

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA

Badji Mokhtar Annaba University



جامعة باجي مختار . عنابة.

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Thèse

en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat 3^{ème} cycle en Ecologie Animale

Etat sanitaire des forêts de la région semi- aride de Djelfa : Biodiversité de l'entomofaune, caractérisation des principaux ravageurs et essais de lutte

Présentée par :

M^{elle} MECHERI Hadjer

Devant la commission d'examen:

Président:	Dr. BENSOUILAH Mourad	Professeur	Université de Annaba
Directeur de Thèse:	Dr. ADAMOU Ala-Eddine	M.C.A.	Université de Laghouat
Co-directeur de Thèse	Dr. BOUKHEROUFA-SAKRAOUI Feriel	M.C.A.	Université de Annaba
Examinatrice:	Dr. ROUAG-ZIANE Nadia	M.C.A.	Université de Annaba
Examineur:	Dr. TIAR Ghoulém	M.C.A.	Université de El-tarf
Examineur:	Dr. MERABTI Brahim	M.C.A.	Université de Laghouat

2018

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du doctorat du 3^{ème} cycle en Ecologie Animale proposé par le Professeur **Slim BENYACOU** responsable de la formation doctorale. Ainsi, le thème a été proposé initialement par le Professeur **Mohamed-Laïd OUAKID**, qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude de m'avoir donnée l'opportunité d'intégrer leur équipe.

Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à remercier **Mr. Mourad BENSOUILAH** Professeur à l'Université Badji Mokhtar Annaba, d'avoir accepté de présider le jury.

J'adresse mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à mon Directeur de thèse Dr. **Ala-Eddine ADAMO** Maître de conférences à l'Université Amar Thelidji Laghouat, d'avoir accepté de diriger ce travail avec beaucoup d'attention et de soin. Je tiens à le remercier pour ses précieux conseils, sa patience et son aide à la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier aussi de façon particulière et chaleureuse mon co-directeur de thèse, Dr. **Feriel BOUKHEROUFA-SAKRAOUI** Maître de conférences à l'Université Badji Mokhtar Annaba d'avoir accepté de diriger ce travail, aussi pour son aide, ses orientations, ses conseils pertinents et sa gentillesse.

Je tiens à remercier également le Dr. **Nadia ROUAG-ZIANE** Maître de conférences à l'Université Badji Mokhtar Annaba de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Mes sincères remerciements s'adressent également au Dr. **Brahim MERABTI** Maître de conférences à l'Université Amar Thelidji Laghouat et le Dr. **Ghoulem TIAR** Maître de conférences à l'Université Chadeli Bendjedid El Tarf de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier également Dr. **Mohamed Kouidri** et le Dr. **Yacine GOUDJAL** Maîtres de conférences à l'Université Amar Thelidji de Laghouat, qui ont présenté un grand intérêt pour mon travail, ainsi que pour leur aide et conseils. Je tiens à remercier également Dr. **Habib MOUISSA** Maître de conférences à l'Université Ziane Achour Djelfa et Dr. **Mohamed SBABDI** Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, de m'avoir fait partager des informations et astuces en foresterie.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi au personnel de la conservation des forêts de Djelfa notamment Mr **Elhadj OMRANE**, pour sa sympathie et son esprit de coopération.

Mes remerciements les plus profonds aux spécialistes qui m'ont aidée à la détermination des espèces archo-entomofaunes particulièrement Dr. **Wafa HABBACHI** et Dr. **Hiba DAAS** Maîtres de conférences à l'Université Badji Mokhtar Annaba, Dr. **Brahim Mohamed ABDELAZIZ** Maître de conférences à l'Université de Tlemcen, Dr. **Willem N. ELLIS** du "Amsterdam zoological Museum" (Pays-Bas) et Professeur **Fabio AKASHI** de l'Université de São Paulo (Brésil) d'avoir poussé l'identification des acariens le plus loin possible.

Tous mes remerciements les plus chaleureux à mon père **Djellali MECHERI** et mes frères **Ahmed, Abderrahmane et Mohamed Amine**, qui m'ont beaucoup aidées et qui m'ont soutenues tout le long de mes investigations sur le terrain, leur accompagnement durant mes déplacements et leur présence avec moi dans les forêts m'étaient très utiles, merci beaucoup.

Tout d'abord, louange à « Allah » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de mon cursus et m'a inspiré les bons pas. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

Je dédie ce travail :

À mon très cher père,

À ma très chère mère.

Introduction	1
Matériel et Méthodes	6
1. Présentation de la région et forêts étudiées.....	6
1.1. Présentation de la région de Djelfa.....	6
1.1.1. Géologie.....	7
1.1.2. Réseau hydrographique.....	7
1.1.3. Sols et relation sols-plants.....	7
1.1.4. Climat.....	8
1.1.4.1. Température.....	8
1.1.4.2. Précipitation.....	8
1.1.4.3. Humidité.....	11
1.1.4.4. Vent.....	11
1.1.4.5. Diagramme Ombrothermique.....	11
1.1.4.6. Climagramme d'Emberger et Indice d'aridité de De Martonne...	12
1.1.4.7. Patrimoine forestier de la région de Djelfa.....	13
1.2. Présentation des essences forestières étudiées.....	14
1.2.1. Pin d'Alep <i>Pinus halepensis</i> Mill.....	14
1.2.1.1. Position systématique.....	14
1.2.1.2. Description du pin d'Alep.....	14
1.2.1.3. Ecologie et plasticité de pin d'Alep.....	15
1.2.1.4. Intérêt économique de l'espèce.....	17
1.2.1.5. Distribution géographique du pin d'Alep.....	17
Dans le monde.....	17
En Algérie.....	19
1.2.2. Présentation de chêne vert (<i>Quercus ilex</i> subsp <i>rotundifolia</i> Lam.).....	20
1.2.2.1. Position systématique du chêne vert.....	20
1.2.2.2. Description du chêne vert.....	21
1.2.2.3. Ecologie du chêne vert.....	22
1.2.2.4. Distribution géographique du chêne vert.....	22
Dans le monde.....	22
En Algérie.....	23
1.3. Présentation des forêts étudiées.....	24
1.3.1. Senalba Gharbi.....	24
1.3.2. Senalba Chergui.....	25

1.3.3. Djellal Chergui	25
2. Méthodologie.....	27
2.1. Echantillonnage.....	27
2.2. Relevés dendrométriques.....	28
2.2.1. Caractérisations sylvicoles.....	28
2.2.2. Caractérisations biométriques des arbres.....	28
2.2.2.1. Circonférence à 1.30m.....	28
2.2.2.2. Hauteur totale.....	30
2.2.2.3. Hauteur de la première branche.....	30
2.2.2.4. Distance entre deux arbres voisins.....	30
2.2.3. Caractérisation biométrique des fruits.....	30
2.2.3.1. Récolte et mensuration des cônes.....	30
2.2.3.2. Récolte et biométrie des glands.....	31
2.2.4. Caractérisation biométrique des feuilles.....	31
2.2.4.1. Pin d'Alep.....	31
2.2.4.2. Chêne vert.....	31
2.3. Biodiversité de l'entomofaune et caractérisation des principaux ravageurs.....	32
2.3.1. Au niveau de la litière (pédofaune épigé).....	32
2.3.2. Au niveau du tronc.....	32
2.3.3. Au niveau de la cime.....	32
2.3.4. Au niveau du fruit (cône ou gland).....	33
2.3.5. Conservation et identification	33
2.3.6. Étude synécologique.....	33
2.3.6.1. Indices écologiques de composition.....	33
Richesse spécifique.....	34
Abondance relative des espèces.....	34
Fréquence relative des espèces.....	34
2.3.6.2. Indices écologiques de structure.....	35
Diversité spécifique.....	35
Équitabilité.....	36
2.3.7. Calasse trophique.....	36
2.4. Diagnostique de l'état de santé	36
2.4.1. Examen de la cime.....	36
2.4.1.1. Défoliation	36

2.4.1.2. Décoloration.....	37
2.4.1.3. Indice de dépérissement (ID).....	37
2.4.2. Examen du tronc.....	38
2.4.3. Taux d'infestation et phénologie de la chenille processionnaire.....	38
2.5. Essai de lutte.....	38
2.5.1. Coloquinte <i>Citrullus colocynthis</i>	38
2.5.2. Ricin <i>Ricinus communis</i>	39
2.5.3. Récolte des plantes et préparation des extraits aqueux.....	39
2.5.4. Echantillonnage d'insectes et traitement.....	40
2.5.5. Paramètres toxicologiques.....	40
2.5.5.1. Mortalité observée.....	40
2.5.5.2. Mortalité corrigée.....	40
2.5.5.3. Transformation angulaire.....	41
2.5.5.4. Analyse de probit.....	41
2.6. Analyses statistiques.....	41
Résultats.....	42
1. CARACTERISTIQUES DENDROMETRIQUES.....	42
1.1. Caractérisations stationnelles.....	42
1.2. Caractérisations sylvicoles.....	42
1.3. Caractérisations biométriques.....	43
1.3.1. Pin d'Alep.....	43
1.3.2. Chêne vert.....	44
1.3.3. Aiguilles du Pin d'Alep.....	45
1.3.4. Feuilles du Chêne vert.....	46
1.3.5. Cônes de Pin d'Alep.....	47
1.3.6. Glands de Chêne vert.....	48
2. BIODIVERSITE DE L'ENTOMOFAUNE.....	49
2.1. Richesse totale (spécifique).....	49
2.2. Ségrégation des espèces recensées entre le pin d'Alep et le chêne vert.....	49
2.3. Répartition des espèces recensées selon l'ordre systématique.....	49
2.4. Variation mensuelle des espèces recensées.....	50
2.5. Biodiversité de l'entomofaune par micro-habitas.....	51
2.5.1. Au niveau de la litière.....	51
2.5.1.1. Ordre des Coléoptères.....	51

2.5.1.2. Ordre des Dictyoptères.....	54
2.5.1.3. Ordre des Diptères.....	55
2.5.1.4. Ordre des Hétéroptères.....	55
2.5.1.5. Ordre des Homoptères.....	56
2.5.1.6. Ordre des Hyménoptères.....	56
2.5.1.7. Ordre des Lipédoptères.....	57
2.5.1.8. Ordre des Orthoptères.....	57
2.5.1.9. Ordre des Zagentomes.....	58
2.5.2. Au niveau de la cime.....	58
2.5.2.1. Ordre des Coléoptères.....	58
2.5.2.2. Ordre des Dictyoptères.....	59
2.5.2.3. Ordre des Diptères.....	60
2.5.2.4. Ordre des Hyménoptères.....	61
2.5.2.5. Ordre des Hétéroptères.....	62
2.5.2.6. Ordre des Homoptères.....	62
2.5.2.7. Ordre des Lipédoptères.....	62
2.5.2.8. Ordre des Dermaptères, Hémiptères, des Odonates et des Neuroptères.....	63
2.5.2.9. Espèces gallicoles des feuilles de chêne vert.....	63
2.5.3. Au niveau du tronc.....	65
2.5.4. Au niveau de l'appareil reproducteur.....	66
2.5.4.1. Cônes de pin d'Alep.....	66
2.5.4.2. Glands de chêne vert.....	67
2.6. Distribution des espèces selon le Micro-habitats et forêts.....	67
2.7. Analyse du peuplement d'espèces récoltées.....	68
2.7.1. Abondance relative.....	68
2.7.2. Fréquence d'occurrence.....	69
2.7.3. Diversité et équitabilité.....	69
2.8. Régime trophique des insectes.....	70
2.9. Caractérisation des principaux ravageurs.....	70
2.9.1. Pin d'Alep.....	70
2.9.1.1. Phénologie de la processionnaire dans la région de Djelfa.....	71
2.9.1.2. Description des Stades.....	72
2.9.2. Chêne vert.....	76

3. DIAGNOSTIQUE DE L'ETAT DE SANTE	77
3.1. Diagnostique de l'état de santé de pin d'Alep	77
3.1.1. Etat de cime.....	77
3.1.1.1. Évolution de la défoliation.....	77
Distribution de la défoliation.....	78
3.1.1.2. Evolution de l'indice de dépérissement.....	79
3.1.1.3. Évolution de la décoloration.....	80
3.1.1.4. Pin d'Alep-Chenille processionnaire (<i>Thaumetopoea pityocama</i>)..	80
Taux d'infestation.....	80
Intensité (densité).....	80
3.1.1.5. Evolution de la malformation des cimes de pin d'Alep.....	83
3.1.2. Etat du tronc.....	84
3.1.2.1. Forêt de Senalba Gharbi.....	84
3.1.2.2. Forêt de Senalba Chergui.....	85
3.1.2.3. Forêt de Djellal Chergui.....	86
3.2. Diagnostique de l'état de santé de chêne vert.....	89
3.2.1. Etat des feuilles.....	89
3.2.1.1. Répartition des feuilles du chêne vert selon l'état sanitaire.....	89
3.2.2. Etat des glands.....	90
3.2.2.1. Répartition des glands de chêne vert selon l'état sanitaire.....	90
3.2.2.2. Taux d'infestation des glands.....	91
4. ESSAI DE LUTTE.....	92
4.1. Effets des extraits sur les larves de la chenille processionnaire (L2/L3).....	92
4.1.1. Dans le cas des larves traitées	92
4.1.2. Dans le cas des feuilles traitées (aiguilles de pin d'Alep).....	93
4.2. Variation du taux de mortalité des larves L2/L3 traitées selon la concentration de traitement.....	95
4.3. Variation du taux de mortalité des larves traitées durant la durée d'exposition..	98
Discussion.....	100
Conclusion.....	117
Références bibliographiques.....	119
Annexes	
Résumé	
Abstract	
ملخص	

