueux d'éthanol, le méthanol et l'acétone sont généralement employés dans l'extraction des plantes (Sun & Ho, 2005).

Le dosage de la composition phénolique des glands troués de *Quercus suber* a permis d'extraire de grandes quantités de polyphénols surtout avec l'éthanol comme solvant, l'eau et l'acétone peuvent aussi extraire des quantités appréciables. Les polyphénols naturels regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, et un ou plusieurs groupes hydroxyles, en plus d'autres constituants. Ils peuvent être de simples molécules, comme les acides phénoliques, ou des composés hautement polymérisés comme les tanins. Ces squelettes carbonés de bases sont issus du métabolisme

secondaire des plantes, ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonction directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance ou la reproduction (Goli *et al* 2004).

Le règne végétal offre une large gamme de composés polyphénoliques polaires et apolaires qui sont des antioxydants avec des propriétés redox, leur permettant d'agir comme des donateurs d'hydrogènes (Pietta, 2000). Les nouvelles découvertes de leurs activités biologiques fournissent la base à l'intérêt d'utilisation d'antioxydants naturels et antimicrobiens, comme des outils de lutte biologique contre les insectes nuisibles. Les tanins, un groupe de composés de phenoliques sont connus pour être responsables de la défense des glands contre les insectes et le vertébrés prédateurs (Renard, 1982; Weckerly *et al*, 1989; Steele *et al.*, 1993; Smallwood *et al.*, 2001; Vander le Mur, 2001).

Cependant pour préserver la régénération du chêne-liège et pour éviter les dégâts provoqués par les carpophages des glands, nous avons lutté contre ces dernier on utilisant 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).

Le développement post-embryonnaire des insectes est caractérisé par des mues successives et des métamorphoses permettant la croissance et le changement de forme de l'animal. Les changements morphologiques et structuraux qui se produisent dans l'épiderme durant la croissance et le développement des insectes dépendent de la régulation de l'expression des gènes spécifiques aux mues larvaires ou celles nécessaires au programme adulte. De nombreuses études réalisées sur divers ordres d'insectes ont démontré l'implication de l'hormone juvénile, de l'ecdysone (les deux hormones régissant la croissance et la métamorphose chez les insectes), ainsi que certains neurohormone dans le contrôle de la physiologie reproductive (Gade *et al*, 1997; Neubueser *et al*, 2005).

Les neurotoxiques restent la classe la plus importante qui correspond à plus de 75% du marché mondial des insecticides (Casida, 2009). Ils agissent au niveau du système nerveux des insectes en perturbant la transmission synaptique. Les neurotoxiques ont l'avantage d'agir rapidement et efficacement pour stopper les dégâts engendrés dans les cultures. Ils agissent également sur les insectes vecteurs de maladies humaines comme le moustique (Casida *et* Durkin, 2013).

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.

Chez les insectes, le développement est rythmé par des processus de mues. Les mues de croissance permettent à la larve d'augmenter sa taille alors que les mues de métamorphose induisent de nombreux changements morphologiques aboutissant à l'imago. Ces différentes étapes sont régulées par deux hormones principales: l'ecdysone, hormone stéroïdienne de mue (active sous forme de 20-hydroxyecdysone, 20E) et les hormones juvéniles (JH) (Dhadialla et al., 1998).

Découverts par Rohm et Haas dans les années 1980s, ces composants provoquent une mue prématurée chez les insectes cibles, qui conduit à la mort de la larve. Ces produits sont donc désignés comme accélérateurs de mues (Fahrbach et al, 2012).

L'avantage de ces insecticides réside dans leur spécificité d'action. Par exemple, le tebufénozide est toxique pour les lépidoptères mais très faiblement toxique pour les autres espèces comme les coléoptères, les diptères, les pollinisateurs comme l'abeille ainsi que les mammifères (Dhadialla et al., 1998).

La résistance chez les insectes c'est un phénomène qui compromet le contrôle à long terme des insectes ravageurs d'autant plus que le nombre d'espèces résistantes est en constante augmentation. De plus, ces phénomènes de résistance apparaissent très tôt après l'application des insecticides comme chez la mouche domestique (Lindquist et al., 1948). Il est donc nécessaire de comprendre les bases moléculaires de la résistance pour améliorer la lutte contre les insectes nuisibles dans le futur (Louati, 2013).

Ils ont également une faible rémanence dans l'environnement. D'autres études ont permis le développement de nouveaux insecticides comme le tétrahydroquinoline pour lutter spécifiquement contre les moustiques (Fahrbach et al, 2012). Ces insecticides sont principalement utilisés dans l'arboriculture et la viticulture. Cependant ces insecticides ont une action plus lente que les neurotoxiques, ce qui provoque des pertes plus importantes dans les cultures utilisant ces insecticides. Les diacylhydrazines représentent 1% du marché mondial des insecticides (Sparks, 2013).

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 (halofénoside) 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 écdystéroïdes par compétition avec les écdystéroïdes 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'effet de trois insecticides (régulateurs de croissance: chlorfluazuron, flufenoxuron, teflubenzuron) sur le parasitisme de la guêpe (*Cotesia plutellae*) a été testé. Des femelles âgées d'une journée sont exposées (insecticides contenus dans la nourriture) pendant une période de deux jours puis transférées une par une dans des cages permettant le parasitisme (présence d'hôtes). L'efficacité du parasitisme est significativement réduite pour les guêpes exposées aux trois insecticides comparées aux guêpes non exposées. Cette réduction pourrait être due à une baisse de la fécondité chez les femelles après exposition aux régulateurs de croissance (Haseeb et Amano, 2002).

Actuellement, la majorité des insecticides présents sur le marché sont des neurotoxiques et une exposition chronique à certains de ces composés peut conduire à l'apparition de troubles neurologiques (Burns et al., 2013).

L'Imidaclopride est un neonicotinoïde 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 *Rhynchophorus 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 neonicotinoïde, le thiamethoxam 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 *Metarhizium 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).

Cependant, l'exposition à des doses sublétales d'imidaclopride des larves de *Melipona quadrifasciata* durant le développement, perturbe l'augmentation du volume des corps pédonculés (structures spécifiques du cerveau) chez l'adulte (Tomé *et al.*, 2012). Une réduction de 36% du volume est observée pour une dose de 0,11µg/larve chez des abeilles âgées de 8 jours. Cette réduction est probablement à l'origine des défauts dans le comportement chez ces insectes (Tomé *et al.*, 2012).

L'exposition à divers pesticides durant le développement entraîne une réduction de la durée de vie de quatre jours chez les abeilles (Wu *et al.*, 2011).

Même à des doses très faibles, les insecticides peuvent avoir des effets négatifs sur le comportement ou la physiologie des insectes dits bénéfiques qui participent à l'élimination des ravageurs et à la pollinisation de nombreux végétaux (Louat, 2013).

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 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 prédateurs puisque plus de 80% des glands attaqués restent métaboliquement inactifs.

La conservation de la biodiversité, notamment d'un point de vue fonctionnelle, passe par la préservation de toutes les phases d'évolution des milieux naturels. Les Coléoptères saproxyliques par conséquent jouent un rôle essentiel dans la survie et la régénération des forêts. (Calmont, 2011).

En fonction de l'état de dégradation de l'arbre, l'entomofaune sera différente. Les xylophages primaires vont d'abord attaquer l'arbre sain. Cet arbre dépérissant va ensuite

attirer le cortège des xylophages secondaires ce qui va le mener à sa mort. Il est donc nommé « bois mort frais» puis « bois mort dégradé » suite à sa dégradation par les champignons et l'entomofaune saproxylique.

Parler de biodiversité en forêt ne peut s'envisager sans faire référence aux coléoptères saproxyliques. Les organismes saproxyliques se définissent comme des espèces qui dépendent, au moins pendant une partie de leur cycle de vie, du bois mort ou mourant d'arbres moribonds ou morts debout ou à terre, ou de champignons lignicoles, ou encore de la présence d'autres organismes saproxyliques (Speight, 1989).

Les arbres sont des lieux pouvant présenter des habitats très divers et évolutifs. A l'échelle des Coléoptères saproxyliques, l'habitat d'une espèce au stade larvaire peut être réduit à quelque cm³ de bois ou de terreau (Brustel, 2004). Certains insectes vont se développer dans les branches, d'autres dans les écorces ou encore dans le terreau d'une cavité (avec des espèces différentes selon l'emplacement de la cavité : haute ou basse)...Il n'est pas nécessaire que l'arbre soit mort pour attirer des saproxyliques. En effet, des arbres vivants peuvent présenter de nombreux habitats potentiels favorables à une faune saproxylique (branches mortes, cavités, plaie avec écoulement de sève...).

Les travaux d'inventaire sur les Coléoptères sont peu nombreux dans notre pays et se limitent à notre connaissance à des inventaires réalisés seulement sur l'entomofaune de plusieurs essences forestières comme le chêne liège, chêne-vert, pin d'alep. Ces travaux sont ceux des auteurs suivants: Bellal (2008), Boumendjel et Dorbani (2010) dans la région d'El-Kala, (Saighi, 2013) à Souk-Ahras, boukli (2012) à Tlemcen, Dellouli (2006) et Bouragba (2007) dans la région de Djelfa, Khineche et Boutassouna (2013) à Laghouat, Ben Ettouati (2013) à Ouergla. Ghalem (2014).

Au cours de la période d'étude, l'inventaire des Coléoptères nous a permis de dresser une liste des espèces que nous avons récoltées en utilisant les différentes méthodes de capture dont le nombre d'espèces varie d'une subéraies à une autre. Cependant nous avons recensés 101 espèces répartie en 21 familles de Coléoptères à Seraidi, suivit par 66 espèces avec 19 familles à El-Kala, et 41 espèces avec 16 familles à Souk-Ahras. Les familles les plus représentées dans les trois subéraies sont les Carabidae, Scarabidae, Tenebrionidae, chrysomelidae, Cucujoidae, staphylinidae et Curculionidae.

Selon le travail de Benia, dans la forêt de Tafat (Sétif) dans l'étage bioclimatique semi-aride à subhumide, signale que les Coléoptères ont toujours été dans tous les inventaires les mieux représentés en nombre d'espèces.

Nombreuses sont les familles de Coléoptères, mais le nombre d'espèces par famille est peu important. La famille la plus remarquable pour les subéraies d'El-Kala est celle des Scarabidae avec 23%, tandis que dans les subéraies de Seraidi la dominance des Carabidae est plus important 21%, bien que dans les subéraies de Souk-Ahras les Curculionidae sont les plus représentatifs à 24%.

D'après l'inventaire réalisé par Boukli (2012), dans l'Ouest algérien dans la région de Telemcen au niveau des marais salé de l'embouchure de la Tafna de 1- 6m d'altitude. Ils ont récolté 3833 individus appartenant à 140 espèces inégalement représentées par 31 familles. Carabidae (40) espèces, Chrysomelidae (13), Curculionidae et Staphylinidae (9), Tenebrionidae et Scarabaeidae (06), Hydrophilidae, Meloidae et Oedemeridae (04), Gyrinidae, Heteroceridae, Buprestidae, Elateridae, Dasytidae, Helophoridae et Histeridae chacune représentée par une seule espèce.

On allant vers l'étage bioclimatique semi aride on trouve le travail de Dellouli (2006) dans la région de Djelfa au niveau de la forêt de Senalba Chergui (Djelfa), dont les principales essences forestières est celui de pin l'Alp, chêne-vert, Génévrier de phoenicie. Cet inventaire met en évidence la présence de 42 espèces de Coléoptères repartis sur 15 familles avec l'abondance des Ténébrionidae (8 espèces), les Curculionidae (9 espèces), les Carabidae (6), Scarabaeidae(6). Ainsi l'inventaire de Bouragba (2007), dans le reboisement de Moudjbara (Sud-est de Djelfa) dans un foret de Pin d'Alp, avec les mêmes méthodes d'échantillonnages, ils ont trouvé 8 familles: les Ténébrionidae, Carabidae, Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomilidae, Elateridae, Bupertidae et Meloidae.

Le dernier inventaire dans un étage bioclimatique aride et celui de Ben Ettouati (2013), dans la région d'Ouargla et d'Ouad Rhig (Sud – Est d'Algérie), ils trouvent 23 espèces du coléoptères appartenant à 9 familles: Tenebrionidae (09) espèces, Carabidae(04) espèces, Scarabeidae, Coccinelidae et Harpalidae 2 espèces, les familles qui restent Anthicidae, Curculionidae, Bostrychidae, Cicendillidae sont représentés par une seule espèce .

Selon cette diversité de comparaison avec les travaux réalisés en Algérie dans les différents étages bioclimatiques : humide, sub-humide, semi-aride et aride. On peut dire que la différence remarquée entre les résultats signalés, est dû a la répartition des familles qui sont largement influencées par le facteur altitude, climat et la diversité des essences floristique selon l'étage bioclimatique.

Les conditions climatiques ambiantes (températures, précipitations atmosphériques, etc....) exercent une action cinétique directe sur les grandes fonctions physiologique et les réactions comportementales des insectes (Dajoz, 1977)

Quand le régime des températures et des précipitations change, les aires de répartition naturelle des espèces animales et végétales changent aussi. Avec le réchauffement de la Terre, les espèces tendent à déplacer leurs aires vers des latitudes et des altitudes plus élevées (Davis, 1989).