Tableau	Titre	Page
01	Les températures mensuelles minimales, maximales, moyennes et les précipitations mensuelles moyennes enregistrées dans la région de Djelfa (1975-2015) (O.N.M.D., 2015).	09
02	L'humidité mensuelle et le vent mensuel moyen enregistré dans la région de Djelfa (2004-2015) (O.N.M.D., 2015).	11
03	Les surfaces de Patrimoine forestier de la région de Djelfa (B.N.E.F., 1983)	13
04	Superficie du pin d'Alep dans quelques pays méditerranéens (Bentouati, 2006).	19
05	Coordonnées des trois stations étudiées dans les pinèdes de Djelfa	25
06	Principaux descripteurs des relevés sylvicoles	28
07	Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres selon Arnaldo et <i>al.</i> (2010).	37
08	Classes de décoloration des feuilles présentes (Bouhraoua et <i>al.</i> , 2002).	37
09	Principales catégories de dépérissement du peuplement du pin d'Alep prises en compte en fonction de l'« ID».	38
10	Principales caractérisations stationnelles (altitude, distance et densité) des trois forêts de Djelfa (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui):	42
11	Principales caractérisations sylvicoles de pin d'Alep des trois sites d'études (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	43
12	Principales caractérisations biométriques de pin d'Alep des trois forêts de Djelfa (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	44
13	Principales caractérisations biométriques de chêne vert des trois forêts de Djelfa (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	45
14	Caractérisation biométriques des aiguilles de pin d'Alep des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	46
15	Caractérisation biométriques des feuilles de chêne vert des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	47
16	Caractérisation biométriques des cônes de pin d'Alep des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	47
17	Caractérisation biométriques des glands de chêne vert des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	48
18	Différentes espèces des des Coléoptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	52
19	Différentes espèces des des Dictyoptères récoltées dans la litière du pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	54
20	Différentes espèces des des Diptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	55
21	Différentes espèces des des Hétéroptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	56
22	Différentes espèces des des Hyménoptères récoltées dans la litières de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	57
23	Différentes espèces des des Orthoptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	58

24	Différentes espèces des des Coléoptères récoltées dans la cime de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	59
25	Différentes espèces des Diptères récoltées dans la cime de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	60
26	Différentes espèces des Hyménoptères récoltées dans la cime de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	61
27	Composition des espèces des Lipédoptères récoltées chez le pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	63
28	Les espèces gallicoles récoltées sur le chêne vert Q. ilex : A : asexuée S : sexuée B : bourgeon F : feuille R : rameau.	64
29	Différentes espèces identifiées chez les cônes récoltés aux trois pinède de Senalba Gharbi, Senalba Chergui et de Djellal Chergui (- : absente, + : présente); A. : Automne, H. : Hiver, P : Printemps et É : Été.	66
30	Les espèces identifiées au niveau des glands de chêne vert des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	67
31	Indices écologiques des insectes récoltés aux forêts de Djelfa.	69
32	Les ravageurs identifiés chez les différentes parties de pin d'Alep.	71
33	Caractérisations biométriques des larves de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	73
34	Concentrations létales (CL50 et CL90 g/l) à différentes durées d'exposition (jours) des extraits bruts de fruits de <i>Citrullus colocynthis</i> , les feuilles et les graines de <i>Ricinus communis</i> appliqués sur stade larvaire L2 et L3 de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Larves traitées).	93
35	Concentrations létales (CL50 et CL90 g/l) à différentes durées d'exposition (jours) des extraits bruts de fruits de <i>Citrullus colocynthis</i> (CF), les feuilles et les graines de <i>Ricinus communis</i> appliqués sur stade larvaire L2 et L3 de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Feuilles traitées).	95
36	Caractérisations dendrométriques des pinèdes dans différentes régions du pourtour méditerranéen.	100
37	Altitudes et indices climatiques des forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui), les indices climatiques ont été calculés selon les coefficients de corrections présentées par Seltzer (1946) et Abdessmed (1981).	101
38	Richesse des Coléoptères, des Hyménoptères et des Lépidoptères des forêts du monde.	102
39	Taux d'infestation (TI) et densité des nids (D) de la chenille processionnaire par arbre des conifères du pourtour méditerranéen.	111
40	Concentrations létales des produits chimiques et d'origines biologiques (bactéries, champignons et extraits de plantes) sur les larves du genre <i>Thaumetopoea</i> .	116

Figure	Titre	Page
01	Localisation des trois sites d'étude (Photo Satellite Google Earth, 2018 modifiée).	06
02	Évolution interannuelle des températures moyennes minimales (1975-2015) dans la région de Djelfa	09
03	Évolution interannuelle des températures moyennes maximales (1975-2015) dans la région de Djelfa	10
04	Évolution interannuelle des précipitations (1975-2015) dans la région de Djelfa.	10
05	Diagramme Ombrothermique de Gaussen (1975-2015).	12
06	Emplacement de la station de Djelfa sur le climagramme d'Emberger.	13
07	Aires de répartition du pin d'Alep (Quézel et Médail, 2003) dans l'Ouest méditerranéen et position des pinèdes échantillonnées dans la région de Djelfa.	19
08	Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006).	20
09	Répartition géographique du chêne vert (Quézel et Médail, 2003).	24
10	Echantillonnage utilisée dans la région d'étude (cas : la forêt de Djellal Chergui).	27
11	Niveaux de mesures de la grosseur des arbres en situations particulières : A) Position pour la mesure de la circonférence d'un arbre sur un terrain incliné, B) Position pour la mesure de la circonférence d'un arbre penché C) Position pour la mesure de la circonférence sur terrain plat D) Arbre fourchu plus de 1,30m E) Arbre fourchu moins de 1,30m donc considérés comme deux arbres F) Position pour la mesure de la circonférence d'un arbre avec des branches ou un renflement à 1,30 m (Rondeux, 1999).	29
12	Principe de la croix du bûcheron (Rondeux, 2002).	30
13	Exemple d'échantillon après le tri et exemples de 5 tubes à essai représentant la collection avec des étiquettes contenant la date de sortie/ site et Ordre.	33
14	Variation de la richesse spécifique entre le chêne vert et le pin d'Alep des trois forêts étudiées	49
15	Répartition des espèces inventoriées dans les forêts de Djelfa selon l'ordre systématique.	50
16	Variation mensuelle des espèces recensées en trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Senalba Chergui).	51
17	Distribution des espèces selon le Micro-habitats dans les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	68
18	Répartition des espèces selon leur abondance dans les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	68
19	Répartition des espèces selon la fréquence d'occurrence dans les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	69
20	Répartition des insectes inventoriés dans les forêts étudiées selon leur régime alimentaire.	70
21	Cycle schématique de la phénologie de la CP (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) dans la région de Djelfa.	74
22	Fréquence des espèces carpophages chez les glands de chêne vert de Djelfa.	76
23	Evolution de la défoliation en les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui) pendant trois années (2013, 2014, 2015).	78

24	Distribution de la défoliation des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	79
25	Evolution de l'indice de dépérissement en les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui) pendant trois années (2013, 2014, 2015).	79
26	Evolution de la décoloration dans la forêt de Djellal Chergui pendant trois années (2013, 2014, 2015).	80
27	Variation interannuelle du taux d'infestation et de la densité par hectare de la chenille processionnaire.	81
28	Relation entre la hauteur totale des arbres du pin d'Alep et le nombre des nids de la chenille processionnaire de la région de Djelfa.	82
29	Relation entre la hauteur de la première branche des arbres du pin d'Alep et le nombre des nids de la chenille processionnaire de la région de Djelfa.	82
30	Relation entre le rayon du houppier des arbres du pin d'Alep et le nombre des nids de la chenille processionnaire de la région de Djelfa.	83
31	Relation entre la densité de la chenille processionnaire par arbre et le taux de défoliation du houppier du pin d'Alep dans les forêts de Djelfa.	83
32	Evalution des rouilles de sorcière des trois forêts étudiées pendant trois années (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).	84
33	Évolution de l'état sanitaire du tronc de la forêt de Senalba Gharbi.	85
34	Évolution de l'état du tronc de la forêt de Senalba Chergui.	86
35	Évolution de l'état du tronc de la forêt de Djellal Chergui.	86
36	Répartition des feuilles du chêne vert selon l'état sanitaire (saines, attaquées, avec galles et attaquées + galles).	89
37	Répartition des glands de chêne vert aux forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal) selon l'état sanitaire.	90
38	Variation interannuelle du taux d'infestation des glands par le <i>Curculio sp</i> et <i>Cydia fagiglandana</i> .	91
39	Effet de la concentration de traitement (C0=0g/l, C1=0.1g/l, C2=0.5g/l, C3=1g/l, C4=5g/l, C5=10g/l, C6=50g/l) et la durée d'exposition (A : 3jours, B : 5jours, C : 10jours et D : 15jours), sur le taux de mortalité des larves L2 de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> traitées par l'extrait brut des fruits de <i>Citrullus colocynthis</i> (CF), des feuilles de <i>Ricinus communis</i> (RL) et les graines de <i>Ricinus communis</i> (RS).	96
40	Effet de la concentration de traitement (C0=0g/l, C2=0.5g/l, C3=1g/l, C4=5g/l, C5=10g/l, C6=50g/l) et la durée d'exposition (A : 3jours, B : 5jours, C : 10jours et D : 15jours), sur le taux de mortalité des larves L3 de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> traitées par l'extrait brut des fruits de <i>Citrullus colocynthis</i> (CF), des feuilles de <i>Ricinus communis</i> (RL) et les graines de <i>Ricinus communis</i> (RS).	97
41	Variation du taux de mortalité les larves de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> L2 traitées par des extraits bruts de fruits de <i>Citrullus colocynthis</i> , les feuilles et les graines de <i>Ricinus communis</i> durant la période d'exposition.	98
42	Variation du taux de mortalité les larves de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> L3 traitées par des extraits bruts de fruits de <i>Citrullus colocynthis</i> (CF), les feuilles et les graines de <i>Ricinus communis</i> durant la période d'exposition.	99

Photo	Titre	Page
01	Arbres du pin d'Alep à la gauche. Les aiguilles de pin d'Alep à a droite (Mecheri, 2013).	15
02	Le fruit (cône) : à gauche cône fermé; à droite cône ouvert (Mecheri, 2016).	15
03	Le chêne vert (droite : un arbre adulte, gauche : les glands du chêne vert) (Mecheri, 2015).	22
04	La forêt de Senalba Gharbi (Benyagoub) (Mecheri, 2015).	26
05	La forêt de Senalba Chergui (Mecheri, 2013).	26
06	La forêt de Djellal chergui (Mecheri, 2013).	26
07	mesure de la circonférence d'un arbre de chêne vert (Mecheri, 2016)	29
08	<i>Dryomyia lichtensteini</i> ; feuille A: face inférieur B : face supérieur (Mecheri, 2013).	64
09	<i>Contarinia ilicis</i> ; feuille, A: face supérieur B: face inférieur (Mecheri, 2013).	64
10	<i>Plagiotrochus quercusilicis</i> A : face supérieur B : face inférieur (Mecheri, 2013).	65
11	<i>Plagiotrochus panteli</i> (Mecheri, 2013).	65
12	<i>Phyllodiplosis cocciferae</i> (Mecheri, 2013).	65
13	<i>Aceria ilicis</i> (Mecheri, 2013).	65
14	Les stades larvaires : L2, L3 et L4 de la chenille processionnaire (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) (Mecheri, 2015).	73
15	Planche : Le <i>Thaumetopoea pityocampa</i> ; A: un manchon des œufs; B: larves sur les rameaux avec des aiguilles; C: un nid de l'hiver; D: processions nymphoses avant la pénétration au sol des chenilles; E: début de diapause des nymphes; F: Chrysalides; G: Adulte. (Mecheri, 2013, 2014, 2015).	75
16	Larve des <i>Curculio</i> sp. (Mecheri, 2015).	76
17	Larve et adulte de <i>Cydia fagiglandana</i> . (Mecheri, 2015).	76
18	Rouille de sorcière sur la cime de pin d'Alep (Mecheri, 2014).	84
19	Etat sanitaire du tronc : à gauche un champignon, à droite : des trous d'insectes xylophages (Mecheri, 2014).	87
20	La flore lichénologique sur un tronc et un cône du pin d'Alep (Mecheri, 2014).	87
21	Action de l'homme «Blessures et un arbre coupé» (Mecheri, 2015).	88
22	Planche : Symptômes du dépérissement du pin d'Alep ; (A) : Extrémité du houppier défoliée, (B) : des branches et des rameaux cassés, (C) : un arbre défolié (Df = 95%) avec des branches mortes et cassées, (D) : Décoloration des feuilles (Mecheri, 2015).	88
23	Les trois différents aspects des feuilles récoltées dans le chêne vert : A) saine B) attaquée C) présentant des galles (Mecheri, 2015).	90

Introduction

La forêt méditerranéenne est l'une des plus importantes du monde, elle occupe environ 65 millions d'hectare des forêts arborées et 19 millions des sub-forestières **(Seigue, 1985)**, sa délimitation repose sur des critères bioclimatiques et phytogéographiques **(Ramade, 1997)**. Elle est caractérisée par divers types bioclimatiques et par l'hétérogénéité des milieux (altitude et sol), favorisant ainsi la formation d'une grande variété de peuplements végétaux et animaux **(Quézel et al., 1999)** d'où résulte la biodiversité exceptionnelle pour chaque type de climat **(Quézel et Médail, 2003)**. Près de la moitié de la superficie occupée par la forêt méditerranéenne est dominée par la forêt à conifères et chênaies **(Ramade, 1997)**. Dix espèces de conifères et trois espèces de chênes occupent seulement la superficie maghrébine **(White, 1986)**, réparties sur les différents étages bioclimatiques **(Quézel et Médail, 2003)**.