D'après Jaulin (2004) qui a travaillé sur les Coléoptères peuplant les différents milieux composant la Réserve Naturelle de l'Île de St-Pryvé-St-Mesmin (commune française), explique que près d'un tiers des insectes sont des Coléoptères et qu'ils constituent une ressource alimentaire conséquente pour de nombreuses espèces insectivores strictes ou partiels (en période de reproduction et/ou de nourrissage des petits, en particulier chez de nombreux oiseaux), les Coléoptères jouent incontestablement un rôle important dans le bon fonctionnement des écosystèmes de la Réserve.

Les ordres les plus représentés sont les Diptères, par de nombreuses familles dont les *Tipulidae*, les *Syrphidae*, les *Dolichopodidae*, les *Asilidae*,... ; (Vaillant, 1978 ; Speight, 1989 ; Sarthou, 1996), et surtout les Coléoptères. Ces derniers, dont l'ensemble représentent en France près du tiers des espèces d'insectes connus (avec environ 10 000 espèces et la moitié associées aux arbres) (Brustel, *in* De Chatenet, 2000), constitue le groupe le plus diversifié de l'entomofaune, non seulement par leur aspect, mais aussi par la diversité des modes de vie, en particulier des types d'alimentation (Brustel *in* De Chatenet, 2000). La proportion des saproxyliques est souvent estimée en Europe aux alentours de 30% de la faune des Coléoptères forestiers, ce qui représente environ 500 à 1000 espèces (Geiser, 1983 et Holmzschuch, 1983, *in* Speight 1989 ; Sippola, 2001). Brustel (2001) estime que 20 % de la faune des Coléoptères de France est saproxylique, soit près de 2000 espèces ; cette proportion est citée également par des auteurs allemands (Köhler et Klausnitzer, 1998 et Köhler, 2000 *in* Brustel, 2001).

Les invertébrés saproxyliques peuvent présenter un haut degré de sophistication dans leur mode de vie et une fidélité quasi exclusive à leur habitat préférentiel, ce qui leur confère certes un rôle primordial, mais en contrepartie une sensibilité très forte aux perturbations des milieux, et en particulier à l'absence (dans le temps ou l'espace) des micro-habitats recherchés (Speight, 1989).

Le cortège de Coléoptères ciblés lors de cette étude a mis en évidence 8 types de régimes alimentaires (les saproxylophages, xylophages, prédateurs, mécytophages, polyphages coprophage phytophages, détritivores). Dans les subéraies d'El-Kala Souk-Ahras on signale la présence de cinq types de régimes alimentaires.

Selon les différents types de régimes alimentaires sélectionner, il ressort globalement la présence des Coléoptères saproxyliques, nous avons trouvé particulièrement le taux le plus important dans les subéraies de Seraidi 53%, suivie par les subéraies d'El-Kala et Souk-Ahras. La présence de ces espèces, nous considérons cela comme un indice du bon état des subéraies vue que ces espèces participent dans la dégradation du bois mort. Les coléoptères saproxyliques sont des espèces liées au cycle du bois, qu'il s'agisse de xylophages, de saprophages, de mycétophages ou de prédateurs des précédents. Certains de ces saproxyliques ont des exigences extrêmement strictes et ne se rencontrent que dans les rares secteurs forestiers européens qui n'ont pas connu d'interventions sylvicoles notables depuis des siècles. D'autres espèces, moins rares, peuvent se trouver dans des peuplements où est pratiquée une sylviculture de production respectueuse de la biodiversité.

Donc Les Coléoptères saproxyliques par conséquent jouent un rôle essentiel dans la survie et la régénération des forêts. D'une manière générale, les espèces de coléoptères saproxyliques inscrites sur la liste des coléoptères bioindicateurs de qualité des forêts sont toutes inféodées à des niches et micro niches écologiques directement liées au bois. Plus on aura d'espèces issues de cette liste sur un secteur d'étude donné, plus le biotope offre des micros habitats variés. Ainsi plus cette liste d'espèces bioindicatrices sera importante et plus on tendra vers la naturalité. (Meriguet, 2008). Brustel a proposé un référentiel de 300 espèces utilisables pour caractériser une forêt française (Brustel 2001).

Les prédateurs sont les plus importants qu'on a trouvés dans nos subéraies, Ils sont généralement plus spécialisés par rapport au stade de décomposition du bois qu'au type de proie; cela s'explique sans doute par leurs faibles capacités de forage et de déplacement à l'intérieur des différents matériaux qu'exploitent leurs proies. On a la famille des Carabidae a des espèces appartenant aux genres suivants *Carabus*, *Leistus*, *Pterostichus*, *Zabrus*. La sous famille de Colydiidae (Ténébrionidae) prédateur de petits xylophages (bois divers) (villemant et Fraval, 1991).

Le chêne-liège est victime de plusieurs espèces d'insectes xylophages. Certains capables d'attaquer l'arbre sur pied encore vivant, sont dit primaires ; inféodés à l'arbre souffrant, on les qualifie de secondaires (villemant et Fraval, 1991).

On trouve dans cette catégorie les familles : Anobiidae (*Ptinus fur*), Lucanidae (*Dorcus parallelipipedus*), Melandryidae (*Orchesia mecans*), Elateroidea (*Triscagus dermestoides*).

Les larves « vers blancs » de plusieurs Scarabaeidae se développent dans le bois pourri de vieux chênes blessés, voire morts, dans les souches, ainsi que dans le terreau qui se forme dans leur creux. Ces vers blancs qui ne semblent pas rechercher d'essences particulières sont aussi capables de se développer dans le sol, aux dépens des feuilles mortes et des racines des jeunes arbres ; En Algérie, la larve abonde dans le terreau des vieux troncs et dans le bois décomposé des feuillus (Villemant et Fraval, 1991), et c'est ce qu'on avait constatés lors de nos captures où on a récolté plusieurs larves de Scarabaeidae dans les crevasses de chêne-liège

Les insectes sont d'excellents indicateurs environnementaux, car leur présence reflète des conditions climatiques et édaphiques précises. L'importance du couvert végétal modifie fortement ces paramètres au voisinage du sol, influençant ainsi la distribution des insectes et en particulier celle des carabidae (Pena, 2001).

Les Coléoptères coprophages ont un rôle primordial dans le recyclage de la matière organique car ils sont souvent à l'origine de la décomposition des excréments. Ce sont des assainisseurs participant à la fertilisation des sols. Les Carabes sont des insectes de la famille des Carabidae. Ce sont les Arthropodes du sol les plus abondants avec les staphylins et les araignées. Plus de 1 000 espèces ont été inventoriées en France. Ils sont très sensibles aux perturbations du milieu, à la gestion du sol et aux produits phytosanitaires, ce qui en fait de bons indicateurs biologiques. La majorité des espèces sont prédatrices, à l'état larvaire et adulte. Elles peuvent donc constituer de bons auxiliaires des cultures (Ricard et *al*, 2011).

Nos résultats confirment aussi l'étude de Maellet et Baert, (1975) cité par Hamaidi(1992) qui montre que la méthode des pièges Barber est très efficace dans la récolte de l'entomofaune et surtout les Coléoptères.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

L'explication du dépérissement par les différents auteurs restera incomplète. Selon la bibliographie et nos résultats nous pouvons dire que les forêts du chêne-liège sont touchées de façon très inégale à travers les pays méditerranéennes qui en possèdent et également dans le même pays car une évaluation globale de l'ampleur de dépérissement reste compliquée. On admet toutefois que l'étude de ce phénomène reste une tâche délicate vu que les facteurs responsables ne sont pas uniquement de nature biotique, mais abiotique et surtout anthropique en plus chaque facteur influence l'installation d'un autre facteur à des degrés en se propageant sur de grandes étendues temporelles et spatiales induisant des pressions directes ou indirectes sur la situation sanitaire des écosystèmes forestiers, ainsi cette complexité se traduit selon la structure de ces derniers qui sont formés de réseaux complexes de végétaux, d'animaux, de champignons et de bactéries ainsi l'interaction qui se fait entre eux du sous-sol aux arbres.

Selon les résultats obtenus la situation des subéraies d'El-Kala s'est encore aggravée au cours des 7 années d'étude selon les indices de dépérissement calculés. Pour comparer à d'autres subéraies de Nord-Est Algérien, les forêts du chêne-liège de Souk-Ahras et l'Edough leur état reste globalement sain durant les deux années.

Des observations et mesures diverses ont pu montrer l'état sanitaire de chaque partie des arbres nous avons commencé par le houppier où nous avons trouvé l'état des feuilles qui a indiqué la diversité d'infestation par l'attaque des phyllophages qui se traduit par une perforation des feuille ou en décapouse, selon le taux d'infestation on trouve en deuxième position des nécroses d'origine bactériennes et enfin la présence des excroissances anormales appelées galles, ces derniers présentent différentes dimensions selon l'espèce (*Dryomyia lichtensteini*, *Neuroterus saltans*, *Neuroterus minutulus*, *Eriophyes sp*). Plusieurs espèces de galles attaquent les feuilles soit individuellement soit en association, concernant les feuilles attaquées et nécrosées leur infestation touche la catégorie des feuilles moyennement endommagées.

On allant vers le fruit « gland », nous avons déterminé l'importance de l'attaque de ces derniers par les Carpophages qui appartiennent à deux ordres l'un Coléoptère *Curculio sp* et trois Lépidoptères *Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana*, *Pammen faciana*, aussi infesté par la présence des galles *Callirhytis glandium* et des champignons (pourriture). Le suivi de l'évolution du taux d'attaque des glands sains par les Carpophages atteint sa fin par l'apparition des trous de sortie de 1 à 5 trous. L'étude morphométriques a révélé que les glands

sains sont beaucoup plus grands que les glands infestés, cependant l'attaque par les Carpophages est responsable de la diminution du poids.

Les glands du chêne-liège sont riches en métabolites surtout quand ils ne sont pas attaqués. Le contenu lipidique est très important surtout au niveau de l'amande, ce contenu diminue de huit fois lorsque les glands sont fortement attaqués. Le péricarpe contient aussi de grandes quantités de lipides qui varient en fonction de l'attaque. Par ailleurs il existe de fort taux de polyphénols dans les glands.

Les Carpophages jouent un rôle important dans la diminution de la viabilité des glands car l'effet direct de ces insectes c'est la consommation de l'embryon ou de l'endommager, qui rend la germination et le développement des plantules impossible. La lutte contre ces ravageurs par les deux insecticides un mimétique de l'hormone de mue et un neurotoxique, révèle que la mortalité par le RH-0345 est beaucoup plus importante de celui de l'imidaclopride. Cependant *Cydia splendana* est la plus sensible au traitement que *Curculio sp.* Par ailleurs une bonne germination s'est produite par ces deux insecticides dont le taux de germination est beaucoup plus important que le témoin.

Concernant l'examen du tronc, les résultats de l'analyse factorielle des correspondances (AFC), ont montré que certaines variables sont toujours corrélées. Cependant nous avons pu constater que les facteurs qui concourent à la dégradation des subéraies étudiées sont expliqués par une interaction entre le regroupement des insectes xylophages de l'écorce et la zone sous corticale avec les autres variables principalement la flore lichénologique.

L'inventaire des Coléoptères nous a révélé une diversité de régime alimentaire (les saproxylophages, xylophages, prédateurs, mécytophages, polyphages coprophage phytophages, détritivores) qui nous a permis de détecter la présence des Coléoptères saproxyliques qui joue un rôle essentiel dans la survie et la régénération des forêts.

A partir de ces résultats obtenus, on peut dire que le travail est loin d'être achevé compte tenu que toute action de gestion a un impact sur la biodiversité et qui entraîne en effet un important bouleversement de la situation sanitaire.

Toute fois la méthode utilisée dans l'appréciation des subéraies étudiées doit être progressé par d'autres paramètres. Alors on propose d'améliorer la méthode de surveillance en augmentant le nombre des arbres échantillons dans plusieurs régions du Nord-Est Algérien.

Cependant il est utile d'intégrer des connaissances sur la gestion des subéraies suivie par une étude bioclimatique sur 20ans, vu que les problèmes de la sécheresse se répercutent après une décennie ou plus et pour bien situer le problème, il est important de la compléter par une étude sur la nature des sols sur lesquels le chêne-liège est installé.

Etant donné que la flore lichénologique est omniprésente sur nos arbres échantillons, alors il serai intéressant de réaliser une étude de l'association lichen chêne-liège.

Une étude approfondie sur les insectes xylophages associés au chêne-liège doit être réalisée pour l'évaluation des conséquences éventuelles de sa présence sur la qualité du liège à travers sa propriété qui dérive largement de la spécificité dans sa composition chimique.

On propose d'aborder une analyse de la position des galles sur les feuilles qui révèle leur cohabitation pour un partage nutritive et c'est ainsi qu'on peut déterminer une analyse minérale de ces feuilles

L'étude réalisée sur les glands ouvre la voie à une multitude de perspectives sur le contenu biochimique dont les sels minéraux, les vitamines et d'autres produits issus du métabolisme sont a mener. Il y a lieu aussi de s'intéresser aux grandes quantités de saponines dans les glands afin de tester leur pouvoir insecticide.

Toutes ces perspectives nous aiderons pour une meilleure connaissance de l'écologie de cette essence et c'est ainsi on pourra détecter les facteurs clés du dépérissement.

Références bibliographiques

-A-

Abdessemed K., 1981- Le cèdre de l'Atlas dans le massif des Aurès et du Bélazma. Thèse. Doct. Es-sci. Fac. St Jérôme, Marseille, 198 p.

Abdessemed K., 1985- Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). Deuxième partie : les mesures à prendre. Rev. Forêt méditerranéenne, T.VII, n°1: pp 43-52.

Achal A., Akabli O., Barbero M., Benabid A., M'hirit A., Peyre G., Quezel P. & Rivas-Martínez S., 1980- A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. Ecol. Medit., Marseille 5: 211-240p.

Adjami Y., Ouakid M.L., Bensafi H., Soltani N., 2008- Interaction des facteurs biotiques impliqués dans le dépérissement des forêts algériennes: Cas des subéraies d'El- Kala. Actes des journées scientifiques de l'INRGREF, Hammamet 11,12et13novembre. La biodiversité dans les aires protégées : 436-452 p.

Adjami Y., 2009- Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Etudes des facteurs de dépérissements du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Essai insecticides contre les insectes du gland. Thèse de Magister, Univ. d'Annaba, Algérie, 150 p.

AIFM., 2006- Séminaire sur la vitalité des subéraies et des peuplements de chênes verts. Nouvelles des forêts méditerranéennes n°4 (décembre 2006). 12 p.

AIME S., 1991- Etude écologique de la transition entre bioclimat sub-humide, semi-aride et aride dans l'étage thermo méditerranéen du Tell oranais (Algérie occidentale). Doct. Es-sci. Univ. Aix- Marseille III, 189 p + Ann.

Alcaraz C., 1982- La végétation de l'ouest algérien. Thèse Doct. Es-sci. Univ. Perpignan, 415p + annexes.

Alcaraz C., 1991- Contribution à l'étude des groupements à *Quercus ilex* sur terra rosa des monts de Tessala (Ouest algérien). Rev. Ecol. Médit., XVII, Marseille, pp 1-10.

Amandier L & Vidal R., 2007- Etude des causes du dépérissement des subéraies varoises de 2003 à 2005. *Forêt méditerranéenne t. XXVIII*, n° 1. 1-14p.

Amandier L., 2002- La subéraies : biodiversité et paysage. (En ligne). Vivexpo biennale Du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, 21 Mai 2002, Vivès (Perpignon). www.vivexpo.org.

Amrani L., Zerguine K., Farine J. P., Smaghe 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.

Andre P & Laudelout H., 1992- Recherches sur le dépérissement du chêne au Centre de recherches forestières de l'UCL à Chimay Forêt Wallonne 14. P16-23.

Anonyme B., 2004- Pathologie de la subéraie en France. Ravageurs et maladies du chêne-liège. Guide technique de vulgarisation. IML, Langue doc-Roussillon, Vivès (France), 23p.

A.P.N.A., 2006- Atlas des Parcs Nationaux Algériens. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Direction Générale des Forêts. Edition imprimerie Ed- Diwan. 91p.

Arahou A & Graf P., 1994- Les ravageurs des glands de chênes. In Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts. Eds DPVCTRF, Rabat: 130-133.

Aribi N., Smaghe G., Lakbar C., Soltani-Mazouni N. & Soltani N., 2005- Effects of pyriproxyfen, a juvenile hormone analogue on development of mealworm, *Tenebrio molitor*. *Pest. Biochem. Physiol.*

Askew R.R., 1961- On the biology of the inhabitants of oak galls of Cynipidae (Hymenoptera) in Britain. *Trans. Soc. Br. Entomol.* 14: pp: 237-268.

Asmrfc., 1998- Actes du Séminaire Méditerranée sur la régénération des forêts de Chêne-liège, : Tabarka 22-24 Octobre 1996, Annales de l'INRGREF ,N⁰ spécial,259p.

-B-

Bagatto G., Paquette L.C. & Shorthouse J.D., 1996- Influence of galls of *Phanacis taraxi* on carbon partitioning within common dandelion *Taraxacum officinale*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 79: pp: 111-117.

Bagnouls F. & Gaussen H., 1953- Saison sèche et indice xérothermique. *Doct. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen II, 1, art. VIII, Toulouse, 47 p.*

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

- Barbosa P & krischik V.A., 1987-** Influence of alcaloid on feeding preferences of eastern deciduous forest trees by the Gypsy moth *Lymantria dispar*. Am. Nat., 130 (1), 53-69.
- Bastaoui O., 1983-** Ennemis naturels et compétiteurs de *Lymantria dispar* (L) en période de latence. Mém. Ing.phytiatre.Doc. Dépt. Zool. I.A.V. Hassan II (Rabat), 84pp.+ill.+ann.
- Becker M., Geremia F. & Schipfer R., 1987-** Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba Mill.*) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologie. Annales des sciences forestières, 44 (4), pp.379-402.
- Bekdouche F., 2010-** Evolution après feu de l'écosystème subéraie de kabylie (Nord Algérien). Thèse de Doctorat. Université Mouloud MAMMERRI de Tizi – Ouzou.175p
- Belabbes D., 1996-** le chêne-liège, la forêt Algérienne n°1, février, mars 1996, pp : 26-30.
- Belaidi A., 2010-** Etude comparative de trois provenances de chêne-liège (*Quercus suber L*) élevées sur différents substrats en pépinière hors-sol de Guerbes (Wilaya de Skikda). Thèse de Magistère. 114p.
- Belarbi M. & Zaimi El M., 1979-** L'entomofaune du chêne-liège. In A.Fraval, J.P. Di-Pietro & P.Questionne : Compte rendu du séminaire tenu à Rabat du 5 au 7 février 1979 sur *Lymantria dispar*.Doc. Lab. Zool. I.A.V. Hassan II, Rabat, 100pp+ill.
- Belhoucine L., 2013-** Les champignons associés au *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) dans un jeune peuplement de chêne-liège de la forêt de M'Sila (Oran, nord-ouest d'Algérie) : Etude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte.
- Bellal W., 2008-** Inventaire de l'entomofaune du chêne-liège dans la subéraies du Nord-Est Algérien, Mémoire de magistère Université de Annaba.
- Bellarosa R., 2000-** Introduction: brief synthesis of the current knowledge on cork oak. P 11-22 in: Evaluation of genetic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies. Handbook. Concerted action. FAIR 1 CT 95-0202. INIA-Estação Florestal Nacional, Portugal.
- Benabadji N. & Bouazza M., 2000-** Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. dans l'Oranie (Algérie occidentale). Rev. Sci. Chang. Plan. Paris Vol. 11, N° 2, 117-23p.
- Benabadji N.,1995-** Etude phyto-écologique des steppes à *Stipa tenacissima* L. et à *Lygeum spartum* L. au Sud de Sebdou (Oranie-Algérie). Thèse doct. Es. Sci. Tlemcen 275p.

Benabdeli K., 1983- Mise au point d'une méthodologie d'appréciation de l'action anthropozoogène sur la végétation dans la région de Télagh (Algérie occidentale). Thèse Doct. de spécialité. Aix-Marseille III, 185 p.

Benabdeli K., 1996- Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale. Doct. Es-sci. Univ. Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés. 356p + annexes.

Benabdeli K., 1998 – Modalités pratiques de gestion de l'espace communal dans la wilaya de Sidi Bel Abbés. Journée d'étude sur la protection de l'environnement.

Benia F., Bounechada M. & Khellil M.A., 2005- Les agents biotiques antagonistes du chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la région de Sétif (Nord-Est algérien). *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull.* 28(8), pp 111-112.

Benjamâa M.L. & Hasnaoui B., 1996- Le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Tunisie : premières réflexions. – Colloque National sur le Dépérissement des Forêts au Maroc. CNRF-Maroc (28 et 29 Février 1996) : 10 p.

Benjamâa M.L., Sghaier T., M'nara S., Nouri M. & Sellemi H., 2005- Le dépérissement du chêne-liège dans la subéraie de Béllif (Tunisie) : caractérisation et évaluation de son impact sur l'accroissement du liège. *OILB / SROP " Protection Intégrée des Forêts de Chênes "* Vol. 28 (8).

Benjamaa M.L., 2011- Le mauvais déliègeage un facteur redoutable de dépérissement du chêne-liège en Tunisie. Deuxième Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaires-Industriels sur: *La Gestion des Suberaies et la Qualité du Liège.* Jijel les 18 et 19 octobre. P24.

Benkhelil M., 1991- Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en entomologie terrestres. Ed. Office des Publications Universitaires (O.P.U.), Alger.68p.

Benmecheri S., 1994- Etude bioécologiques des insectes phyllophages et des mangeurs des glands de trois chênaies : subéraie, afareçaie et zeenaie de la forêt de Tamentout. Thèse de Magister. Université d'Annaba, 95p.

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., 1998-** Plan directeur de gestion du Parc National d'El Kala et du complexe des zones humides. Projet GEF (Global Environment Facility)- Banque Mondiale. 220 p. + 28 cartes. Disponible au Parc National d'El Kala.
- 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.
- Berchiche T., 1986 –** Contribution à l'étude socio-économique de la forêt algérienne. Thèse magister Science agronomique : INA d'Alger.
- Bernays E.A., 1983-** Nitrogen in defence against insects. In: J.A Lee, S McNeill, JH Rorison Nitrogen as an ecological factor. Blackwell, Oxford, 321-344p.
- Berriah A., 2015-** Les reboisements de chêne-liège dans l'Ouest Algérien: bilan et perspectives d'amélioration. Thèse de Magister en Foresterie. Université Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen. Algérie. 158p.
- Bonneau M., & Landmann G., 1988-** Dépérissement des forêts en Europe. La recherche, 205 (19). Décembre 1988 1542-1556p.
- Bonneau P., 2008-** Mes pièges à insectes. 24p.
- Borcard D., 1997-** Quelques notes sur l'interprétation d'une analyse factorielle ou canonique des correspondances. *LEVP*. 11P.
- Bouazza M., 1995-** Etude phyto-écologique des steppes à *Stipa tenacissima L.* et à *Lygeum spartum L.* au Sud de Sebdou (Oranie-Algérie). Thèse doct. Es. Sci. Tlemcen 275p.
- Bouchaour-Djabeur S., 2013-** Les insectes ravageurs du Chêne-liège au Nord-Ouest Algérien. *Geo-Eco-Trop.*, 2013, 36: 175-184.
- Boudjelida H., Bouaziz A., Soin T., Smaghe G. & Soltani N., 2005-** Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. These de doctorat. Univ. Annaba.
- Boudy P., 1955-** Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483p.
- Bouhraoua R.T., 2003-** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest Algérien : Etude particulière des problèmes posés par les insectes .Thès. Doc. Dép., Forest., Fac. Sc, Univ. Tlemcen, 259 p.

Bouhraoua R.T. & Villemant C., 2005- Mécanismes généraux de l'altération sanitaire des peuplements de chêne-liège de l'Algérie nord-occidentale. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull.* 28: 1-8.

Boukli H.S., 2012- Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes-Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen). Université de Tlemcen, Diplôme de Doctorat en Ecologie animale. P: 04-10. Coléoptères Colydiidae et Anommatidae paléartiques. Editions Manson, 281 pages.

Bouragba N., 2002- Biologie d'*Orthotomicus erosus* W. et *Tomicus piniperda* L. (Coléoptères Scolytidae) et les champignons qui leur sont associés dans la forêt de Sénalba Chergui (Djelfa). Mém. D'Ing. Cen. Univ. Ziane Achour, p77.

Bovey P., Linder A. & Müller O., 1975- Recherches sur les insectes des châtaignes au Tessin (Suisse). *Schweiz. Zeitsch. Forst*, 126: 781-820.

Brad Ford M. M., 1976- A rapid and sensitive method for the quantitation microgram quantities of protein utilizing the principle of protein binding *Analyt. Biochem*- 72: 248- 254 .

Branco M., Branco C., Merouani H & Almeida M.H., 2002- Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber*. *For. Ecol. Manage.* 166: 159-164.

Brustel H., 2001- Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises. Perspectives pour la conservation du patrimoine naturel ; Thèse de doctorat ; Institut national polytechnique de Toulouse, 327 p.

Brustel H., 2004- Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises – Les Dossiers Forestiers N°13. 297 p.

Burns C.J., McIntosh L.J., Mink P.J., Jurek A.M. & Li A.A., 2013- Pesticide exposure and neurodevelopmental outcomes: review of the epidemiologic and animal studies. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 16, 127–283.

Byrne F.J. & 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.

– C –

Cabral M.T., Lopes F. & Sardinha R.A., 1993- Determinação das causas de morte do sobreiro de Santiago do Cacém, Grândola e Sines. *Silva lusit.* 1(1): 7-24.