Dans la région semi-aride où se tracent les limites méridionales de la région Méditerranéenne, deux essences forestières importantes au Maghreb occupent particulièrement cette bordure inférieure : le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et le chêne vert (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*). En outre, la région semi-aride qui se caractérise par un climat très ardu, des précipitations irrégulières (300-600mm) et des températures estivales très élevées (sècheresse) font subir aux arbres un stress hydrique **(Quézel et Médail, 2003)**, favorisant essentiellement l'émergence d'une forêt ouverte xérophile avec un pauvre sous-bois **(White, 1986)**.

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une essence du pourtour méditerranéen **(Quézel et Médail, 2003; Vennetier, 2010)**, qui s'adapte de part ses vastes étendues, à plusieurs types de sols et d'altitudes **(Prévosto et al., 2009)**. En effet, il occupe dans le sud de l'Europe des altitudes qui varient de 0 à 1000m, tandis qu'en Afrique du Nord, il culmine jusqu'à 2600m d'altitude dans les reliquats des forêts de l'Atlas **(Belghazi et al., 2000)**, témoignant ainsi d'une grande plasticité climatique **(Brochiero et al., 1999; Quézel et Médail, 2003; Prévosto, 2013)**. Il est observé depuis les chaînes littorales de la Catalogne en Espagne, avec un climat humide, jusqu'aux limites du Sahara en Afrique du Nord avec un climat semi-aride **(Belghazi et al., 2000; Prévosto, 2013)**. Entre ces larges étendues méditerranéennes, le pin d'Alep peut refléter une grande variation démographique et dendrométrique liée aux caractéristiques stationnels de chaque région **(Quézel et Médail, 2003)**.

Le chêne vert (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*) occupe généralement une bonne partie de l'Espagne méditerranéenne et l'ensemble de l'Afrique du nord (**Barbero et Loisel, 1980 ; Quézel et Médail, 2003**). Cette dernière contient des forêts au dessus de 400m d'altitude et ce jusqu'à 2400m dans l'Atlas avec des pieds isolés et clairsemés culminants même jusqu'aux 2900m d'altitude (**Barbero et Loisel, 1980**). En Algérie, il occupe la deuxième place après le chêne-liège (*Quercus suber*) couvrant 354000ha, formés essentiellement de taillis dégradés par des exploitations abusives et désorganisées, par des incendies répétés, ou simplement abandonnés à la suite de pacages inconsidérés (**Dilem, 1995**).

Depuis plusieurs années, les forêts méditerranéennes connaissent un problème de dégradation et une diminution de leur surface végétale, ce qui menace sa survie dans toute son aire naturelle (**Ramade, 1997; Sechi et al., 2002**). Les changements climatiques (augmentation de la température et réduction des précipitations), la dégradation des sols, les incendies, le surpâturage, les maladies fongiques et les attaques d'insectes ravageurs font disparaître des surfaces considérables de forêts méditerranéennes (**Schvester, 1990**). Il s'agit du phénomène de dépérissement qui est apparu dans la région depuis le début du 20^{ème} siècle et qui s'est accentué par le réchauffement climatique (**Ramade, 1997**).

Le dépérissement des arbres forestiers est un phénomène complexe dont les facteurs responsables peuvent être très divers et non aisément identifiables et hiérarchisables (**Mouna, 1994**). Et pour cause, il entraîne une détérioration générale qui se termine le plus souvent par la mort des arbres (**Landmann, 1994**). Dans le monde, ce phénomène a été observé dans plusieurs essences forestières. Selon **Herbauts et al. (1998)**, les dépérissements ont été signalés depuis 1976, dans les futaies de hêtre de la forêt périurbaine de Bruxelles. D'autres auteurs ont également signalé ce dépérissement dans les subéraies des pays de la rive nord de la Méditerranée : au Portugal (**Sousa, 1995**), en Italie (**Marras et al., 1995; Francheschini et al., 1999**), en Espagne (**Garolera, 1988**) et en France (**Nageleisen et Hett, 1989**). C'est également le cas dans la rive sud : au Maroc (**Bakry et Abourouh, 1996**), en Tunisie (**Benjamaa et Hasnaoui, 1996**) et même dans les subéraies de l'Algérie (**Bouhraoua et al., 2002**). Au niveau des conifères, le dépérissement a été signalé sur des sapinières de la Bavière (Allemagne) en 1970, les cédraies d'Europe suite aux pluies acides au début des années 80 en France (**Bonneau, 2010**), ainsi que les cédraies du Maroc (**El Abidine, 2003**) et de l'Algérie (**Bentouati et al., 2005; Houamel, 2012**). Dans le cas des pinèdes, le dépérissement touche

plusieurs pays, selon **Schvester (1967)**, les premières taches du dépérissement sont survenues sur le Pin maritime français depuis les années 1956-1958. Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) n'est pas en reste, puisqu'il est également concerné par ce phénomène et connaît d'importants problèmes phytosanitaires depuis plusieurs années (**Mirault et Regad, 1992**). Avec plusieurs facteurs tels que les perturbations climatiques actuelles, à savoir les précipitations irrégulières, parfois déficientes avec une période de sécheresse assez longue et des amplitudes thermiques très marquées, l'espèce subit des stress importants qui agissent négativement sur la croissance radiale, en hauteur et sur la production du bois (**Méthy et al., 1997; Pasho et Alla, 2015**). En plus du stress climatique lié à l'exposition à de hautes températures, le pin d'Alep est exposé à un ennemi biologique agressif, en l'occurrence, la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Lepidoptera, Notodontidae) qui en est le principal ravageur (**Bouchon et Toth, 1971; Hódar et al., 2003**). Elle est responsable de la défoliation de la cime (**Chenchouni et al., 2010; Jacquet et al., 2012**), elle réduit la croissance radiale et la croissance en hauteur de plusieurs espèces de conifères (**Arnaldo et al., 2010; Pérez-Contreras et al., 2014**). Elle réduit de ce fait, la productivité du bois (**Mirault et Regad, 1992 ; Carus, 2004**) et elle affecte les paramètres de reproduction (**Hódar et al., 2003**). La plupart des études (**Vennetier et al., 2010; Carus, 2004; Durkaya et al., 2009; Nicault et al., 2001**) se focalisent ainsi sur l'effet de ce ravageur sur l'état de santé des espèces du genre *Pinus* et du genre *Cedrus* et sur l'impact de la chenille sur la croissance et la productivité sylvicole.

Les forêts de chêne vert sont concernées aussi par le dépérissement causé principalement par un climat irrégulier avec l'augmentation de la température globale et la sécheresse très prolongée (**Nageleisen, 1993**). Cette dernière peut être considérée comme le facteur limitant par excellence, entraînant une dégradation du chêne vert (**Nageleisen, 1994 ; Franceschini et al., 2002**). Autre facteur important considéré comme agent aggravant chez les chênaies, est attribué aux attaques des ravageurs des différentes parties des arbres de chêne (**Villemant et Fraval, 1993; Nageleisen, 1994**). Parmi ces ravageurs, le charançon du genre *Curculio* et le Lipédoptère *Cydia fagiglandana* qui attaquent les glands de chêne vert, conduisant à une diminution de la régénération naturelle des chênes (**Fukumoto et Kajimura, 2000 ; Villagrán et al. 2002; Jiménez et al., 2006**).

En plus, plusieurs dommages phytosanitaires des forêts méditerranéennes ont été liés directement ou indirectement aux insectes xylophages qui peuvent s'évaluer parfois par des symptômes aigus sur les arbres de différentes essences forestières (**Schvester, 1990; Mirault et Regad, 1992**). Depuis ces dernières décennies, les toxicologues et les spécialistes en protection des forêts unissent leurs efforts dans le but de diminuer ces ennemis (**Schvester, 1990**). Plusieurs moyens de lutte ont été effectués sur ces ravageurs: chimique comme le Diflubenzuron, Methoxyfénoside, Triflumuron, Fenoxycarb et Lufenuron, qui ont été utilisés en Grèce et en Espagne contre *Lymantria dispar* (**Schvester, 1990; Zartaloudis, 2009**), le Lindane utilisé pour la protection contre *Saperda carcharias* (**Schvester, 1990**) et l'Endosulfan utilisé sur la chenille processionnaire (**Kalender et al., 2005**). Des bio-insecticides d'origines microbiennes ont été appliquées sur *Thaumetopea pityocampa* et *Lymantria dispar* tels que *Bacillus thuringiensis* et Spinosad (**Semiz et al. 2006 ; Kubilay et al. 2007; Zartaloudis, 2009**). La lutte biologique a été aussi appliquée par l'utilisation des espèces prédatrices comme les oiseaux ou d'autres insectes parasitoïdes pour lutter contre d'autres espèces des ravageurs (**Kanat et Mol, 2008**). Dans d'autres cas, la lutte s'est faite par un moyen biotechnologique, basé sur la stérilisation des mâles d'insectes ravageurs en les exposant à des rayons gamma, afin d'empêcher les accouplements puis les pontes (**Cuisance et al., 1994; Robinson, 2005; Pereira et al., 2013**).

Toujours dans le même contexte, des extraits de plantes (**Cetin et al., 2006; 2007**) ont été testés sur la chenille processionnaire et ont été utilisées comme agents de lutte biologique. Leur extraction peut se faire par les solvants organiques (**Sakthivadivel et Daniel, 2008**), par hydro-distillation (**Cetin et al., 2006; Filly et al. 2014; Faria et al., 2016**), ou tout simplement par infusion dans l'eau (**Aouinty et al., 2006; Erler et al., 2010**). De par leur faible rendement, les extraits par les solvants organiques comme les extraits par hydro-distillation, sont difficiles à appliquer à grande échelle (pulvérisation des forêts), car ils exigent une grande quantité de matière végétale, d'eau et du temps (**Filly et al., 2014**). Des exigences auxquelles s'ajoute le risque de diminution de la toxicité dans le cas des molécules thermolabiles de quelques groupes de phytotoxines comme le ricin (**Jenkins, 1963**). De ce fait, pour trouver une réelle alternative à l'utilisation des insecticides conventionnels, les protectionnistes sont toujours à la recherche de produits naturels, non nocifs, disponibles et

peu couteux pour permettre de lutter efficacement contre les ravageurs, avec un minimum de dégât sur l'environnement.

Le ricin (*Ricinus communis* L.) est un arbuste qui se trouve dans toute l'Algérie, généralement dans les lits d'oueds (**Quézel et Santa, 1963**). L'huile de ricin à usages multiples a été utilisée depuis longtemps pour piéger et capturer les phlébotomes (**Rioux et al., 1967**). La ricine extraite de l'huile de ricin est une glycoprotéine très toxique même pour l'homme (**Flesch, 2005**). Malgré la complexité du mécanisme de sa toxicité, des études récentes viennent d'éclairer sur ce point (**Stechmann et al., 2010; Stadlmann et al., 2017**). Son usage à l'état pur peut engendrer des préjudices à l'utilisateur au cours du traitement (**Flesch, 2005**). Par contre, ses extraits bruts et aqueux sont moins toxiques et permettent une valorisation en tant qu'insecticide (**Aouinty et al., 2006**).

La coloquinte (*Citrullus colocynthis* L.) est une plante abondante dans les milieux désertiques (**Quézel et Santa, 1963**). Ses extraits ont été utilisés en médecine traditionnelle et moderne principalement pour leurs pouvoirs anti-inflammatoires (**Marzouk et al., 2011**) et hypoglycémians (**Nmila et al., 2000; Al-Ghaithi et al., 2004**). De plus, leur effet insecticide sur les insectes de petite taille a été prouvé (**Rahuman et al., 2008 ; Sakthivadivel et Daniel 2008 ; Merabti et al., 2015**). Pourtant, ses extraits n'ont pas été encore testés sur les insectes ravageurs de grande taille comme la chenille processionnaire.

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'état de santé de trois forêts d'une région semi-aride située sur la bordure sud des aires de distribution géographiques des forêts méditerranéennes, et ce à travers :

- Une caractérisation dendrométrique des peuplements situés à trois altitudes différentes,
- L'évaluation de la biodiversité par une analyse écologique qui permettra de choisir et de caractériser les principaux ravageurs,
- Tester la toxicité de quelques produits végétaux sur le principal ravageur, en vue de proposer d'éventuels bio-insecticides.

Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région et forêts étudiées

Notre étude a été réalisée dans des forêts de pin d'Alep *Pinus halepensis* mixtes avec le chêne vert *quercus ilex* de la région de Djelfa (La forêt de Senalba Gharbi, la forêt de Senalba Chergui et la forêt de Djellal Chergui).

1.1. Présentation de la région de Djelfa

Les forêts de Senalba et de Djellal sont situées dans la partie centrale de l'Algérie au delà des piémonts des monts Ouled Naïl au centre de l'Atlas Saharien. Le chef lieu de la Wilaya de Djelfa, est situé à quelques kilomètres de la forêt de Senalba et à 300km au Sud de la capitale Alger (Fig. 1).

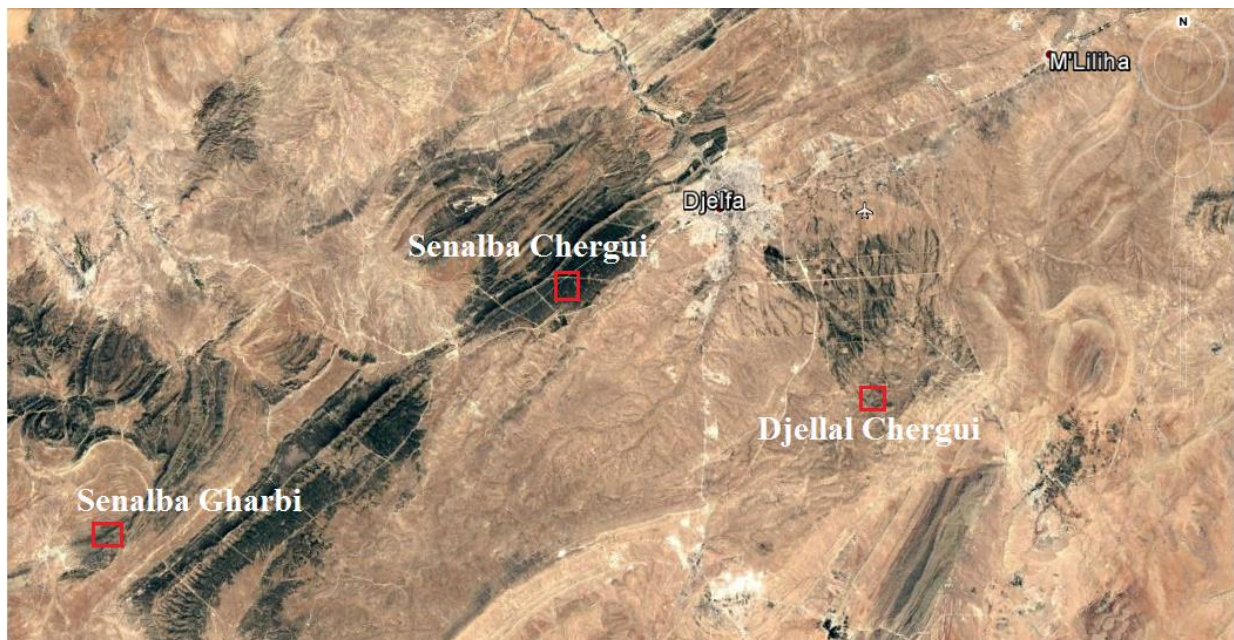


Figure 1: Localisation des trois sites d'étude (Photo Satellite Google Earth, 2018 modifiée).

1.1.1. Géologie

L'Atlas saharien date pour la plupart du Crétacé et Jurassique (**Pouget, 1980**), c'est-à-dire de la fin de l'Ère Secondaire (100 millions d'années d'environ). L'enlèvement le plus important survenu au cours de cette ère est le long affaissement de la plaine post-hercynienne, caractérisé actuellement par différents calcaires alternant avec des marnes, constituant les monts d'Ouled Naïl (**Guit, 2015**).

1.1.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la région de Djelfa est composé de nombreux versants de plusieurs directions (**B.N.E.F., 1983**). Pour la forêt de Senalba en général, les réseaux hydrogéologiques sont composés de :

- L'Oued Touil pour la bordure Nord-Ouest.
- L'oued Djelfa en direction d'ouest en est ;
- L'oued Oumerdjanie en direction d'est en ouest ;
- L'oued El Meguesmat et l'oued Amgar en direction sud-nord.

1.1.3. Sols et relations sols-plantes

La distribution des différents sols est en relation étroite avec la situation géomorphologique (**Pouget, 1980**). Les sols de la région de Djelfa sont généralement squelettiques fragiles et pauvres en matière organique. Ils représentent une faible stabilité structurale (pauvres en humus). Ce sont des sols peu profonds qui présentent souvent une croûte calcaire et un taux de salinité conséquent (**B. N. E. F., 1983**).

Dans les étages semi-arides de l'Atlas saharien, des formations végétales recouvrent de nombreux types de sols appartenant aux unités suivantes : sols peu évolués et sols calcimorphes. Les sols peu évolués se localisent le long des oueds sur les terrasses récentes provenant de l'alluvionnement ; la texture est généralement sableuse à sablonneux-limoneuse. Ce type de sol est colonisé par les espèces rupicoles, à proximité de la nappe, les terrasses anciennes sont recouvertes d'armoïse blanche ou d'armoïse champêtre. Les sols calcimorphes prennent naissance sur les calcaires et comprennent notamment les rendzines (sont situées sous les peuplements de pin d'Alep à romarin, le chêne vert est rabougri ; l'Alfa est fréquent), les sols bruns calcaires avec ou sans encroûtement (prennent naissance sur les calcaires et les marnes

calcaires). Ils sont généralement bruns a structure grumeleuse fine a grossière en surface moyennement pourvue en matière organique). Dans ce type de sol, l'horizon de surface présente une faible quantité de carbonate (décarbonatation sur 40 à 50cm de profondeur).

Dans cette région semi-aride de la steppe sud algéroise, les sols mis en défens, présentent une richesse et une abondance floristique, ainsi qu'un recouvrement végétal plus important que les sols dégradés (**Adamou et al., 2008**).

1.1.4. Climat

Les valeurs concernant les températures mensuelles moyennes, minimales et maximales enregistrées en degrés Celsius durant 41 ans (1975 - 2015), sont issus de l'Office National de Météorologie (O.N.M) de la station de Djelfa qui se trouve à une latitude Nord de 34° 41' et une longitude Ouest de 4° 14' et une altitude de 1180,5m.

1.1.4.1. Température

Les analyses climatiques ont montrée que la température moyenne annuelle de 14,80°C. La température maximale de la région de Djelfa a été enregistrée au mois le plus chaud de juillet avec une moyenne de 33,7 C°, alors que la température minimale a été signalée au mois de janvier avec une moyenne de 0,4 C°. Selon la figure 2, la moyenne des températures minimales annuelles enregistrées tend à augmenter d'une année à une autre de 1°C chaque 28 ans. De même, la moyenne des températures maximales annuelles tend à augmenter de 1°C chaque 45ans (Fig. 3).

1.1.4.2. Précipitation

Les données climatiques ont montrées que les précipitations interannuelles moyennes sont irrégulières dans la région de Djelfa, où la moyenne du cumul des précipitations annuelles d'environ 323mm, elles tendent à diminuer d'une année à une autre (Fig. 4). Elles étaient souvent sous forme d'orages accentuant de ce fait le phénomène d'érosion des sols et elles étaient à l'origine des inondations. La précipitation moyenne mensuelle maximale qui a été enregistrée au mois d'avril a été de 33,4 mm et une valeur minimale marquée au mois de juillet avec 13,7mm (Tab. 1).

Tableau 1: Les températures mensuelles minimales, maximales, moyennes et les précipitations mensuelles moyennes enregistrées dans la région de Djelfa (1975-2015) (O.N.M. D., 2015).

	Jan.	Fev.	Ma.	Av.	Mai	Jun.	Juil.	Août.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Tmoy (C°)	4,8	6,3	9,1	12,5	17,0	22,5	26,6	26,5	20,9	15,5	9,4	6,0
Tmin (C°)	0,4	1,5	3,3	6,1	10,2	15,1	18,3	18,0	14,2	9,5	4,5	1,7
Tmax (C°)	9,8	11,6	15,0	18,1	23,5	29,8	33,7	33,2	27,4	21,3	14,5	10,7
P (m/mois)	33,9	29,7	29,5	30,2	34,0	19,7	11,1	20,6	30,9	26,6	29,7	27,0

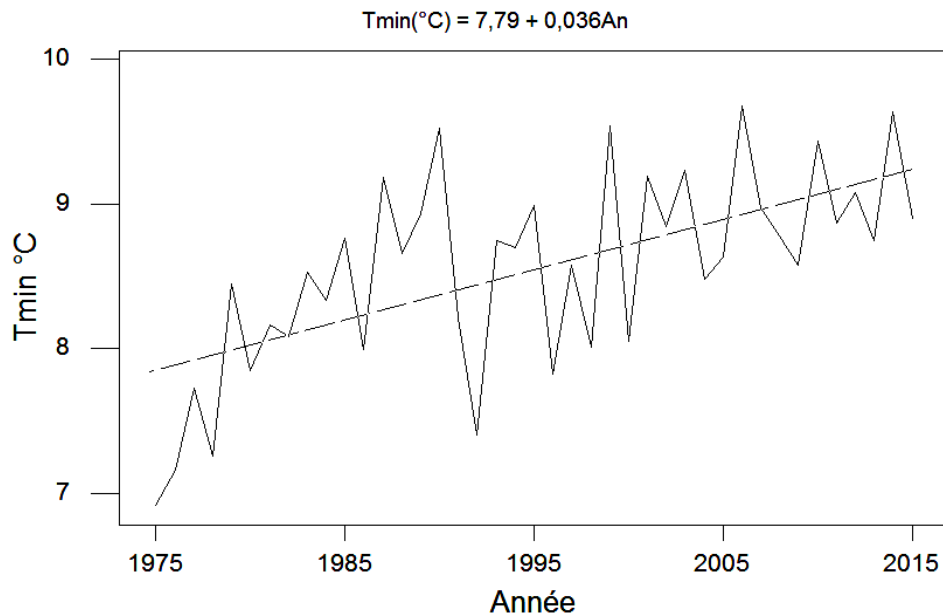


Figure 2 : Évolution interannuelle des températures moyennes minimales (1975-2015) dans la région de Djelfa, avec une tendance à l'augmentation de 1°C par 28 ans.

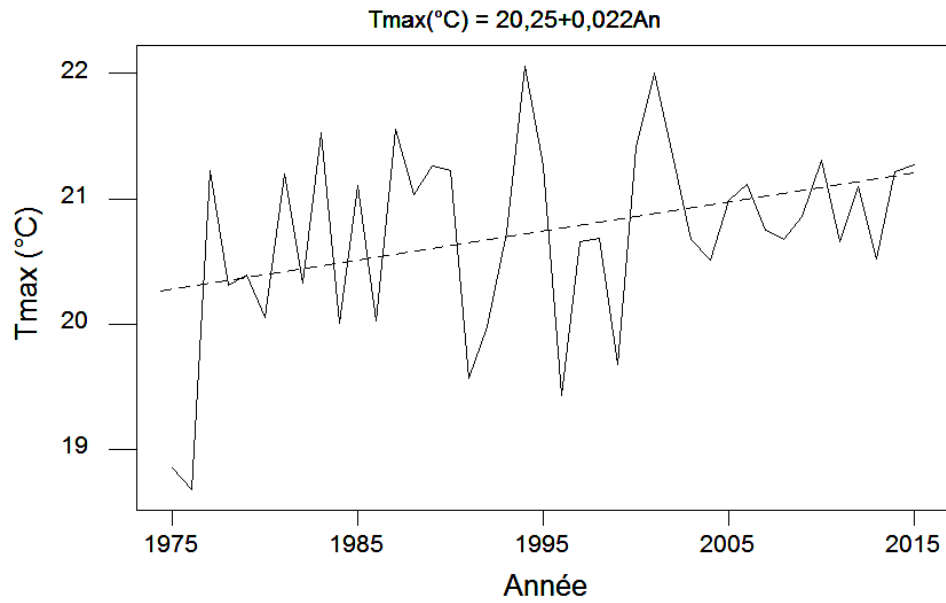


Figure 3: Évolution interannuelle des températures moyennes maximales (1975-2015) dans la région de Djelfa, avec une tendance à l'augmentation de 1°C par 25 ans.