- Calmont B., 2011-** Etude des Coléoptères saproxyliques » bioindicateurs de qualité des forêts françaises dans les châtaigneraies ardéchoises. Etude réalisée par la Société d'Histoire naturelle ALCIDE-D'ORBIGNY. 129p.
- Cantat R. & Piazzetta R., 2005-** La levée du liège. Ce qu'il faut savoir sur l'exploitation du chêne-liège. Guide technique et de vulgarisation. *Institut Méditerranéen du Liège*. 23p.
- Cantos E., Espin J., Carlos-Lopez B.C., Delahoz L., Ordonez J.A. & Tomas-Barberan F.A., 2003-** Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus spp.*), the main dietary constituent of free ranged Iberian pigs. *J. Agric. Food Chem.* 51: 6248–6255.
- Casida J.E., 2009-** Pest toxicology: the primary mechanisms of pesticide action. *Chem. Res. Toxicol.* 22, 609–619p.
- Casida J.E. & Durkin, K.A., 2013-** Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 99–117.
- C.C.I.A., 1973-** La forêt en Algérie. Alger : Centre d'Etudes Economiques. N. 12. 52 p. Disponibles à l'IAM de Montpellier.
- Cemagref., 1983-** Régénération artificielle des chênes, note technique n°50.
- Chararas C., 1980 -** Etude écophysiological des scolytidae parasites des conifères. I: Les Scolytidas spécifiques de *Cedrus atlantica*.- *Ann. Rech. Forest. Maroc*, 20: 207-266p.
- Chatenet G., 2000-** Coléoptères phytophages d'Europe ; Nap éditions, 360 p.
- Chaumont M. & Paquin C., 1971-** Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000 Alger, Soc. Hist. Afri. Nord, 8p.
- Chiou J.W., 1989-** The antioxidant activity and the chemical structure of selected components acorns and their potential use as inhibitors of milk oxidation. A Dissertation of Cornell University, USA.
- Chollet F., 1997-** La régénération naturelle du Hêtre. ONF- Bulletin techniques n° 32.
- Christiansen E., Waring R.H. & Berryman A.A., 1987-** Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships. *Forest Ecology and Management* 22: 80-106p.
- Colling C., 2002-** Les insectes xylophages. *Pentol.* 19p.

Cook S.P., Hain F.P. & Nappen P.B., 1986- Seasonality of the hypersensitive response by loblolly and short leaf pine to inoculation with fungal associates of the southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). *J. Entomol. Sci.*, 21: 283- 285p.

Cosson E., 1853- Rapport sur un voyage botanique en Algérie d'Oran au Chott Chergui. Extr. Asn. Sci. Nat., 3ème sér. , XIX, Masson, Paris, pp 1-60.

Coutin R., 1960- Estimation de l'importance des populations d'imagos de *Balaninus elephas* Gyll. dans une châtaigneraie cévenole. *Rev. Zool. Agric. Appl.* (59): 1-5.

Crawley M.J., 1995- Long CR Alternate bearing, predator satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* L. *J. Ecol.* 83: 683-696.

Crawley M. J. & Long C.R., 1995- Alternate Bering, predatore satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* L. –*J.Ecol.* 83:683-689.

-D-

Daas H., 2016- Étude des subéraies de haute et moyenne montagne : état sanitaire et interaction des facteurs écologiques dans la forêt de Ouled Bechih (Souk-Ahras). Mémoire de Doctorat 3ème cycle en Ecologie Animale. Université Annaba. 171 P.

D.G.F., 2009- Statistiques des produits forestiers. Min. Agri., Alger, 1p.

D.G.F., 2013- Analyse de la politique du secteur forestier et des secteurs connexes en Algérie. pp 81

Daget Ph., 1984- Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen, le climat. Colloque de la fondation L. Emberger sur la mise en place. Evolution et la caractérisation de la flore et de la végétation du Circum. Montpellier, 9-10/04. 101- 120p.

D.G.R.F., 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 Méditerranéennes*», 6 p.

Dahhou B., 1984- Etudes sur la faune frondicole du chêne-liège en forêt de la Mamora. Mém.Ing. phytiateur. Doc.dépt.Zool.I.A.V.Hassan II (Rabat), 62pp+ill.

Dahmani M., 1997- Diversité biologique et phytogéographique des chênaies vertes d'Algérie. *Ecologia Mediterranea*. XXII (3/4) : 19-38p.

- Dajoz R., 1974-** les insectes xylophages et leur rôle dans la dégradation du boid mort. In P. PESSON : *Ecologie forestière. La forêt : son climat, son sol, ses arbres, sa faune*, Gauthier-Villars, Paris, 257-307p.
- Dajoz R., 1980-** *Écologie des Insectes Forestiers*. Coll. *Écologie Fondamentale et Appliquée*, Gauthiers-Villars (Eds), Paris, 489 p.
- Dajoz R., 1997-** Colydiidae et Annomatidae paléarctiques. *Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen*. Elsevier Masson (Eds). 280p.
- Dajoz R., 1998-** Les insectes et la forêt. Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. 594p.
- Dajoz R., 2002-** Les Coléoptères Carabidés et Ténébrionidés. Ed. Tec. & Doc. Lavoisier, Paris, 522p.
- Dauphin P., 2012-** Guide des galles de France et l'Europe, 240p.
- Davis M.B., 1989-** Lags in vegetation response to global warming. *Climate Change* 15:75-82.
- De Belair G., 1990-** Structure, fonctionnement et perspectives de gestions de quatre écocomplexes lacustre et marécageux (El-Kala, Est Algérien) Thèse doc. Univ. Montpellier, 193 p.
- Delatour C., 1983-** Les dépérissements de chênes en Europe. *Rev. For. Fr. – IOBC/Wprs Bull.* 35(4) : 255-281p.
- Delatour C., 1990-** Dépérissement des Chênes et pathogènes. *Revue forestière française*, 42, 2, 182 p.
- Delente A., 2013-** Suivi de l'état sanitaire en forêt de Soignes bruxelloise. Bruxelles-Environnement BE-IBGE. 54p.
- De Lepiney J., 1927-** les insectes nuisibles du chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc). *Ann. Epiph.*, Paris, 13, 145-174p.
- De Lepiney J., 1928-** Les insectes nuisibles du chêne-liège dans les forêts du Maroc (2^{ème} étude). *Ann. Epiph.*, Paris, 14, 313-321p.
- De Lepiney J & Mimeur J.M, 1932-** Notes d'entomologie Agricole et forestière du Maroc. *Mém.Soc.Sci.nat.Maroc*, 31, 195pp.

- Dellouli S., 2006-** Ecologie de quelques groupes de macro-Arthropodes associés à la composition floristique en fonction des paramètres ; altitude-exposition, cas de la forêt de Sénalba Chergui(Djelfa). Thèse de magister. Univ. Ziane Achour., Djelfa., p104.
- Demnati F., 1997-** - Contribution à l'étude de l'entomofaune du chêne-liège dans la région d'El-Kala. Thèse d'ingénieur, Institut national agronomique, El-Harrach, Alger, 70 p.
- Derbal R., 2000-** Contribution à l'étude des insectes des glands dans les yeuseraies de la région de Ras-El-Oued (Bordj Bou-Arréridj) Thèse d'ingénieur, Institut national agronomique, El-Harrach, Alger, 64p.
- De Sousa E., 1996-** Contribution à l'étude de la biologie de populations de *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Platypodidae) dans des peuplements de chênes liège au Portugal. Thèse de Doctorat, Lyon, France, p153.
- De Sousa E., 1996-** Les principaux ravageurs du chêne-liège au Portugal, leurs relations avec le déclin des peuplements. – *IOBC/wprs Bull.*, 18 (6) : 18–22p.
- De Sousa E. & Atay Kadiri Z., 2005-** Le déclenchement des perturbations physiologiques des peuplements de chêne-liège: une synthèse des relations agent/hôte. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull.* 28(8), pp. 9-16.
- De Sousa E., Santos N., Varela MC & Henriques J., 2007-** Perda de vigor dos montados de sobro e azinho: Análise da situação e perspectivas. EFN/INIA
- D.F.C.I., 1991-** Le dépérissement du chêne-liège. Bulletin de la Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie.8p.
- Dhadialla T.S., Carlson G.R. & L.E.D.P., 1998-** New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity, *Annu. Rev. Entomol.* 43, 545.
- Diáz-Fernandez P.M. & Gil Sanchez L., 1998-** La régénération naturelle dans les peuplements marginaux de chêne-liège. –In: Acte du séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne- liège, Tabarka 22-24 Octobre 1996. Ann. INRGREF, N⁰ spécial: 22-34.
- Djebaili S., 1984-** Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. O.P.U., Alger.
- Dobbertin M., 2005-** Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. Crown defoliation improves tree mortality models. *European Journal of Forest Research*, 124, 319-333p.
- Douzon G., 2004-** Bilan de la santé des forêts en 2003. DSF, France. 2p.

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.

Duchateau G. & Florkin M., 1959- Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification- *Arch. Insect.physiol .Biochem.* 67 :306-314p.

Du Merle P., 1981- Variabilité génétique et adaptation à l'hôte chez *Tortrix viridana* L. (Lép.Tortricidae). *C.R.Acad.Sci. Paris*, 292(3), 519-522p.

Du Merle P., 1983- phénologie comparée du chêne pubescent, du chêne vert et *Tortrix viridana* L (Lép.Tortricidae). Mise en évidence chez l'insecte de deux populations sympatriques adaptées chacune à l'un des chênes. *Acta. Oecol. applic.*, 4(1), 55-74.

Durand C., Bellanger M. et Decoust M., 2004- Etat sanitaire de la subéraie varoise; Impact du démasclage et de la présence de l'insecte *Platypus cylindrus f.* Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes. Univ. Aix-Marseille III, France. 21p.

Durand P., Gelpe J., Lemoine B., Riom J. & Timbal J., 1983- Le dépérissement du chêne pédonculé dans les Pyrénées-Atlantiques. *R .P .F . XXXV - 5.* 357- 368p.

-E-

El Antry-Tazi S., Abourouh M., Sousa E.M.R. & Atay-Kadiri Z., 2008- L'insecte *Platypus cylindrus* Fabr. (Coléoptère, Platypodidae) dans les subéraies Marocaines. *Annales de la recherche forestière au Maroc .vol. 39,* pp. 234-237.

El Hassani A., Graf P., Hamdaoui M., Harrachi K., Messaoudi J., Mzibri M & Stili A., 1994- Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts. Editions D.P.V.C.T.R.F., Rabat, 203p.

El Hassani M. & Dahmani J., 1996– Effet de certaines contraintes édaphiques sur la régénération artificielle du chêne-liège (*Quercus suber* L). *Ann .Reh. For. Maroc.* T(29), 151-159.

Emberger L., 1930- La Végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, 43 :641-641p.

Emberger L., 1936- Remarque critique sous les étages de végétation dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. Bot. Suisse.*

Emberger L., 1939 – Aperçu général sur la végétation du Maroc .Verof. Geobot. Inst. Rübel Zurich, 14 pp : 40-157.

Emberger L., 1943- Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 77: 97-124p.

Emberger L., 1955- Une classification biogéographique des climats. Nature. Monspl. Séries Bot (7): 705-709.

Emberger L., 1971- Travaux de Botanique et d'Ecologie. Ed. Masson et Cie. France. 120p.

-F-

Fahrbach S.E., Smaghe G., Velarde R.A., 2012- Insect nuclear receptors. *Annu. Rev. Entomol.* 57, 83–106.

F.A.O., 2001– Global Forest Resources Assessment FRA 2000 – Main report. Rome. <http://www.fao.org/forestry/fra2000report/en/>

F.A.O., 2010- Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport national Algérie, FRA2010/003, Rome, 2010, 57p.

F.A.O., 2013- Etat des forêts méditerranéennes 2013, 213 p.

Favard P., 1962- Contribution à l'étude de la faune entomologique du chêne-vert en provence .Thèse Doct. Fac. Sci. Aix-Marseille, 138p.

Feeny P., 1970- Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrien as cause of spring feeding by winter moth caterpillars. *Ecology*, 51: 656-681p.

Ferka Zazou N., 2006- Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. Cas de la commune de Tessala. Wilaya de Sidi Bel Abbés. Thèse magister. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen, Algérie. 164p.

Frochot H. & Levy G., 1986 – Facteurs du milieu et optimisation de la croissance Initiale en plantations de feuillus Rev For. Fr. XXXVIII- 3, 301-306p.

Fuchs M.A., Krannitz P.G & Harestad A.S., 2000- Factors emergence and first-year survival of seedlings of Garry oak (*Quercus garryana*) in British Columbia. –Can. For. Ecol.Manage. 137: 209-219p.

-G-

- Gade G., Hoffmann K. H. & Spring J. H., 1997-** Hormonal regulation in insects: facts, gaps, and future directions. *Physiological Reviews* Published 1 October 1997 Vol. 77 no. 4 : 963-1032.
- Gaouar A., 1980-** Hypothèse et réflexion sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. *Forêt médit.*, n°2, Marseille, pp 1-8.
- Garolera E., 1988-** Production mise en valeur, transformation et commercialisation, Problèmes et perspectives de la production de liège en Catalogne (Espagnole). *Forêt méd.*, T X, n°01, Paris. pp 160-161.
- Garrec J.P., 1994-** Les dépérissements littoraux d'arbres forestiers. *Rev. Forst. Fr.*, XLVI (5), N° spécial " Les dépérissements des arbres causes connues et inconnues", France. pp 454-457.
- Ghalem R., 2014-** Facteurs biotiques impliqués dans l'état sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Effet des insectes ravageurs sur les feuilles et les glands. Thèse de Doctorat, Univ. d'Annaba, Algérie. 180 p.
- Ghanem A., 1992-** Contribution à l'étude de l'entomofaune du chêne-liège (*Quercus suber*) dans la région de Larbatache (Boumerdes). Thèse Ing., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 43p.
- Golds Worthy A.C., Monde W. & Guthkelch J., 1972-** Studies on insect adipokinetic hormone. *Gen. Comp- Endocrinol-* 18: 306-314p.
- Goli A.H., Barzegar M. & Sahari M. A., 2004-** Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chem.* 92: 521-525.
- Gomes De Aizpurua C., 1986-** Biología y morfología de las orugas ; Lepidoptera.2.Cossidae-Sphingidae-Thaumetopoeidae-Lymantridae-Arctiidae .*Bol. Sanidad Veg.*, (6), 239pp.
- Greco J., 1966-** L'érosion, la défense et la restauration des sols. Le reboisement en Algérie. Pub. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, 393p.
- Guillaumin J.J., Bernard C.H., Delatour C. & Belgrand M., 1985-** Contribution à l'étude du dépérissement du chêne. Pathologie racinaire en forêt de Tronçais.*Ann. Sci. For.* 42 (r1). pp 1-22.