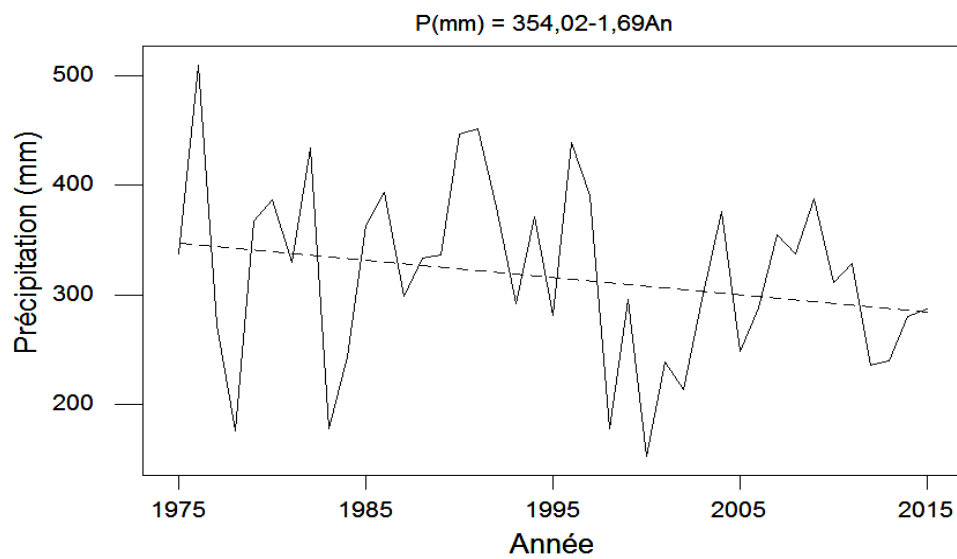


Figure 4: Évolution interannuelle des précipitations (1975-2015) dans la région de Djelfa, avec une tendance à la baisse de 17 mm par 10 ans.

1.1.4.3. Humidité

L'humidité est un élément qui joue un rôle pour la physiologie des animaux et des végétaux. L'évaluation moyenne mensuelle de l'humidité à la région de Djelfa est mentionnée dans le tableau 2. Le mois qui enregistre le taux d'humidité le plus élevé est décembre avec 80,7%.

1.1.4.4. Vent

Les vents jouent un rôle important dans le système climatique et affecte le développement des végétaux. À Djelfa les vents dominants ont une direction du nord-ouest ; ils sont généralement froids et frais, leurs vitesses maximales atteignent parfois 90 Km/h. Le vent le plus atroce est le Sirocco, c'est un vent chaud, sec et desséchant venant du Sahara, (B.N.E.F, 1983).

Tableau 2 : L'humidité mensuelle et le vent mensuel moyen enregistré dans la région de Djelfa (2004-2015) (O.N.M. D., 2015).

	Jan.	Fev.	Ma.	Av.	Mai	Jun.	Juil.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Humidité	76	74,7	66,8	59,0	52,8	41,0	34,1	37,4	54,8	63,8	74,7	80,7
Vent	3,9	4,5	4,6	4,7	4,2	3,6	3,3	3,0	3,0	3,0	3,2	3,7

1.1.4.5. Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Gaussen nous a permis de déterminer la durée de la période sèche au cours de la période de 1975-2015. Cette période sèche est matérialisée par l'intersection des deux courbes de température et précipitation. Le diagramme repose sur la relation :

$P = 2T$, ou P représente la précipitation mensuelle et T les températures moyennes mensuelles.

Le diagramme ombrothermique représenté par la figure 5, nous montre que notre zone d'étude est caractérisée par deux saisons :

- Une saison humide qui s'étale depuis le début d'octobre jusqu'à la fin d'avril.
- Une saison sèche qui s'étale depuis le début de juin jusqu'au début de mois d'octobre.

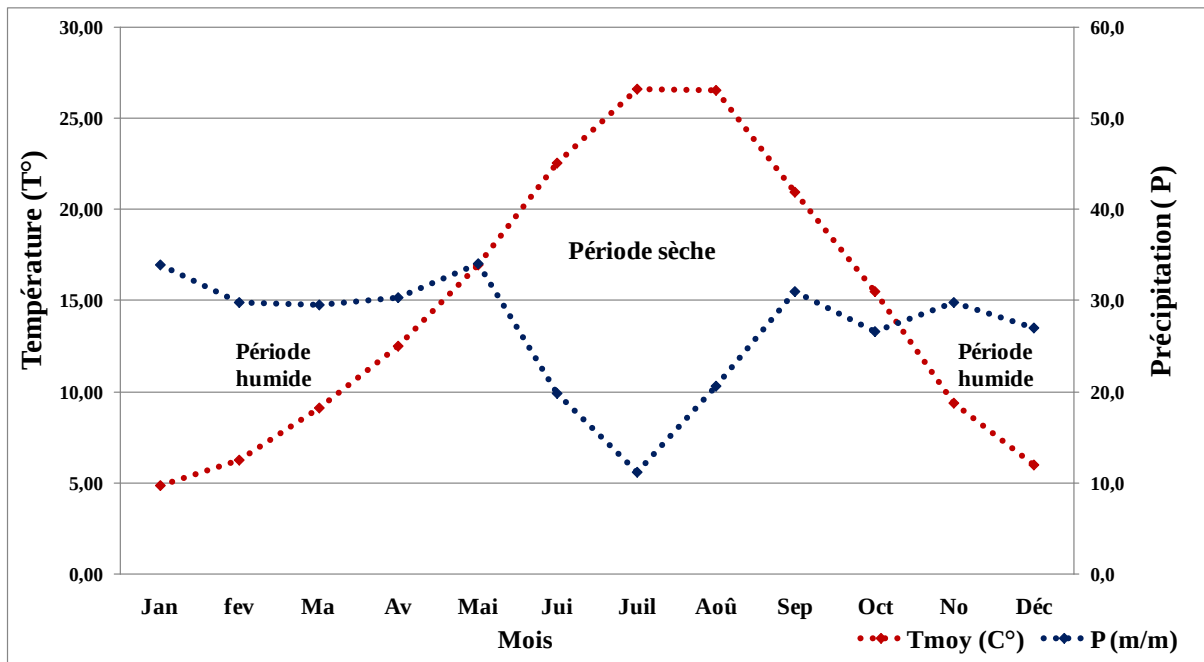


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Gaussen (1975-2015).

1.1.4.6. Climagramme d'Emberger et Indice d'aridité de De Martonne

Le climagramme d'Emberger (1955) et l'indice d'aridité de De Martonne nous ont permis de déterminer l'étage bioclimatique de la région étudiée. On distingue plusieurs classes, un climat très sec ($I < 10$), un climat sec ($I < 20$), un climat humide ($I > 20$). Dans notre cas, le $Q_2 = 33,26$ avec $m = 0,4$ °C et un indice d'aridité de De Martonne de 12,90. La région de Djelfa est située dans l'étage bioclimatique semi-aride à l'hiver frais, sec et chaud à l'été.

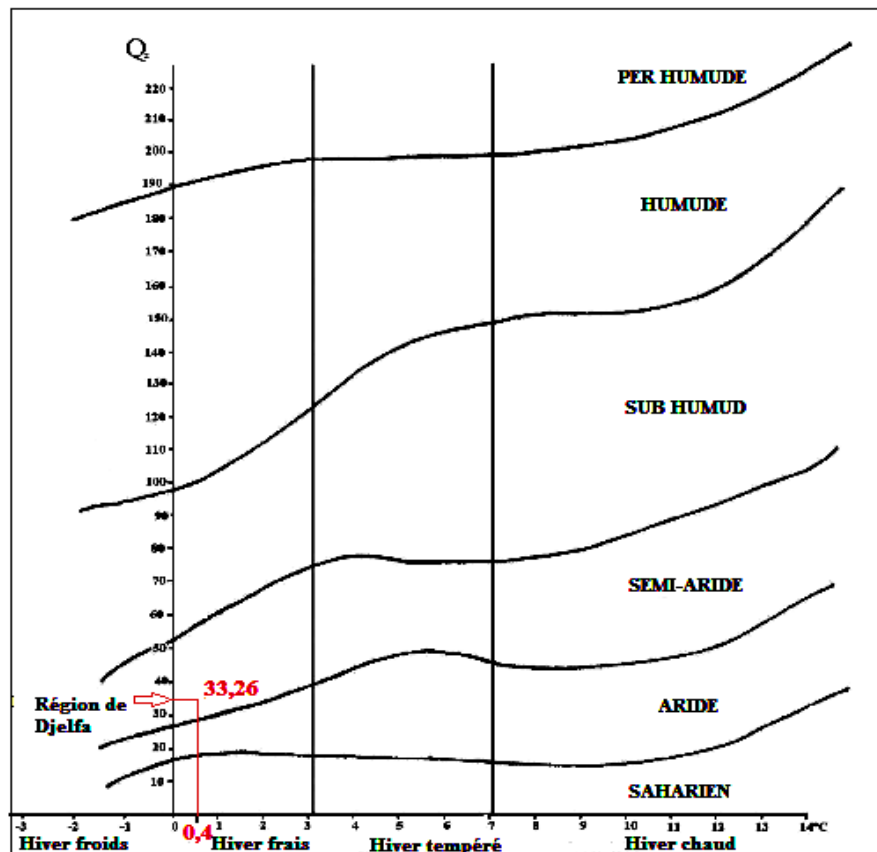


Figure 6: Position de la station de Djelfa sur le climagramme d'Emberger.

1.1.4.7. Patrimoine forestier de la région de Djelfa

Le patrimoine forestier de la région de Djelfa est constitué par des forêts naturelles, des reboisements et des nappes alfatières. Le pin d'Alep est la seule essence forestière qui forme des peuplements purs dans huit massifs bien distincts d'une superficie globale de 152753 ha (Louni, 1994) répartis comme suit (Tab.3):

Tableau 3 : Les surfaces de patrimoine forestier de la région de Djelfa (B.N.E.F., 1983).

Forêt	Superficie en ha
Sénalba Gharbi	42 339
Sénalba Chergui	19 833
Sahary Guebli	31 800
Massif Sahary Dahri	29 151
Djellal	7 374
Chouach	3 846
Boudhier Takouka	3 407
Massif de Boukhil	15 000
Total	152 753
Reboisement	56 633
Nappes alfatières	347 438

1.2. Présentation des essences forestières étudiées

1.2.1. Pin d'Alep *Pinus halepensis* Mill.

1.2.1.1. Position systématique

Le pin d'Alep appartient à la classe des Coniféroopsides (encore appelées « résineux »), l'ordre des Pinales, la famille des Pinacées (Abietacées), le genre *Pinus*, et la section des Halepensoides. Cette section est divisée en trois groupes (*heldreichii*, *halepensis* et *longifolia*). Le pin d'Alep fait partie du groupe « *halepensis* » sous le nom de *Pinus halepensis* selon Miller en 1768 (Nahal, 1986 ; Prévosto, 2013). Différents noms pour le pin d'Alep, selon leur pays: Pin de Jérusalem, Pin blanc (Provence en France), Aleppo Pine pour les Britanniques, Pino carrasco en Espagne, Aleppo Kiefer en Allemagne, Sanaoubar halabi prononcé en Arabe (Nahal, 1962).

1.2.1.2. Description du pin d'Alep

C'est une essence forestière morphologiquement hétérogène, il se reconnaît de loin dans le paysage à son feuillage d'un vert clair, c'est un arbre ayant un tronc plus ou moins tortueux, est un arbre toujours vert, vivace (Nahal, 1962; Quézel et Médail, 2003). C'est une espèce qui existe presque tout le nord algérien où il peut atteindre 30m de hauteur. Sa longévité est estimée à 150 ans avec une moyenne de 100 à 120 ans (Kadik, 1987). Les feuilles ont un caractère xérophytique, de 5-10 cm de longueur, très fines serrulées sur les bords, moins de 1mm de large, molles, lisses et aiguës, fasciculées par deux dans une gaine groupées en pinceaux à l'extrémité des rameaux, de couleur vert-jaunâtre (Nahal, 1962,1986; Quézel et Médail, 2003). L'écorce est gris argentée et lisse chez les jeunes arbres, puis brune rougeâtre, en écaille mince et large chez les plus âgés (Nahal, 1962). Les cônes sont très pédonculés et réfléchis vers la base du rameau pendants et persistants plusieurs années, isolés ou par paires, oblongs-coniques aigus de 8 à 12 cm de long, rouge-brun luisant, recourbé de 1 à 2 cm; écailles à écusson presque plan, muni au centre d'un ombilic, d'un petit mucron et plus ou moins recourbé; graines d'environ 7 mm, mates, à aile allongée 4 fois plus longue qu'elles et presque droite des deux côtés, cette aile persistante permet une dissémination rapide, éloignée et efficace et la colonisation de nombreux milieux (Nahal, 1962; Quézel et Médail, 2003).



Photo 1 : A gauche : Arbres du pin d'Alep de différentes hauteurs sur sol dégradé, à droite : aiguilles de pin d'Alep (Mecheri, 2013).



Photo 2: Le fruit (cône) : à gauche cône fermé; à droite cône ouvert (Mecheri, 2016).

1.2.1.3. Ecologie et plasticité de pin d'Alep

Le pin d'Alep est une essence héliophile qui supporte de forts éclaircissements et de longues périodes de sécheresse (espèce xérophile) et thermophile et il s'adapte à toutes les conditions écologiques (**Brochiero et al., 1999**). Mais ne supporte pas les gelées rigoureuses et des températures en dessous de -5°C plusieurs jours parce que ces froids laissent, le plus souvent, une trace provoquant quelque fois la mort des arbres (**Prévosto, 2013**).

Les forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) peuvent se développer sur presque tous les étages bioclimatiques de la région méditerranéenne (**Quézel et Médail, 2003**). Il peut

être présent aux altitudes de 300-500m en France méridionale et 600-800m dans le sud européen (mésoméditerranéen). Inversement, au sud méditerranéen le pin d'Alep ayant une expansion altitudinale plus importante surtout en Algérie et Tunisie où très largement répandu, entre 0 et 1400m (thermo et mésoméditerranéen). Il peut atteindre plus hautes altitudes, comme dans le haut-Atlas le plus haut du Maroc où ses colonies isolées dépassent 2600 m (**Rathgeber, 2002; Quézel et Médail, 2003**). Le pin d'Alep peut se rencontrer sous l'intervalle des précipitations comprises entre 200 et plus de 1500mm. Mais, le développement optimal des forêts de *Pinus halepensis* se produit à des précipitations annuelles de 350 à 700mm et à des températures minimales absolues entre -2 et +10°C (bioclimats semi-aride et sub-humide) (**Nahal, 1962**).

Le Pin d'Alep s'observe, sur toute l'étendue de son aire, essentiellement sur les calcaires marneux et les marnes, qui lui sont le plus favorable (**Quézel et Médail, 2003**). Les arbres qui se développent sur sol pauvre sont tout de même généralement chétifs et clairsemés (**Nahal, 1962**). Malgré cette préférence, le Pin d'Alep supporte beaucoup mieux un taux élevé de calcaire actif (**Nahal, 1962, 1986 ; Prévosto, 2013**). Il tolère très mal les sols sablonneux, sans doute en raison de l'assèchement trop intense qu'ils subissent durant l'été. Il ne tolère pas non plus la présence de nappes aquifères permanentes qui provoquent l'asphyxie de son système racinaire (**Nahal, 1962 ; Quézel, 1986**). Le Pin d'Alep peut localement constituer des formations de belle venue sur sols acides en Provence et en Sardaigne, surtout en position sub-littorale (**Quézel et Médail, 2003**). En Algérie, il est également présent sur grès, notamment dans l'Atlas saharien. Au contraire, certains milieux l'excluent, notamment les substrats sablonneux, halo-gypseux ou limoneux. C'est ainsi qu'en Afrique du Nord steppique, il colonise largement les steppes rocailleuses à *Stipa tenacissima*, alors qu'il est exclu des steppes limoneuses à *Artemisia* (**Quézel et Médail, 2003**).

Les cônes mûrissent au cours de la deuxième année et laissent le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année (**Nahal, 1962**). La dissémination naturelle des graines a lieu entre la fin du mois d'août et la fin du mois d'octobre (**Roque, 1991**). Le cône doit avoir subi de fortes chaleurs (thermophile), qui détruisent les joints de résine entre les écailles, pour pouvoir s'ouvrir (**Francelet, 1970**). La germination peut avoir lieu, soit à la fin de l'automne, soit au début du printemps (**Calamassi et al., 1984**). Le pin d'Alep fructifie dès l'âge de 10 à 12 ans, mais les graines qu'il produit ne sont aptes à germer que lorsqu'il a atteint l'âge de 18 à 20 ans (**Nahal, 1962**). Même auteur indique qu'un kg de graine comptant

environ 50 000 graines. De plus les graines conservent leur pouvoir germinatif pendant au moins deux ans.

1.2.1.4. Intérêt économique de l'espèce

Le bois du Pin d'Alep est utilisé pour les usages industriels (pâte à papier), pour l'ameublement, les parquets et lambris,...etc. Son bois souple et dur fut utilisé pour l'étagage des mines, la construction navale et la charpenterie et il est utilisé également comme bois de chauffage (**Dahmane, 1986 ; Polge, 1992**).

Les bourgeons de pin, très résineux, ont aussi une utilisation médicinale, comme calmants et diurétiques, transformés notamment en sirops et pastilles. Du bois, on extrait aussi par distillation le goudron de Norvège, à propriétés balsamiques et antiseptiques, c'est une essence de reboisement, utilisée aussi pour l'ornement. Les pignons ou les grains de pins sont comestibles et utilisés en pâtisserie et confiserie ou peuvent être mangés cru en cassant leur coque (**Polge, 1992**).

1.2.1.5. Distribution géographique du pin d'Alep

- Dans le monde

Le pin d'Alep est largement répandu sur le pourtour du bassin méditerranéen (**Nahal, 1962; Barbero et Quézel, 1976**). C'est une espèce fréquente, surtout en région méditerranéenne occidentale et surtout dans les portions méridionales du bassin oriental (**Nahal, 1962; Quézel et Médail, 2003**), mais elle se rencontre également en divers endroits du bassin méditerranéen oriental. Au total, ces forêts occupent sans doute plus de 3.5 millions d'hectares (**Quézel et Médail, 2003**).

Il est bien représenté dans les massifs montagneux du Maghreb, en Espagne orientale, dans les îles Baléares et en Provence pour la partie occidentale du bassin méditerranéen (**Quezel et Barbero, 1992**). Dans la partie orientale du bassin méditerranéen on le trouve essentiellement en Grèce méridionale. Enfin, on le rencontre aussi sporadiquement en Italie, Corse, Sardaigne, Sicile, Croatie, Liban, Jordanie, Palestine et Cyrénaïque (Fig. 7).

En Espagne, le Pin d'Alep est installé sur la côte méditerranéenne où il forme des peuplements assez importants, notamment dans les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et de Murcie et moins fréquent en Andalousie (**Prévosto, 2013**). Vers

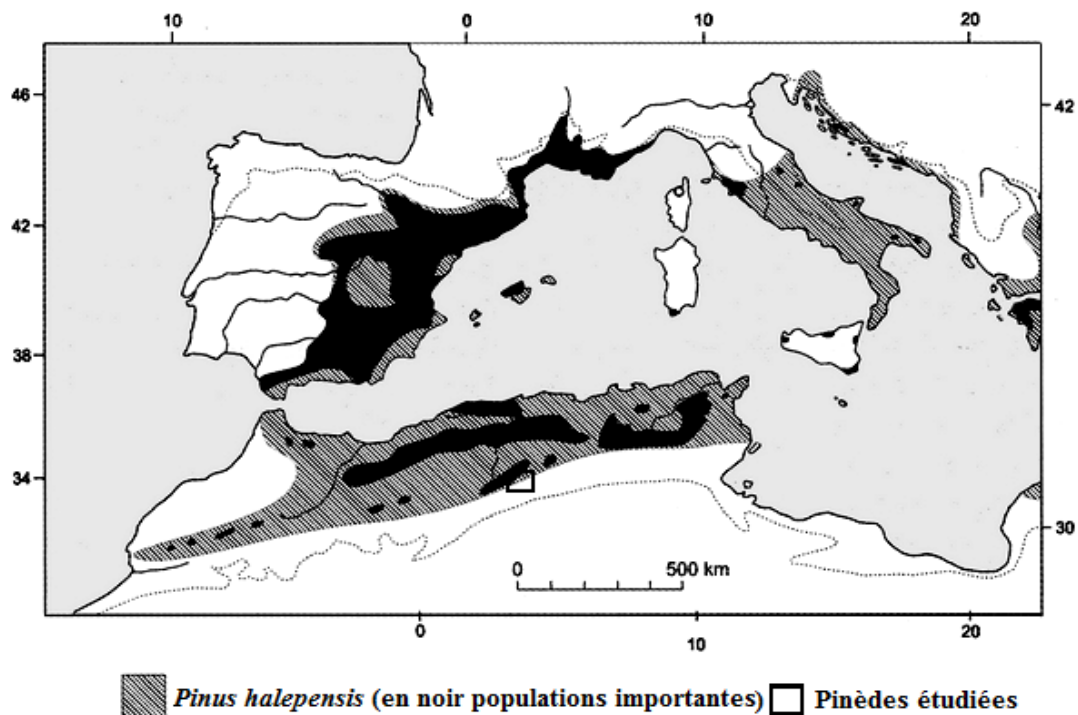
l'intérieur, il se trouve en colonie distincte dans la haute vallée du Tage et sur le pourtour de la vallée de l'Ebre et Aux îles Baléares (**Barbero et Quezel, 1976; Quezel et Medail, 2003**). En France, il est assez rare à l'Ouest du Rhône; mais il est fréquent en Provence, où il a atteint les bords nord de la région méditerranéenne. En Corse, sa spontanéité est douteuse (région de Saint Florent) (**Quezel et Medail, 2003**). En Italie, le Pin d'Alep est peu abondant ; il se rencontre sous forme de massifs dans la province de Tarente. Il occupe quelques localités en Sardaigne et en Sicile. Pour les Balkans, il est présent sur le littoral adriatique surtout au sud de Split et réapparaît abondamment dans certaines zones de la péninsule hellénique notamment en Péloponèse nord occidentale, en Attique, en Eubée et en Chalcidique occidentale (**Prévosto, 2013**).

Au proche orient, en Turquie, il n'a été signalé avec certitude qu'au nord-est d'Adana (**Prévosto, 2013**). En Syrie, quelques peuplements existent sur la bordure ouest de la chaîne des Alaouites (**Barbero et Quezel, 1976**). Il se trouve aussi sur le littoral libanais (**Nahal, 1962**). En Palestine et en Jordanie, il forme quelques massifs importants.

Au Maghreb son développement est maximal, puisqu'il peut être présent pratiquement des bords de mer jusque sur les massifs présahariens (**Quezel et Medail, 2003**). En Lybie, il existe quelques localités en Cyrénaïque littoral. Au Maroc, le Pin d'Alep est rare (**Boudy, 1954; Kadik, 1987**), son aire est disjointe, il constitue néanmoins quelques peuplements généralement isolés sur le pourtour des grands massifs montagneux et en particulier du Rif où il est relativement fréquent sur le versant méditerranéen du Moyen Atlas (région d'Azrou, Ahermoumou des hautes Chaînes orientales) et aussi du Haut Atlas où il est assez répandu dans les vallées internes du versant septentrional jusqu'au sud ouest de Marrakech; il existe aussi quelques colonies sur les versants subsahariens de la chaîne, enfin le Pin d'Alep forme quelques peuplements dans le Maroc oriental et en particulier sur les monts de Debdou (**Belghazi et al., 2000; Prévosto, 2013**). En Tunisie, le Pin d'Alep est très fréquent sur tous les massifs montagneux, il est concentré notamment sur la Dorsale tunisienne et l'Oued Mellègue (**Kadik, 1987; Prévosto, 2013**). L'importance des surfaces occupées par *Pinus halepensis* dans quelques pays méditerranéens est mentionnée dans le Tableau 4 (**Bentouati, 2006**).

Tableau 4 : Superficie du pin d'Alep dans quelques pays méditerranéens (**Bentouati, 2006**).

Pays	Superficie (Ha)	Source
Algérie	852.000	Mezali (2003)
Maroc	65.000	Belghazi et al., 2000
Tunisie	170.000 à 370. 000	Ammari (2001)
France	202.000	Couherte Duplat (1993)
Espagne	1.046.978	Montéro et al. (2001)
Italie	20.000	Seigue (1985)
Grèce	330.000	Seigue (1985)

**Figure 7:** Aires de répartition du pin d'Alep (**Quézel et Médail, 2003**) dans l'Ouest méditerranéen et position des pinèdes échantillonnées dans la région de Djelfa.

- En Algérie

Le pin d'Alep est présent avec 35% de la couverture forestière. Il reste bien l'espèce qui occupe la première place de la surface boisée de l'Algérie (**Bentouati, 2006**). Dans un rapport sur le forum des nations unies sur les forêts avance un chiffre de 800 000 ha (**Mezali, 2003**). Le pin d'Alep est présent d'Est en Ouest allant du niveau de la mer aux grands massifs montagneux du Tell littoral et de L'Atlas Saharien (**Prévosto, 2013**) (Fig. 8). Son optimum de croissance et de développement se situe au niveau des versants Nord de l'Atlas saharien où il

constitue des forêts importantes et l'on peut citer à l'Est, les grands massifs de Tébessa avec leurs 90 000ha, celui des Aurès à plus de 100 000ha constitués principalement par les pinèdes des Béni-Imloul avec 72 000ha, des Ouled Yagoub et celle des Béni-Oudjana (**Bentouati, 2006**). Selon **Kadik (1987)**, ce sont les plus beaux peuplements du pin d'Alep en Algérie qui sont situés entre 1000 et 1400m d'altitude. Au centre du pays, on peut signaler les forêts de Médéa-Boghar et Theniet El Hed qui totalisent respectivement 52 000ha et 47 000ha et les vieilles futaies des Monts des Ouled Nail dans la région de Djelfa (**Louni, 1994**). A l'ouest du pays, en Oranie, on peut trouver de vastes massifs concentrés dans les régions de Sidi Bel-Abbés, de Saida et de l'Oursenis (**Louni, 1994**).