-H-

Haddan M., 1987- Recherche sur bio-écologie de *Phoracantha semipunctata* (F) (Col.Cerambycidae), ravageur xlophage des Eucalyptus: étude des facteurs de mortalité. Mém. Ing. Agron. Foresterie. Doc. Dépt. Zool. I.A.V.Hassan II (Rabat), 74pp+ill+ann.

Hamaidi F., 1992- Etude systématique, biogéographique et écologique des Araneae et carabidae dans le pâturage du massif de Djurdjura. Thèse de magister, I.N.S, U.S.T.H.B., Alger: 7 ,18p.

Haseeb M. & Amano H., 2002- Effects of contact, oral and persistent toxicity of selected pesticides on *Cotesia plutellae* (Hym., Braconidae), a potential parasitoid of *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae). *Journal of Applied Entomology* 126, 8–13.

Hasnaoui B., 1998- Régénération naturelle chêne-liège : difficultés et proposition de solutions: Actes du séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne-liège, Tabrka 22-24 October 1996, Ann. INRGREF, N° spécial :126-147p.

Hasnaoui F., Rjéibia N., Abbès C., Yacoubi W., Hasnaoui B., 2005- Contribution à l'étude du dépérissement du chêne-liège dans la forêt de Tabarka (Tunsie): relations entre nutriments et état sanitaire des arbres. *Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/wprs Bull.* 28(8), pp. 25-31.

Hayouni E.A., Abedrabba M., Bouix M. & Hamdi M., 2007- The effects of solvents and extraction methods on the phenolic content and biological activities *in vitro* of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chem.* 105: p 1126-1134.

Helgard R.R., 1983- Guide vert poche, Les Insectes 1985. Mosaik Verlag, Munich: 104-187P.

Heller S.R. & Miline G.W.A., 1980- The nih-epa chemical information system in support of structure elucidation. *Analytica Chimica Acta*, Volume 122, Issue 2, 6 November 1980. P117-138.

Herrera J., 1995- Acorn predation and seedling production in a low-density population of cork oak (*Quercus suber*L.). - for. Ecol Manage.76:197-201

Hirka A., 2003- Vizsgálatok a magyarországi tölgyek karpofág rovaraival. [Investigations oncarpophagous insects of oaks in Hungary.] PhD thesis, West Hungarian University, Sopron.

Hoffmann A., 1950- Coléoptères Curculionides. Faune de France, 52, Paul Lechevalier, Paris, 483pp.

Houée P., 1996- Les politiques de développement rural. Des années de croissance au temps d'incertitude. Paris: Economica, 321 p.

-I-

Ikermoud M., 2000- Evaluation des ressources forestières nationales. Alger : DGF. 39 p.

-J-

Jaramillo J., Borgemeister C., Ebssa L., Gaigl A., Tobón R. & Zimmermann G., 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

Jaulin S., 2004- Inventaire des estives du Massif des Albères. p : 66

Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M. & Elbert A., 2011- Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *J. Agric. Food Chem.* 59, 2897–2908p.

Joleaud L., 1936- Etude géologique région de Bône et de la calle. Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France. 200p.

Joly P., 1956- Croissance et indices de grégarisation chez *Locusta migratoria* (L.). *Insectes soc*

Jourdan M.L., 1935- Observations biologiques sur es macrolépidoptères du Maroc. *Rev. Pathol. vég. Ent. agric. Fr.*, 2(22), 1-37p.

-K-

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

Kadik B., 1987a- Aperçu sur les sols et la végétation des pineraies d'Eghti (Sidi-Bel- Abbès). *Ann. Rech. Forest. Algérie, I.N.R.F., Alger*, 1 : 7-21p.

Kadik B., 1987b- Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie. *Ecologie, dendrométrie et morphologie*. Ed. OPU. Alger, 508p.

Kellil H., 2011- Contribution à l'étude du complexe entomologique des céréales dans la région des hautes plaines de l'Est Algérien. Mémoire Magister. Entomologie agricole et foresterie.188p

Khanfouci M.S., 2005- Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* M) dans le massif du Belezma. Thèse de Magister. Université El Hadj Lakhdar de Batna, 244p.

Khelifi H., 1987- Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne-liège dans le Nord-Est Algérien. Thèse Magister, USTHB, 151p.

Killian C.H., 1961- Amélioration naturelle et artificielle d'un pâturage dans une réserve algérienne « Le Maghreb ». Mém. n°6 de la société d'histoire naturelle de l'Afrique. D.N. Ibr, 62p.

Kitching R.L., 1971- An ecological study of water filled tree holes and their position in the woodland ecosystem. *J. anim. Ecol.*, 40: 281-302.

Kocher L., 1961- Catalogue commenté des Coléoptères du Maroc. Fasc. 9, Rhynchophores. Trav. Inst. Sci. chérif. Zool., 24, 263 pp.

Kosmas C., Greece M. & Geeson N., 1999- Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. *Science, Research and Development*. EUR 18882. 94p.

- L -

Lagunez Rivera L., 2006- Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Doctorat en Sciences des Agro-ressources. L'Institut National Polytechnique de Toulouse. (No d'ordre : 2360), 335P.

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), Paris.13-51p.

Laurent C. & Lecomte H., 2006- La santé des forêts. *Res for* (3). 202-207P.

Lee M.H., Jeong J.H. & Oh M.J., 1992- Antioxidative activity of gallic acid in acorn extract. *Han'guk Yong yang Siklyong Hakhoechi*, 21: 693-700.

- Le Houerou H.N., Claudin J. & Pouget M., 1977-** Etude bioclimatique des steppes Algériennes. (Avec une carte bioclimatique à 1j1.000.000ème). Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord Alger, t. 68, fasc. 3 et 4.
- Leraut P., 2003-** Le guide entomologique ; plus de 5000 espèces européennes. Delachaux et Niestle S A Paris, p: 26, 128-235. www.delachaux-niestle.com
- Letreuch-Belarouci N., 1991** – Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d’avenir. Vols. 1-2. OPU, Alger, 641 p.
- Letreuch-Belarouci N., 1995a-** Réflexion autour du développement forestier. Les zones à potentiel de production. Les objectifs. Polycopié O.P.U. Alger.
- Letreuch-Belarouci N., 1995b-** Sylviculture spéciale. Éléments de réflexion de la mise en valeur des taillis de chêne vert. Etude d'un cas concret. Polycopié O.P.U. Alger, 66p.
- Letreuch-Belarouci A., Letreuch-Belarouci N., Medjahd B. & Benabdeli K., 2010-** Etude de la structure des peuplements de chêne-liège dans le massif Hafir-Zariffet (Nord-Ouest de l’Algérie), *IOBC wprs Bull*, vol ; 57: 42-48.
- Lévêque C. & Mounolou J.C., 2008-** Biodiversité: dynamique biologique et conservation. Dunod, 259 p.
- Lhoir J., Jean Fagot J., Yves Thieren Y. et Gilson G., 2003-** Efficacité du piégeage, par les méthodes classiques, des Coléoptères saproxyliques en Région wallonne (Belgique). Notes fauniques de Gembloux, n° 50. Pp 49-61.
- Lieutier F., 1991-** Les coléoptères Scolytidae en France et les recherches menées par l'INRA. Bull. Soc. zool. Fr., 11: 275-281p.
- Lieutier F., Pino J. & Delatour C., 1994-** Place des agents biotiques dans les dépérissements forestiers. Rev. Forst. Fr., XLVI (5), N° spécial " Les dépérissements des arbres causes connues et inconnues". France. pp 418-421.
- Lindquist A.W. & Wilson H.G., 1948-** Development of a Strain of Houseflies Resistant to DDT. *Science* 107, 276.
- Lohele C., 1988-** Tree life history strategies: the role of defenses. Can.For.Res. 18: 209- 222.
- Lorimer C.G., Chapman J.W. & Lambert W.D., 1994-** Tall understorey vegetation as a factor in the poor developpement of oak seedlings beneath mature stands.-J .Ecol. 8: 227-237p.

Louat F., 2014- Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Agricultural sciences. Université d'Orléans.224p.

Louro, G., 1999- Avaliação da aplicação de programas de apoio à floresta na região do algarve, Direcção Geral das Florestas (*DGF- Lisboa*), Portugal.

Luciano P. & Prota R., 1985- - Due metodi per valutare la densità di popolazione di *Lymantria dispar* L. Atti XIV Congr. Naz. Ital. Ent., 1985: 599-606p.

Luciano P. & Prota R., 1995- Insect pests in Sardinian cork-oak forests. IOBC wprs Bull., Vol. 18 (6) 1995: 1-7.

Luciano P., Delrio G. & Prota R., 1982- I defoliatori delle foreste a *Quercus suber* L, *Studi Sass.sez.*, 3,Ann Fac.Agr.Univ. Sassari, 29, 321-365p.

Lumar J.P., 2010- Pastoralismes et Entomofaune. Association Française de Pastoralisme. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolution. 13p.

-M-

Mac Arthur R., 1994- Cork oaks and cork: A new Zeland perspective. The grove Picton. New Zeland.

Machouri N., 2009- Changement de mode de vie de la population et conséquences sur la durabilité des ressources forestières, le cas des communes rurales de sidi Bettache et Bir Ennasr (province de Benslimane). *Revue de Géographie du Maroc* N°1-2, volume 25, nouvelle série, pp. 131-146 (Publication de l'Association Nationale des Géographes Marocains ANAGEM).

Magri D., Fineschi S., Bellarosa R., Buonamici A., Sebastiani F., Schirone B., Simeone M.C., Vendramin G.G. & Blackwell Publishing Ltd. 2007- The distribution of *Quercus suber* chloroplast haplotypes matches the palaeogeographical history of the western Mediterranean. *Molecular Ecology* 16, 5259–5266 p.

Mahari S., 1980- Etude de la communauté des insectes frondicoles dans la forêt de Mamora (Maroc). Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Aix-Marseille, 295pp.

Maire R., 1926- Note phytogéographiques de l'Algérie et de la Tunisie avec carte/ Alger.

Maire R., 1961- Flore de l'Afrique du Nord. Vol. 7. Paul Lechevalier, Paris, 329p.

- Maiza A., Kilani S., Farine J.P., Smaghe G., Aribi N. & Soltani N., 2004-** Reproductive effects in *German cockroaches* by ecdysteroid agonist (RH- 0345), juvenile hormone analog (méthoprène and carbamate benfuracarb. *Comm. Appl. Biol. Ghent University*.69/3. P 257.
- Malphettes C.B., 1990-** Les défoliateurs du chêne. *Rev. For. Fr.* XLII – 2.
- Malençon G.& Marion J., 1951-** Les modalités épidémiologiques de *Hypoxylon mediterraneum* (D. Ntrs.) & E. Ntrs. en Afrique du Nord. Extrait du fascicule IV du 70° Congrès de l'Afas. Tunis.
- Manion P.D., 1981-** Tree disease concepts. Englewood Cliffs (N .J .) : Prentice Hall, 324 p.
- Manjauze A., 1958-** Les aspects agronomiques du reboisement en Algérie. Cahier des Ingénieurs Agronomes. Extr. Paris, 6p.
- Manos P.S. & Stanford M.A. 2001-** The historical biogeography of Fagaceae: tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere *Int. J. Plant Sci.* 162(6 Suppl.):S77–S93. 2001. The University of Chicago. 1058-5893.
- Marc H., 1930 -** Notes sur les forêts de l'Algérie. Paris : Larose, 696 p.
- Marc M., 1916-** Notes sur les forêts de l'Algérie. Typographie, Adolphe Memoire de magister. Univ Annaba. 148 p.
- Marion J., 1951-** La régénération naturelle du chêne-liège en Mamora. *Ann. Rech. For. Maroc.* Rapport annuel : 25-57p.
- Marre A., 1987-** Géomorphologie du Tell oriental Algérien. Méditerranée Volume 63 Numéro 1: 68-70p.
- Meriguet B. & Zagatti P., 2008-** Étude des Coléoptères saproxyliques et coprophages du site Natura 2000 des coteaux du Tursan. OPIE – Conseil général des Lande. 74 p.
- Meriguet B., 2008-** Modèle de piège d'interception ultra-léger. *L'Entomologiste.* 3.
- Merouani H., Branco M., Almeida M.H. & Pereira, J.S., 2001a-** Comportement physiologique des glands de chêne-liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs.- *Ann.for.Sci.*58 :143-153p.
- Merouani H., Branco M., Almeida M.H. & Pereira J.S., 2001b-** Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. –*Ann. For. Sci.* 58: 542-554p.

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) 143–153p. 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/WPRS Bull.* 28(8): 129-136.

Messaoudene M., 1984- Résultats des essais de semis directs du chêne-liège à Melata. *Rapport Interne, Inst. Nation. Rech. For.* (INRF, Algérie), 10p.

Messaoudene M., Menta B. & Djouher N., 1998- La régénération naturelle de *Quercus suber* L. dans la forêt domaniale des Beni-Ghobri (Algérie).-In : Actes du séminaire Méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne-liège, Tabarka 22-24 Octobre 1996, Ann. INGRES. N° spécial: 73-86p.

Messaoudene M., Messaoudene K & Mezani A., 2006- Le renouvellement par rejets de souche du chêne-liège cas de la subéraie de Bouhlalou (Wilaya de Tizi- Ouzou). Acte séminaire "Gestion intégrée des forêts de chêne-liège et de pin d'Alep". Ann. INGRES. N° 09 (T.1), Hammamet 15-17 novembre, Tunisie, pp 240-251.

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

Montaya J.A.M. & Iranzo F.T., 1997- Efecto del ataque de *Balaninus elephas* Gyll. (Coleoptera : Curculionidae) sobre la germinacion y peso de la bellota de *Quercus ilex* L. 6^a Jornadas Cientificas. *Sociedad Española de Entomología Aplicada*, 148p.

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

-N-

Nageleisen L.M., 1993- Les dépérissements d'essences feuillues en France. *Revue forestière française*, vol. XLV, n° 6. 605-619p.

Nageleisen L.M., 2005- Dépérissement du Hêtrez: présentation d'une méthode symptomatologique de suivi . Rev. For. Fr. LVII – (2)

Nash T., 2008- *The Biology of Lichens* . Cambridge University Press, 978-0-521-87162-4 - Lichen Biology, Second Edition

Natividade J.V., 1950- Subericultura Min. Agricultura, Pescas e Alimentação. Dir. Geral das Florestas. 387 pg. reimpressão de 1990, (1^aed. 1950).

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

Neubueser D., Warren J.T., Gilbert L.& Cohen S.M., 2005- Molting defective is required for ecdysone biosynthesis. *Dev. Biol.* 280(2): 362--372.

Nicolas M., 2009- Les insectes et la forêt. *Le rôle des insectes dans les écosystèmes forestiers* CRPF de Bretagne. 1-9p.

Nielsen B.O., 1978- Food resource partitioning in the beech leaf-feeding guild. *Ecol. Ent.*,3: 193-201.

Nieves-Aldrey J.L., 1992- Revisión de las especies europeas del género *Callirhytis* Foerster (Hymenoptera, Cynipidae). *Graellsia* 48: 171-183.

Normand S., 1998- Les sapins en milieu méditerranéen, aspects phytosanitaires. *Forêt méditerranéenne t. XIX*, n° 2.136-139p.

-O-

Oberlander H., Silhacek D. & Porcheron P., 1995- Non steroidal ecdysteroid agonists: 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.

Ouelmouhoub S., 2005- Gestion multiusage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Mémoire Master of Science du CIHEAM-IAMM : Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier. 129 p.

Ouelmouhoub 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.

Ozenda P., 1977- Flore du Sahara. Edit. du CNRS. 625p.

-P-

Pausas J. G., Pereira J. S. & Aronson J., 2009- Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration. Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK: 11 – 21p.

PEFC., 2013: Cahier des charges d'exploitation pour la récolte du liège. (Point 7 de l'annexe 7 cahier des charges national pour l'exploitant forestier).1-4p.

Pena M., 2001- Les Carabidae (Coléoptera) des hauts sommets de Charlevoix : Assemblages et cycles d'activité dans les environnements alpin, subalpin et forestier. Mémoire des, Université Québec, Rémouski, 59 p.

Petrov M. & Genov K., 2004- 50 years of cork oak (*Quercus suber* L.) in Bulgaria. Naukaza Gorata (forest Science), 3: 93-101p.

Peyrimhoff P., 1941- Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Imp. Bacconier Frères, Alger, 70p + Pls.

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

Pietta P.G., 2000- Flavonoids as antioxidants. J. Nat. Prod., 63: 1035–1042.

Pinelo M., Rubilar M., Sineiro J. & Nunez M. J., 2004- Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*). Food Chem. 85: 267-273.

Pujade-Villar J., Boukreris F., Saimi F., Bouhafs F et Bouhraoua R. T., 2010- Cynipidés gallicoles (Hymenoptera, Cynipidae) trouvées sur *Quercus suber* et *Q. faginea* dans le massif forestier de Hafir-Zarieffet (Tlemcen, Algérie) et mise à jour de la connaissance des Cynipini algériens. *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 34 (1-2): 183-198.

Pujade-Villar & Ben-Jamâa, 2011- First record of *Neuroterus minutulus* galls on *Quercus suber* and first record from Tunisia (Hymenoptera, Cynipidae). *Nouv. Revue Ent. (N.S.)*, Fasc. 4: p. 327-332.

Pujade-Villar J., Grami M., Ben Mlik Z., Mnara S. & Ben Jamâa M.L., 2011- Les Cynipidae des chênes (Hymenoptera) collectés dans la chaîne montagneuse de Khmir (Tunisie) et mise à jour des connaissances sur les Cynipini tunisiens. *Orsis* 25, 157-176.

Pujade-Villar J., Mata-Casanova N., Benjamâa M.L., Grami M., Ouakid M.L., Adjami Y., Ghanem R., Bouhraoua R., Boukreris F., Benia F., Messaoudene M., Haddar L., 2012- Les cynipidés gallicoles des chênes d’Afrique du Nord: espèces curieuses et espèces potentiellement dangereuses (Hymenoptera: Cynipidae) *IOBC/wprs Bulletin* Vol. 76 : 225-232p.

-Q-

Quezel, P., 1957- Peuplement végétal des hautes montagnes de l’Afrique du Nord. Le chevalier Ed., Paris.

Quezel P. & Santa S., 1962, 1963- Nouvelles flores de l’Algérie et des régions méridionales. CNRS. Paris. 1700p.

Quezel P. & Barbero M., 1989- Les formations à genévrier rampant du Djurjura. Leur signification écologique, dynamique et syntaxonomique dans une approche globale des cédraies Kabyles. *Lazaroa*, II, pp 85-99.

Quezel P., Bonin G. & Loisel R., 1990- Recent plant invasions in the circum-mediterranean region: 1-60 in: Di Castri, F., Hansen, A. I. & Debussche M. (eds.). *Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin*. -Dordrecht.

Quezel P., Barbero M., Benabid A. & Rivas Martinez S., 1994- Le passage de la végétation méditerranéenne à la végétation saharienne sur le revers méridional du haut Atlas oriental (Maroc), *Phyto*. 22 (4) 337-582p.

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

-R-

Raffa K.F. & Smalley E.B., 1988- Response of red and jack pines to inoculation with microbial associates of the pine engraver, *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae). *Can. J. For. Res.* 18: 581-586p.

Rakić S., 2000- Effect of oak acorn extracts on lipid oxidation kinetics. *J. Agri. Sci.* Edited by Agricultural Faculty Belgrade, 45: 139–145.

Rakić S., Maletić R., Perunović M., & Svrzić G., 2004- Influence of thermal treatment on tannin content and antioxidation effect of oak acorn *Quercus cerris* extract. J. Agri. Sci. Edited by Agricultural Faculty Belgrade, 49: 97–106.

Rakić S., Povrenović D., Tesjević V., Simić M. & Maletić R., 2006- Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. Journal of Food Engineering, 74, 416–423.

R.D.C.O.N., 2015- La Mort subite du chêne Phytophthora ramorum .FREDON Corse.

Remacha Gete A., 2002- Tecnología del corcho. Editorial Visión Libros, 2002. ISBN 8498861527.

RGPH., 1998 - Recensement General de la population et de l'Habitat. Algerie, CD. Les principaux résultats de l'exploitation exhaustive, Algérie, Office National des Statistiques.

Ricard D., Minto C., Jensen O.P. & Julia K Baum., 2011- Examining the knowledge base and status of commercially exploited marine species with the RAM Legacy Stock Assessment Database. *F i s h and F i s h e r i e s*. 19p.

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

Ruiu P.A., Sechi C., Linaldeddu B. T. & Franceschini A, 2005- Création d'un réseau de surveillance du dépérissement des subéraies en Sardaigne et analyse des premiers résultats. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull.* 28(8), pp. 45-51.

Rungs Ch., 1937- Un nouvel ennemi du chêne-liège au Maroc. *Bull.Soc.Sci.nat.phys.Maroc*, 17, 13-14.

Rungs Ch., 1981- Catalogue raisonné des Lépidoptères du Maroc. Inventaire faunistique et observations écologiques. Trav. Inst. sci. Zool., 40 (1), 224-588.

-S-

Saccardy L., 1937- Notes sur le chêne-liège en Algérie. Bulletin de station de recherches forestières (du Nord de l'Afrique), tome 2 fascicule n°3. Ed. Service des forêts, 273-363.

Saccardy L., 1938- Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie (Suite et fin). In: *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*. 18e année, bulletin n°204-205, Août-septembre. pp 574-593.

Santos Pereira J., Burgalho M.N. & Caldeira M.C., 2008- From the cork oak to cork. A sustainable system. APCOR (Portugal). 44p.

Sarthou J.P., 1996- Contribution à l'étude systématique, biogéographique et agroécocénotique des Syrphidae (Insecta, Diptera) du Sud-Ouest de la France - Thèse de doctorat ; INP-ENSAT, 251 p.

Sauvage CH., 1960- Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Trav. Inst. Sci. Chérif, Bot., 21, 454p.

Sauvage CH., 1961- Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Travaux inst. Sci. Cherif. Serv. Bot. 21 : 1-462 + annexes.

Schiaffino A., Franceschini A., Maddau L. & Serra S. 2002: Molecular characterisation of *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) O. Kuntze strains isolated from declining trees of *Quercus suber* L. in Sardinia. – *IOBC/wprs Bull.* 25 (5): 37-40.

Sebei H., Albouchi A., Rapp M et El Aouni M.E., 2004- Productivité en biomasse du chêne-liège dans une séquence de dégradation de la subéraie à Cytise de Kroumirie (Tunisie). *Ann. For. Sci.* 61. INRA, EDP Sciences. 347-361 p.

Sechi C., Ruiu P.A., Franceschini A. & Corda P., 2002- Nouvelles recherches sur l'extension des phénomènes de dépérissement dans les subéraies de Sardaigne. *IOBC/wprs Bull.* 25(5): 5-12p.

Seifert J. & Stollberg J., 2005- Antagonism of a neonicotinoid insecticide imidacloprid at neuromuscular receptors. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 20 (2005) 18–21
Spaic I., 1986. On the control of the Gypsy moth in Yugoslavia. Experiences and outlook? *Proc. I.U.F.R.O. Congr. (Ljubljana)*, 2(2), 765-776.

Seigue A., 1985a- La forêt méditerranéenne et ses problèmes. Paris : Maisonneuve et La rose. 502 p.

Seigue A., 1985b – La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, Techniques agricoles et productions méditerranéennes, Ed. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., Paris, 69-82p et 302-305p.

Seltzer P., 1946- Le climat de l'Algérie. La typo-Litho, Alger, 249p.

Shibko S., Koivistonen P., Tratnyneck C., New Hall. et Feidman L., 1966- A method for the sequential quantitative separation and determination of protein , RNA , DNA, lipid and glycogen from a single rat liver Homogenate or from a subcellular fraction- *Analyt. Biochem* 19: 415-528.

- Silva J.S. & Catry F., 2006-** Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *Int. J. Environ. Studies*, 63: 235 – 257.
- Sippola A.L., 2001-** Forest structure and biodiversity in northern boreal forests; effects of regeneration cutting on flying beetles and wood-decomposing fungi; Artic Centre Reports, 62p.
- Skuhrava M., Skuhrava V., Blasco-Zumeta J. & Pujade-Villar J., 2006-** Gall midges (Diptera :Cecidomyiidae) of Iberian Peninsula 2. Zoogeographical analysis of the gall midge fauna. *Buln.Asoc.Esp.Ent.*30 (1-2) :93-159.
- 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 dibenzoylhrazines in *Spodoptera exigua*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 41: 42-53.
- Smallwood P.D., Steele M.A. & Faeth S.H., 2001-** The ultimate basis of the caching preferences of rodents, and the oak-dispersal syndrome: tannins, insects, and seed germination. *Am. Zool.* 41, 840–851
- 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): 1088-1091p.
- Soltani- Mazouni N., Taïbi F, Berghiche H., Smagghe G. & Soltani N, 2002-** RH-0345 frestored partly the effects induced by KK-42 on reproduction events in mealworm. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 66/20.
- Sondergaard P., 1991-** Essais de semis de chêne-liège (*Quercus suber* L.) dans la forêt de Bab Azhar, une subéraie de montagne au Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc*, 25: 16-29p.
- Soria S., 1987-** Lepidopteros defoliadores de *Quercus pyrenaica* Willdenow, 1805. *Bol. de Sanidad Veg.*, 7, 302pp.
- Soria F.J. & Cano E., 1997-** Ocete ME Efetos del ataque de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Coleoptera : Curculionidae) en el frutodel alcornoque (*Quercus suber* Linné). 6^a Jornadas Cientificas. *Sociedad Española de Entomologia Aplicada.*

Sork V.L. & Bramble J.E., 1993- Prediction of acorn crops in three species of North American oaks: *Quercus alba*, *Q.rubra* and *Q.velutina*.-*Ann. For.Sc.* 50 (suppl. 1):128-136. Virginia, 223– 231p.