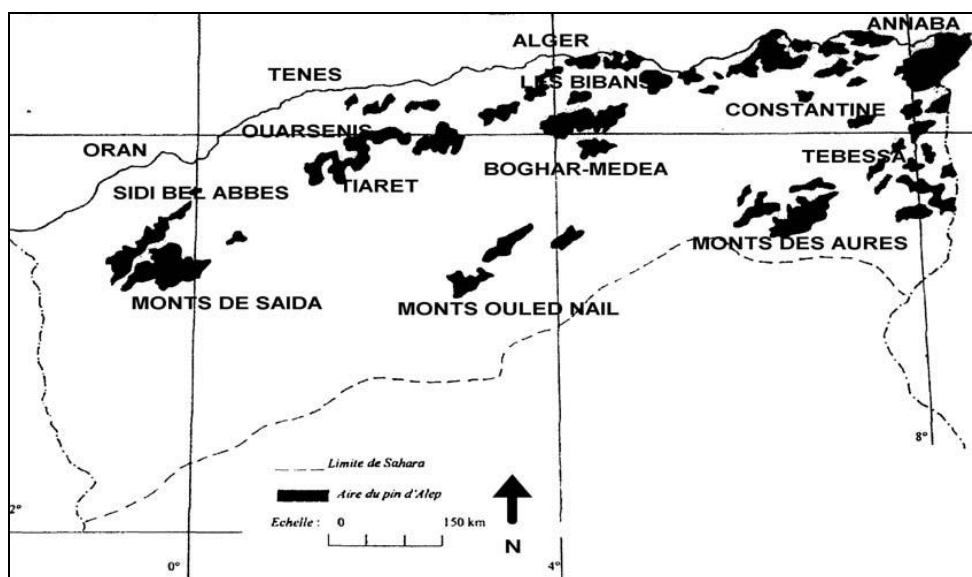


Figure 8: Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (**Bentouati, 2006**).

1.2.2. Présentation de chêne vert (*Quercus ilex* subsp *rotundifolia* Lam.)

1.2.2.1. Position systématique du chêne vert

Le chêne vert appartient à la classe des Angiospermes, à l'ordre des Fagales, à la famille des Fagaceae, au genre *Quercus* et à sous genre Sclérophylloides (**Barbero et Loisel, 1980**), l'espèce décrite dans la région est *Quercus ilex* L, 1753 et la sub-espèce *Quercus ilex rotundifolia* Lam. (**Dahmani, 1984**).

1.2.2.2. Description du chêne vert

Le chêne vert est un arbre de 5 à 10 m de haut, mais qui peut atteindre 20m en milieu humide. Il est micro à mésophanérophite. Il présente un tronc unique, trapu, tortueux et robuste, à écorce fissurée, de couleur brune grisâtre et qui apparait sous forme de petits carrés. Le chêne vert présente un système racinaire pivotant pouvant atteindre 10m de profondeur et des racines latérales traçantes et drageonnantes (**Vilmorin, 2003**). Cet arbre présente un houppier ovale avec un couvert épais à ramifications serrées et denses (**Barbero et Loisel, 1980**). Les feuilles sont alternes, coriaces, petites (de 3 à 8 cm de longueur, de 1 à 3 cm de largeur), de forme variable. Elles peuvent être entières, dentées ou épineuses, elliptiques, lancéolées, arrondies. Elles sont luisantes, vertes foncées sur le dessus, et pubescentes, blanchâtres à grisâtres dessous. Sa longévité moyenne est de 200 à 300 ans et peut vivre plus de mille ans (**Boudy, 1952**). Les fleurs sont unisexuées (arbre monoïque), et la floraison ne s'effectue que sur la première pousse de l'année pour les fleurs femelles, mais peut se retrouver sur la pousse de l'année précédente pour les fleurs mâles. La floraison s'étend d'avril à mai (**Vilmorin, 2003**).

Les fruits sont des akènes appelés glands, de dimensions variant de 1 à 4 cm de longueur et de 1,5 à 2 cm de largeur, ils sont regroupés sur un pédoncule commun en nombre de 1 à 5 (**Vilmorin, 2003**). Les glands mûrissent en un an. Ils sont bruns striés et légèrement pointus au sommet. Ils sont coiffés à leur base arrondie d'une cupule hémisphérique à écailles rapprochées, courtes, de couleur grisâtre (**Dahmani, 1984**). La fructification est annuelle et se fait du mois de novembre au mois de décembre, mais ne commence que lorsque l'individu atteint environ 12 ans (**Boudy, 1952**). Selon ce dernier, la régénération du chêne vert est très lente dans la concurrence avec les autres essences forestières. Mais sa vitalité est remarquable du fait qu'il rejette des souches jusqu'à un âge très avancé.



Photo 3 : Le chêne vert (droite : un arbre adulte, gauche : les glands du chêne vert)
(Mecheri, 2015).

1.2.2.3. Ecologie du chêne vert

L'une des principales raisons du succès du chêne vert en zone méditerranéenne, réside dans sa remarquable résistance aux contraintes écologiques et en particulier hydriques (**Vilmorin, 2003**). Ainsi, en plus d'un enracinement profond, le chêne vert peut répondre à une forte sécheresse par le développement d'une surface évapo-transpirante limitée qui est en relation avec la faible réserve hydrique des sols sur lequel il pousse (**Barbero et al., 1992**). L'ensemble de ces réponses à la sécheresse, permet au chêne vert, de maintenir une certaine croissance malgré le ralentissement important de l'activité physiologique (**Delillis et Fontanella, 1992**).

Le chêne vert de groupe de *rotundifolia* peut pousser jusqu'à 1400m d'altitude. Au Maghreb, cette essence s'infilte largement au montagnard-méditerranéen entre 1800 et 2400m, mais présente leur développement optimal au méso-méditerranéen entre 0-100m et 300-500m (**Quézel et Médail, 2003 ; Vilmorin, 2003**).

1.2.2.4. Distribution géographique du chêne vert

- Dans le monde

Le *Quercus ilex* s'étend sur presque tout le bassin méditerranéen; parfois il le déborde. Il se trouve principalement dans le bassin occidental de la Méditerranée qu'il est le plus

répandu et voit son aire de distribution diminuée dans la partie centrale du bassin pour disparaître totalement dans la zone orientale. La limite septentrionale de cette aire de distribution semble résulter de la concurrence avec des espèces mieux adaptées, plutôt que d'une inadaptation aux conditions climatiques, car l'amplitude écologique du chêne vert est très importante tant du point de vue climatique (thermique et hydrique) qu'édaphique (**Barbero et al., 1992**). Le chêne vert est une espèce à vaste répartition, les formations les plus âgées se rencontrent en Asie centrale; il s'étend depuis la Grande Bretagne jusqu'en Himalaya (**Boudy, 1955**).

En Grèce nord-occidentale et en Turquie d'Europe, s'observe une répartition identique à celle constatée sur le littoral des Balkans. Par contre en Anatolie, le chêne vert devient d'une très grande rareté puisqu'il n'apparaît qu'en quelques points de la région d'Istanbul, littoral de la mer Noire à Samsun et le massif du Samsun-dâg, près de Kusâdasi. Le chêne vert a également colonisé les îles méditerranéennes : Baléares, Corse, Sardaigne et Sicile où il joue un rôle important et on le retrouve également en Crète où il est cependant rare (**Barbero et Quezel, 1976**).

- En Algérie

Le chêne vert occupe une très grande partie de la surface forestière algérienne ; on le trouve partout, aussi bien sur l'Atlas saharien que l'Atlas Tellien où il forme de belles forêts en Kabylie et sur les monts de Tlemcen. Les plus importantes chênaies sont localisées en Oranie, en peuplements purs ou mélangés avec le pin d'Alep dans la région de Tiaret, et de Saïda. Il se trouve sous forme de futaies âgées dans la région de Tlemcen. On trouve le chêne vert sur les régions côtières, les massifs montagneux, littoraux et l'Atlas Tellien inclus dans le domaine Maghrébin-Méditerranéen où il se mélange au cèdre, au chêne zeen et au chêne afares ; dans l'étage humide frais (**Barry et al. 1976**).

Dans la région de Tiaret notamment le massif de Tagdempt et des Sdamas (forêts du tell), se rencontrent des forêts importantes à base d'un mélange de chêne vert et de pin d'Alep (**Zeraia, 1978**) et à El Hassania (Saida), il est rencontré à 1260m d'altitude. Cette essence est rencontrée dans le massif de Zaccar et forme un taillis qui descend jusqu'à Miliana. Dans celui de Boughar, elle est mélangée au pin d'Alep, alors que dans le massif de Theniet el Had et celui de Mouzaia, elle constitue le tapis végétal. Dans l'Atlas Blidéen, sur les monts de

Chr  a, elle est rencontrée sous forme de maquis. Sa présence est également notée dans l'  ouarsenis (Louni, 1994).

A l'Est le     ne vert est présent sur les monts de Medjerda, sur les monts de Tébessa    Aïn el Badie. Dans les Aurès, il se cantonne en zones steppiques sur les versants des djebels, souvent à des altitudes supérieures à 1200m. Sur le massif du Ch  lia sont rencontrées des forêts mixtes de     ne vert et de cèdres. Sur les monts de Belezma, cette essence constitue des taillis sur la pente Nord, et des maquis        ne vert et génévrier (*Juniperus oxycedrus*) sur la pente Nord-est. Le     ne vert se rencontre également dans le constantinois, de m    me qu'au niveau des massifs de Babor et Tababor où il occupe de grandes surfaces (Vilmorin, 2003).

Au Sud c'est dans l'Atlas saharien, notamment les forêts de la région de Djelfa, le     ne vert accompagne le pin d'Alep (Louni, 1994).

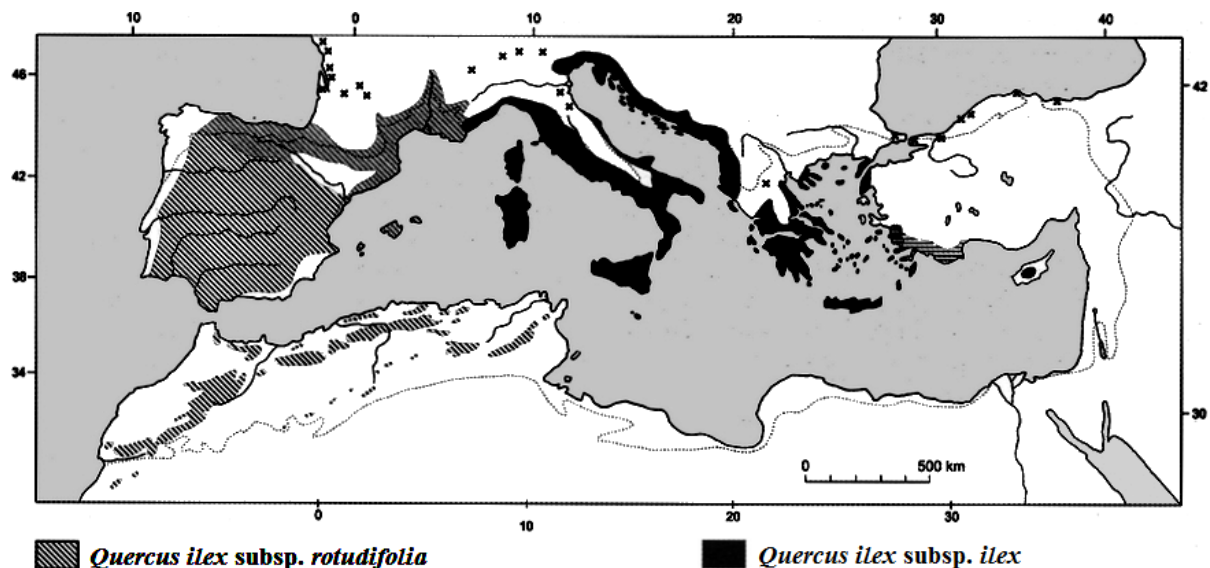


Figure 9: Répartition géographique du     ne vert (Quézel et Médail, 2003).

1.3. Présentation des forêts étudiées

1.3.1. Senalba Gharbi

La forêt du Senalba Gharbi couvre la grande superficie de la région de Djelfa avec 42339,39ha. Elle est située au sud du Zahrez Gharbi et au sud-ouest du mont Senalba Chergui, cette région est comprise entre 2   et 3   5' longitude Est et 34   38' et 34   20' de latitude Nord. Cette forêt est divisée en 22 cantons. La Zone d'étude est située dans le canton

de Benyagoub qui occupe une superficie de 1282,15 ha et est localisée entre 34° 28' Nord de latitude et 2° 49' Est de longitude avec une altitude moyenne de 1504 m (Tab.5).