Sparks T.C., 2013- Insecticide discovery: An evaluation and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 107, 8–17.

Speight M.C.D., 1989- Les invertébrés saproxyliques et leur protection. Collection Sauvegarde de la Nature. N°42, Conseil de l'Europe, Strasbourg, 77 pages.

Steele M.A., Knowles T., Bridle K. & Simms E.L., 1993- Tannins and partial consumption of acorns: implication for dispersal of oaks by seed predators. *Am. Midl. Nat.* 130, 229– 238.

Stewart P., 1975- Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afri. Nord.* 65, 12. 239-245p.

Stone G.N. & Schönrogge K., 2003- The adaptive significance of insect gall morphology. (Winston (1956).Livre Dijon glands

Sun T. & Ho C., 2005- Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chem.* 90: 743-749.

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

-T-

Tomé H.V.V., Martins G.F., Lima M.A.P., Campos L.A.O. & Guedes R.N.C., 2012-

Touati L., 2010 - Etude d'un défoliateur majeur du chêne liège: *Lymantria dispar* (Lepidoptera ; Lymantriidae). Bioécologie dans les milieux naturels. Essais de lutte par les IGRs. Thèse de Magistère, Université d'Annaba, Algérie.

Toubal B.O., 1986- Imidacloprid-induced impairment of mushroom bodies and behavior of the native stingless bee *Melipona quadrifasciata* anthidioides. *PLoS ONE* 7, e38406.

Tuset J.J. & Sánchez G., 2004- “LA SECA : El decaimiento de encinas, alcornoque outros *Quercus* en España”. Ed. Min de Medio Ambiente, Organismo Autónomo Parques Nacionales;

-V-

Vaillant F., 1978- Les Systemus et leur habitat dendrotelme ; Bulletin de la société entomologique de France 83, pp.73-85.

Vander Wall S.B., 2001- The evolutionary ecology of nut dispersal. *Bot. Rev.* 67, 74–117.

Varela M.C., 2008- Dépérissement des peuplements de chêne-liège et changement climatique. *forêt méditerranéenne t. XXIX, n° 2*.P209-212.

Veillon S., 1998- Guide technique de subériculture dans les Pyénées- orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. FIF-ENGREF, Institut méditerranéen du liège, Compagnie Bas-Rhône-Languedoc ; 1998.

Vignes E., 1990– Le traitement des taillis de chêne dans le Var. O.N.F. Arborescence. N°26.pp 21-23p.

Villemant C., 1989a- Ennemis naturels et introduits des œufs et des pontes. In A. Fraval: *Lymantria dispar. coll .Doc. sci. Techn., Actes Editions, Rabat, 93-124.*

Villemant C. & Fraval A., 1991- La faune du chêne-liège-Actes édition, Rabat : 336p.

Villemant C. & Sousa E., 2001- IOBC / WPRS Working group “ Integrated Protection in Oak Forests ” Proceedings of the meeting at Lisbonne (Portugal). Bulletin OILB srop Vol. 25 (5).

Villemant & Fraval., 2002- Les insectes ennemis du liège – *Insectes. n°125. (2).*

–W–

Walfgang D. et Warner R., 1992- Guide des insectes (La description, l’habitat, les mœurs). Delachaux et Niestle SA, Paris: 86-123p.

Weckerly F.W., Sugg D.W. & Semlitsch R.D., 1989- Germination success of acorns (*Quercus*): insect and tannins. Can. J. Forest Res. 19, 811–815.

Wu J.Y., Anelli C.M. & Sheppard W.S., 2011- Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee (*Apis mellifera*) development and longevity. *PLoS ONE* 6, e14720.

-Y-

Yessad, S.A. & André, P. 2000- Le chêne-liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. – L’ASBL Forêt Wallone: 190 p.

Yessad S.A., 2001- Le chêne-liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentale. Edit.MRW, 123p.

-Z-

Zafeiridou G. & Theophilidis G., 2005- The action of the insecticide imidacloprid on the respiratory rhythm of an insect: the beetle *Tenebrio molitor*. *Neuroscience Letters* 365 (2004) 205–209.

Zeraia L., 1981- essai d'interprétation comparative des données écologique, phénologique et de production subero-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provence Cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille, 367 p.

Zeraïa L., 1982 - - Le chêne-liège : phytosociologie, édaphologie, régénération et productivité. Alger : Institut National de la Recherche Forestière, 159 p.

Zine M., 1992- Situation et perspectives d'avenir du liège en Algérie. Actes du colloque (Les subéraies méditerranéennes), *Vives*: 98-107p.

Zuo Y., Chen H. & deng Y., 2002- Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, oolong, black and pu-erh teas using HPLC with photodiode array detector. *Talanta*, 57: 307-316.

Résumé

Des phénomènes d'une ampleur inhabituelle de déclin des forêts ont été observés ces dernières années en même temps qu'une augmentation générale de l'incidence de divers agents biotiques. En Algérie ce phénomène a touché particulièrement les forêts de chênes lièges (*Quercus suber*) qui a induit une réduction de son aire de répartition. Dans cet axe nous nous sommes intéressés à étudier l'état sanitaire des subéraies de Nord-Est Algérien pour mieux connaître les facteurs associés à ce déclin ainsi que leurs nombreuses et complexes interactions.

Les travaux de recherches que nous avons entrepris durant 7 années au niveau de la subéraie d'El-Kala complétés par une étude de deux ans dans les subéraies de Souk-Ahras et l'Edough nous ont permis de réaliser plusieurs examens sur les différentes parties des arbres (examen du houppier, du tronc et des fruits) dont l'évaluation de l'état sanitaire du peuplement du chêne liège a montré que l'estimation de la défoliation et la décoloration comme deux indicateurs pertinent de la vitalité des arbres indique un accroissement marqué par l'indice de dépérissement dans les subéraies d'El-Kala qui passe d'un début de dépérissement à un dépérissement assez grave, tandis que dans les subéraies de Seraidi nous avons un début de dépérissement, bien que dans les subéraies de Souk-Ahras les sujets étudiés sont sains.

L'examen du tronc et la zone sous corticale montre que les insectes xylophages et la flore lichénologique sont omniprésents dans les subéraies d'El-Kala suivis par ceux de Seraidi alors qu'à Souk-Ahras leur présence est faible. En revanche certains paramètres présentent une fluctuation de taux d'observation des crevasses, les écoulements divers, les suintements noirâtres, des croûtes charbonneuses, et des déhiscences du liège.

L'examen minutieux des feuilles a montré une infestation importante par les phyllophages soit en décapreuse ou en perforation, suivis par les feuilles nécrosées et ceux présentant des galles. Cependant les feuilles endommagées par les phyllophages et les nécroses appartiennent en générale à la catégorie des feuilles moyennement endommagées et cela pour les trois subéraies.

Concernant l'étude des glands du chêne-liège, ces derniers sont infestés par des Carpophages qui appartiennent à un Coléoptère de *Curculio* sp, des Lépidoptères représentés par *Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana*, *Pammen faciana* et par des galles de *Callirhytis glandium*. Des techniques biochimiques nous ont permis de mettre en évidence les différents métabolites issus du métabolisme basal tel que les lipides, les glucides et les protéines au niveau de l'amande et du péricarpe, le contenu de ces métabolites varie en fonction du degré de l'attaque des glands. Le dosage des composés phénoliques à travers plusieurs solvants organiques nous a permis d'extraire de grandes quantités de polyphénols surtout avec l'éthanol comme solvant, l'eau et l'acétone. Enfin pour lutter contre les Carpophages des glands, nous avons testé l'effet de deux insecticides de RH-0345 et l'imidacloprid. Nous avons montré que l'effet du traitement se traduit sur la germination puisque nous avons observé des glands attaqués et traités présentant un taux de germination qui dépasse celui du témoin.

Concernant l'inventaire des Coléoptères, nous avons recensé 101 espèces réparties en 21 familles de Coléoptères à Seraidi, suivi par 66 espèces avec 19 familles à El-Kala, et 41 espèces avec 16 familles à Souk-Ahras. Selon cette liste nous avons déterminé 8 types de régimes alimentaires (les saproxylophages, xylophages, prédateurs, mécytophages, polyphages coprophage phytophages, détritivores).

Mots clés: Nord-Est Algérien, Subéraie, Chêne-liège, dépérissement, gland, feuille, Coléoptère

Abstract

phenomenon of an unusual width of decline of the forests these last years were observed at the same time as a general increase of the incidence of various biotic agents. In Algeria this phenomenon touched particularly the forests of the cork oak forest (*Quercus suber*) which induced a reduction of its surface of distribution. In this axis we were interested to study the medical condition of the subéraies of the Algerian North-East for better knowing the factors associated with this decline like their many and complex interactions. The research tasks which one undertook during 7 années on the level of the subéraie of El-Kala supplemented by a two years study in the subéraies of Souk-Ahras and Edough enabled us to carry out several examinations on different the parts of the trees (examination of the houppier, the trunk and the fruits) whose evaluation of the medical condition of the settlement of the oak cork showed that the estimate of defoliation and discolouration as two indicators relevant of the vitality of the trees indicates an increase marked in the index of deterioration in the subéraies of El-Kala which passes from a beginning of deterioration with a rather serious deterioration, while in the subéraies of Seraidi there is a beginning of deterioration, although in the subéraies of Souk-Ahras the studied subjects are healthy. The examination of the trunk and the zone under cortical watch that the xylophagous insects and the lichenologic flora omnipresent in the subéraies of El-Kala are followed by those of Seraidi whereas with Souk-Ahras their presence is weak. On the other hand certain parameters present a fluctuation of rate of observation of the cracks, the various flows, the blackish seepages, carbonaceous crusts, and déhiscences of cork. The meticulous examination of the sheets showed an important infection by the phyllophagous ones is out of scourer or in perforation, followed by the sheets necrosed and those presenting of Wales. However the sheets damaged by the phyllophagous ones and necrose them, they belong in general to the category of the fairly damaged sheets and that for the three subéraies. Concerning the study of the acorn cork oak, the latter are infested by with Carpophages which belong to a Coleopter of *Curculio sp*, Lepidopterans represented by *Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana*, *Pammen faciana* and by of Wales de *Callirhytis glandium*. Biochemical techniques enabled us to highlight different the metabolites resulting from the basal metabolism such as the lipids, the glucids and the proteins on the level of almond and the pericarp, the contents of these metabolites vary according to the degree of the attack of the nipples. The proportioning of the phenolic compounds through several solvents organics enabled us to extract from great quantities of polyphenols especially with ethanol like solvent, water and acetone. Finally to fight against Carpophages of the nipples, we tested the effect of two insecticides of RH-0345 and the imidacloprid. We showed that the effect of the treatment is translated on germination since one observed attacked nipples and treaties showing a rate of germination which exceeds that of the witness. Concerning the inventory of the Coleopters, we listed 101 species divided into 21 families of Coleopters with Seraidi, followed by 66 species with 19 families to El-Kala, and 41 species avec 16 families with Souk-Ahras. According to this list we determined 8 types of food modes (saproxylophages, xylophagous, predatory, mécytophages, polyphagous coprophage phytophagous, detritivore).

Keywords: The Algerian North-East, Cork oak forest, declin, acorn, leaf, Coleopter

الملخص:

ظواهر كبيرة غير اعتيادية لتراجع الغابات لوحظت في السنوات الأخيرة مع زيادة عامة في معدل الإصابة لمختلف العوامل الحيوية. في الجزائر هذه الظاهرة مست بشكل خاص غابات الفلين (*Quercus suber*) التي أدت إلى نقص في نطاق توزيعها. في هذا المحور نحن مهتمون بدراسة الحالة الصحية لغابات فلين الشمال الشرقي للجزائر من أجل فهم أفضل للعوامل المرتبطة بهذا التراجع و أيضا العديد من تفاعلاتها المعقدة.

أعمال البحث التي أجريت خلال سبع سنوات في غابات الفلين بالقالمة تستكمل بدراسة لمدة عامين في غابات الفلين بسوق أهراس والأدوغ، التي تسمح لنا بأداء العديد من الفحوصات على أجزاء مختلفة للأشجار (فحص التاج والجذع والثمار) ، بما في ذلك تقييم الحالة الصحية لعشائر البلوط الفليني تبين أن التقدير لتساقط الأوراق وتغير لونها كاثنين من المؤشرات ذات الصلة بحيوية الأشجار التي تشير إلى زيادة ملحوظة في مؤشر التدهور لغابات الفلين بالقالمة الذي انتقل من بداية التدهور إلى تدهور خطير نوعا ما، بينما في غابات الفلين التي بسرايدي نجد بداية التدهور، على الرغم من أن في غابات الفلين بسوق أهراس العينات المدروسة تتمتع بصحة جيدة.

فحص الجذع والمنطقة تحت القشرية يبين أن حشرات آكلة الخشب و أشنة النباتات في كل مكان في غابات الفلين بالقالمة، تليها تلك التي بسرايدي بينما في سوق أهراس وجودهم منخفض. ولكن بعض المعلمات لديها تذبذب في نسبة الملاحظة للشقوق ، وتدفقات مختلفة، التسرب المسود، القشور الفحمية ، وتفزر في الفلين.

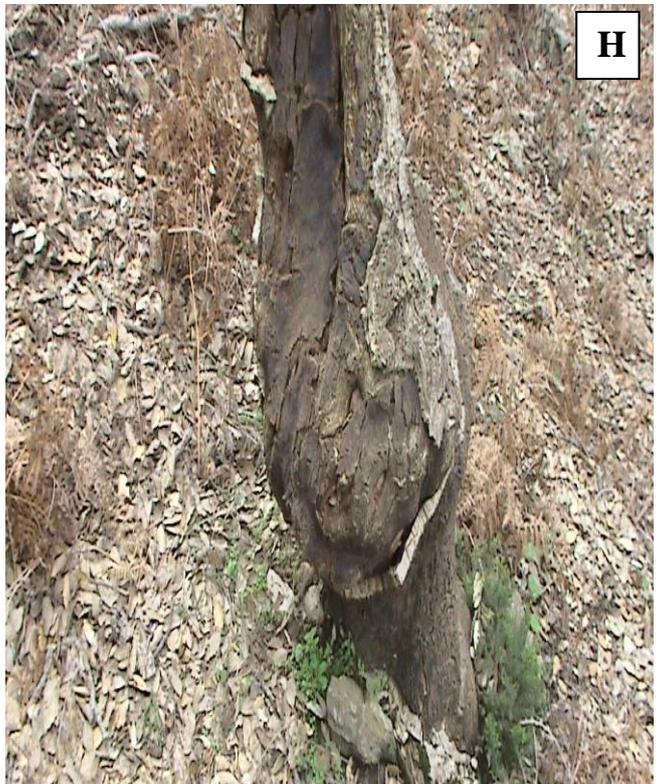
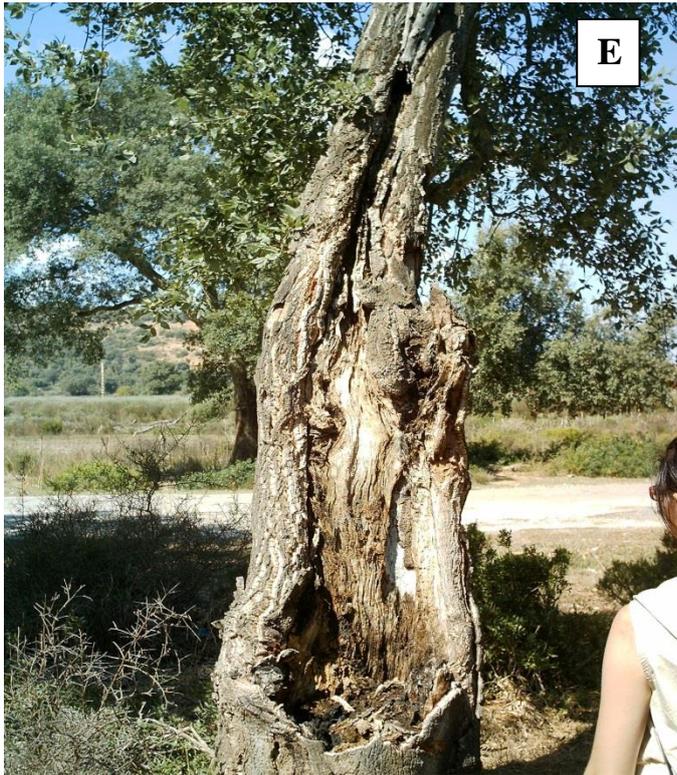
وأظهر الفحص الدقيق للأوراق إصابة كبيرة من طرف الحشرات الآكلة للأوراق، إما مكشطة أو مثقوبة، تليها الأوراق الميتة والتي تحمل العفص. لكن الأوراق التي تضررت بالحشرات الآكلة للأوراق و الميتة، تنتمي في العموم لفئة الأوراق المتوسطة الضرر وهذا من أجل غابات الفلين الثلاثة.

فيما يتعلق دراسة بلوط الفلين، هذه الأخيرة مصابة بالحشرات الآكلة للبلوط، التي تنتمي إلى الخنفساء *Curculio sp* ، قشريات الجناح الذي يتمثل في *Cydia splendana*، *Cydia fagiglandana* ، *Pammen faciana* وبالعفص *Callirhytis glandium*. تقنيات الكيمياء الحيوية تسمح لنا بتسليط الضوء على نواتج الأيض المختلفة من عملية الأيض القاعدي مثل الدهون والكربوهيدرات والبروتينات على مستوى اللب والقشرة ، ومحتوى هذه المركبات يختلف تبعا لدرجة الهجوم للبلوط. سمحت لنا جرعة من المركبات الفينولية من خلال العديد من المذيبات العضوية باستخراج كميات كبيرة من مادة البوليفينول وخاصة مع الإيثانول كمذيبات والماء والأسيتون. وأخيرا لمكافحة الحشرات الآكلة للبلوط ، قمنا باختبار تأثير اثنين من المبيدات الحشرية RH-0345 وايميداكلوبريد. وأظهرت لنا أن تأثير العلاج ينعكس على الانتاش لأننا لاحظنا البلوط المهاجم والمعالج يمثل نسبة الانتاش تفوق على البلوط الشاهد.

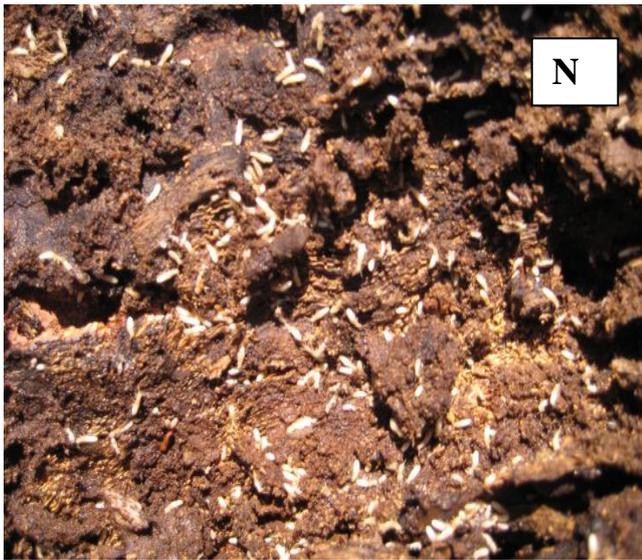
وفيما يتعلق جرد فصيلة الخنافس، جمعنا 101 نوعا موزعة في 21 عائلات من الخنافس في سرايدي، تليها 66 نوعا مع 19 عائلة بالقالمة، مع 16 نوعا و 41 عائلة بسوق أهراس. ووفقا لهذه القائمة حددنا ثمانية أنواع من الأنظمة الغذائية (les saproxylophages, xylophages, prédateurs, mécytophages, polyphages coprophage phytophages, détritivores).

الكلمة المفتاح: الشمال الشرقي الجزائري، غابات الفلين، الفلين، التدهور، البلوط، الورقة، الخنفساء.







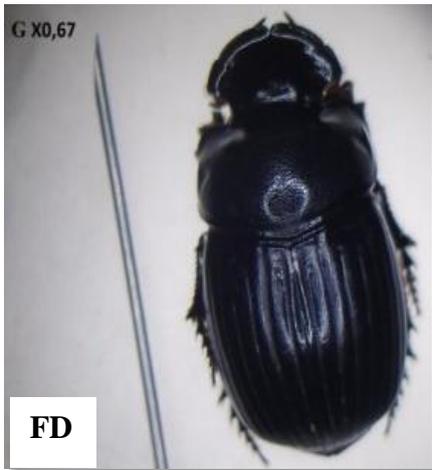


Annexe. 1: Les différents descripteurs utilisés dans l'examen du tronc et la zone sous corticale (Cliché personnel)

(A): Blessure, (B): déliègagement illicite, (C): Suintement noirâtre, (D): Croûte charbonneuse, (E): Crevasse, (F): La flore lichénologique (G): Trous d'insectes xylophages, (H): Déformation du tronc, (I): La déhiscence du liège, (J): Un arbre démasclé représente un nombre d'écorçage égale à 1, (K): Arbre échantillon mort, (L) et (M): la présence des insectes xylophages, larves de Coléoptères dans le tronc d'un arbre mort, (N) et (p): La présence aussi des colonies de termites (A gauche soldat de *Reticulitermes lucifigus* et à droite ouvrier de *Reticulitermes lucifigus*).

1. Famille: *Scarabaeidae*

Genre et espèce: *Copris lunaris*



Genre et espèce: *Oryctes nasicornis*



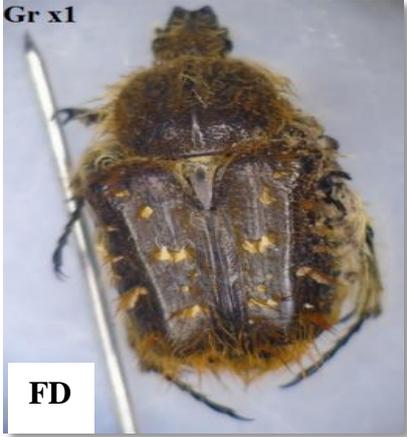
Genre et espèce: *Potosia fieberi*



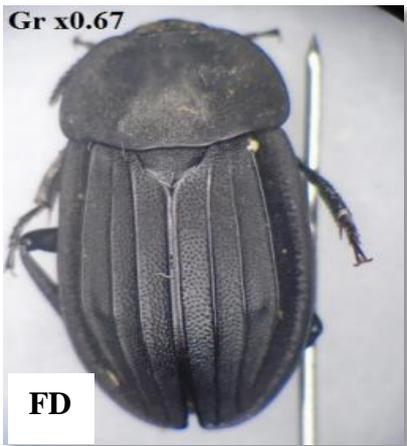
Genre et espèce: *Rhizotrogus aestivus*



Genre et espèce: *Tropinta hirta*



Genre et espèce: *Silpha granulata*



2. Famille: Curculionidae.

Genre et espèce: *Polydrosus cervinus*



3.Famille: Hydrophiloidae

Genre et espèce: *Spharites sp*



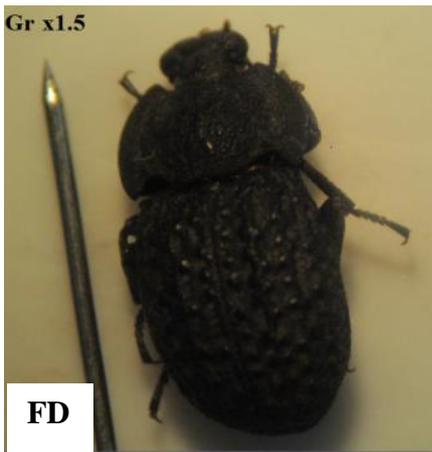
4. Famille : *Staphylinidae*

Genre et espèce: *Philonthus splendens*



5. Famille : *Tenebrionidae*

Genre et espèce: *Opatrum sabulosum scuiptum*



6. Famille : *Buprestidae*

Genre et espèce: *Buprestidae Sp*



7. Famille : Carabidae

Genre et espèce: *Carabus morbillosus macilentus*



Genre et espèce: *Dyschirius lueders*

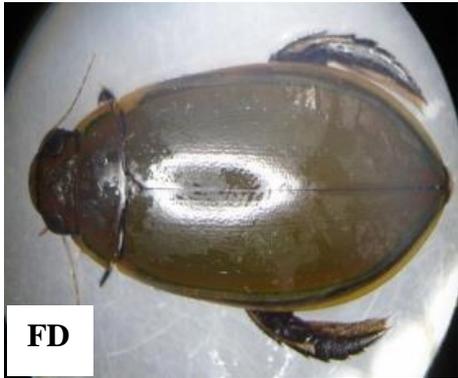


Genre et espèce: *Notiophilus aquaticus*



8. Famille : *Dytiscidae*

Genre et espèce: *Cybister lateralimarginalis*



9. Famille: *Cerambycidae*

Genre et espèce: *Anoplodera rubra*



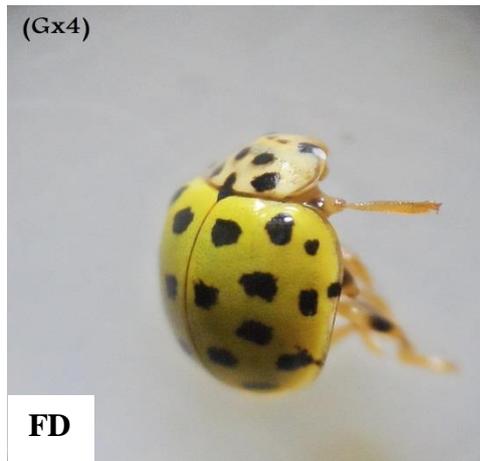
10. Famille: *Lucanidae*

Genre et espèce: *Dorcus parallelipedus* *Lucanidae*



11. Famille : *Coccinellidae*

Genre et espèce: *Thea vigintiduopunctata*



12.Famille : *Geotrupidae*

Genre et espèce: *Trypocopris vernalis*



Annexe. 2: Coléoptères récoltés dans les subéraies étudiées (Cliché Adjami, 2015-2016)

FD: la face dorsale, **FV:** la face ventrale