1.3.2. Senalba Chergui

La forêt de Senalba chergui se localise sur les hauteurs des Ouled Naïl. Le massif du Senalba chergui est considéré comme le principal chaîne de ces montagnes. Elle se localise à 7 km de la ville de Djelfa (Fig.1). La forêt de Senalba chergui occupe la partie orientale du massif. L'individualité de cette forêt est bien soulignée à la fois par des tracés de routes et par des différences d'altitudes avec une superficie totale de 17494,52ha (**B.E.N.F., 1983**). Le site étudié (M'ezrreb El Aali) est localisé entre 34°60'71'' Nord de latitude et 3°09'78'' Est de longitude, avec une altitude moyenne de 1364m (Tab.5).

1.3.3. Djellal Chergui

La forêt de Djellal Chergui se situe dans la partie sud-est de la région de Djelfa et dans la commune de Zakkar. Avec une superficie de 7374 hectares, elle est comprise entre 34°33' de latitude Nord et 3° et 21' de longitude Est, et une altitude qui varie entre de 987 et 1400 m (Tab. 5). La forêt de Djellal Chergui est une formation naturelle sub-saharienne, composée principalement de pin d'Alep et Genévrier oxycedre et Genévrier de Phénicie et quelques taillis de chêne vert.

Tableau 5 : Coordonnées des trois stations étudiées dans les pinèdes de Djelfa.

	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Senalba Gharbi	34°28'30'' à 34°31'41,06''N	2°39'27,55'' à 3°03'41,15''E	1100 à 1536
Senalba Chergui	34°39'37,69'' à 34°42'48,49''N	2°57'29,66'' à 3°15'22,56''E	1200 à 1364
Djellal Chrgui	34°31'41,10'' à 34°34'42,63''N	3°19,51'04,96'' à 3°24'31,62''E	987 à 1400



Photo 4 : La forêt de Senalba Gharbi; à gauche un sol dénudé, à droite avec plusieurs genévrier sur les crêtes de Benyagoub (Mecheri, 2015).



Photo 5 : La forêt de Senalba Chergui, à gauche forêt dense avec Alfa, à droite avec genévrier oxycèdre et clairières (Mecheri, 2013).



Photo 6 : La forêt de Djellal chergui, à gauche et à droite sur sol sur-pâturé (Mecheri, 2013).

2. Méthodologie

2.1. Echantillonnage

La plupart des inventaires forestiers sont fondés sur un échantillonnage qui consiste à choisir des aires limitées représentatives de l'ensemble de la forêt. Les unités d'échantillonnage peuvent prendre diverses formes. Elles peuvent être aléatoire et simple, systématique avec/ou sans stratification (Méthot *et al.*, 2014).

L'échantillonnage stratifié a été utilisé pour distinguer entre les forêts hétérogènes sur le plan stationnel notamment de l'altitude et de la densité des arbres, après avoir choisi d'une façon subjective les trois forêts qui répondent à ces exigences stationnelles.

L'échantillonnage aléatoire a été utilisé pour choisir des placettes de 20x20m, dans les parcelles préalablement définies en tant que forêts homogènes sur le plan stationnel (altitude) et dendrométrique (âge) (Fig.10).

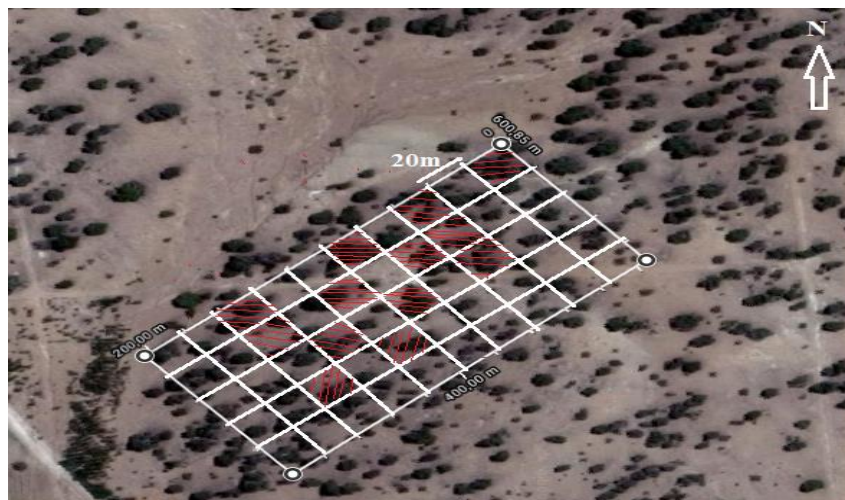


Figure 10: Echantillonnage aléatoire utilisée dans la région d'étude (cas : la forêt de Djellal Chergui).

Au sein de chaque placette, nous avons échantillonné systématiquement tous les arbres. Sur chaque arbre de pin d'Alep et de chêne vert, des relevés dendrométrique ont été réalisées (Circonférence, Hauteur totale et Hauteur de la 1^{ère} branche et Rayon du houppier). Ainsi, une évaluation de l'état de la cime (la décoloration et la défoliation) et de l'état du tronc.

2.2. Relevés dendrométriques

2.2.1. Caractérisations sylvicoles

Ils permettent de décrire et d'analyser le peuplement de point de vue de son histoire sylvicole. De nombreux descripteurs sont alors utilisés dont certains sont des mesures, d'autres des estimations relevées sous forme de notes, et d'autres des simples observations (Tab. 6) (**Adjami, 2008**).

Tableau 6: Principaux descripteurs des relevés sylvicoles.

Descripteurs	Classe
Statut phytosociologique	1 (dominé), 2 (co-dominant), 3 (dominant)
Concurrence avec d'autres essences	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)
Régénération	1 (aucune), 2 (rare), 3 (moyenne), 4 (forte)
Fréquentation humaine	1 (nulle), 2 (faible), 3 (moyenne), 4 (forte)
Pâturage	1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (abondant)
Sous-bois	1 (nul), 2 (réduit), 3 (moyen), 4 (dense mais pénétrable), 5 (dense et impénétrable)

2.2.2. Caractérisations biométriques des arbres

2.2.2.1. La Circonférence à 1.30m

Les troncs des arbres échantillonnés du pin d'Alep et le chêne vert ont fait l'objet de mesure de la Circonférence à 1.30m du sol à l'aide d'un mètre ruban. Puisque on enregistre diverses irrégularités au niveau des troncs des arbres à mesurer, **Rondeux (1999)** propose la procédure de mesure comme elle est représentée au niveau de la figure 11.

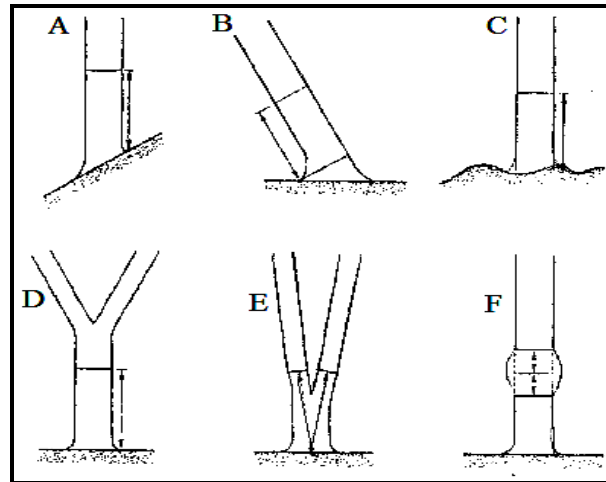


Figure 11: Niveaux de mesures de la Circonférence des arbres en situations particulières – A : position pour la mesure de la circonférence d'un arbre sur un terrain incliné, B : position pour la mesure de la circonférence d'un arbre penché, C : position pour la mesure de la circonférence sur terrain plat, D : arbre fourchu plus de 1,30m, E : arbre fourchu moins de 1,30m donc considérés comme deux arbres, F : position pour la mesure de la circonférence d'un arbre avec des branches ou un renflement à 1,30 m (**Rondeux, 1999**).



Photos 7: Mesure de la Circonférence d'un arbre de chêne vert (Mecheri, 2016)

2.2.2.2. Hauteur totale

Elle représente la distance verticale séparant le niveau du sol et du sommet de l'arbre (bourgeon terminal). Dans notre cas nous avons mesuré la hauteur totale des arbres du pin d'Alep par la méthode de « la croix du bûcheron » (Fig. 12) :

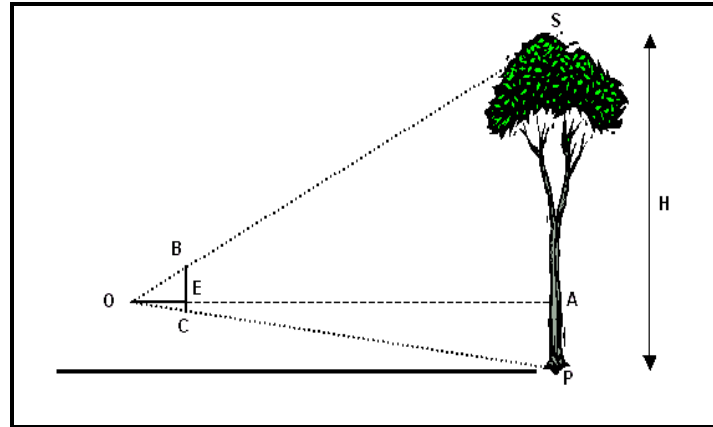


Figure 12: Principe de la croix du bûcheron (Rondeux, 2002).

2.2.2.2. Hauteur de la première branche

Nous avons mesuré la hauteur de la première branche à l'aide d'un mètre ruban.

2.2.2.3. Distance entre deux arbres voisins

Nous avons mesuré aussi la distance entre deux arbres voisins à l'aide d'un mètre ruban.

2.2.3. Caractérisation biométrique des fruits

2.2.3.1. Récolte et mensuration des cônes

La récolte des cônes a été faite de façon aléatoire, cette opération a concerné les cônes tombés par terre et ceux récoltés directement de l'arbre. Pendant chaque saison, nous avons récolté 100 cônes (50 cônes de l'arbre et 50 cônes tombés au sol). Chaque cône a été mis individuellement dans un sac en plastique étiqueté avec l'endroit (sol /arbre) et la saison de la récolte. Au laboratoire, tous les cônes récoltés ont fait l'objet de mesures (longueur, largeur et poids) réalisés respectivement à l'aide d'un pied à coulisse électronique et une balance électronique.

2.2.3.2. Récolte et biométrie des glands

La collecte des glands de chêne vert a été réalisée en fonction de la maturité des glands à partir du mois de novembre. Les glands murs ont été récoltés manuellement et directement sur l'arbre ou ramassés par terre. Un total de 1050 glands récolté dans les trois forêts étudiées. Les glands ont été examinés et mesurés au niveau de laboratoire afin de déterminer la longueur et le diamètre à l'aide d'un pied à coulisse électronique, et le poids à l'aide d'une balance électronique.

2.2.4. Caractérisation biométrique des feuilles

2.2.4.1. Pin d'Alep

Les échantillons des aiguilles de pin d'Alep ont fait l'objet de mesure. Au niveau de l'arbre échantillonné des trois pinèdes étudiées à travers l'examen des rameaux feuillés qui ont été échantillonnées d'une façon aléatoire. Ces échantillons ont été conservés immédiatement au frais dans le laboratoire puis, 300 aiguilles issues des trois pinèdes ont été sélectionnées au hasard pour les mesures (longueur et largeur), à l'aide d'un pied à coulisse électronique.

2.2.4.2. Chêne vert

Dans le cas des feuilles du chêne vert, un total de 1050 feuilles de chêne vert issues des trois forêts ont été directement conservée au laboratoire, puis classées selon leur état sanitaire (feuilles saines, attaquées, présentent des galles, attaquées avec des galles), puis mesurées (longueur, largeur). La surface foliaire a été calculée par la formule de **Moneville (1944)**.

$$SF = Ln \times Lr \times 0,94$$

SF: Surface foliaire.

Ln: Longueur d'une feuille de chêne vert mesurée.

Lr: Largeur d'une feuille de chêne vert mesurée.

2.3. Biodiversité de l'entomofaune et caractérisation des principaux ravageurs

Au cours de la période d'étude, la biodiversité de l'entomofaune associées aux trois forêts mixte de pin d'Alep et de chêne vert, a été menée essentiellement à partir des captures faites au moyen de différents types de pièges adaptés à chaque strate (micro-habitat) :

2.3.1. Au niveau de la litière (pédofaune épigée)

Le piégeage a été effectué par l'utilisation de pièges d'interception ou pots Barber. Ces derniers occupent une grande place dans l'étude quantitative des différentes caractéristiques du peuplement animal (**Mathey et al., 1984**). Les pièges sont enfouis jusqu'au bord supérieur de façon à créer un puits dans lequel les insectes marcheurs vont choir. Une plaque (pierre, tuile ou écorce), disposée à un centimètre au-dessus du bord supérieur du piège, protège de l'eau de pluie. Ces pièges ont été rendus attractifs par l'addition de 4cl de l'eau vinaigrée et du sel (conservateur). En plus, des pièges colorés en aluminium ont été utilisés. D'un volume de ½ litre, les pièges ont été peints grâce à la bombe (couleur jaune et blanc), remplis de 4cl de vinaigre et du sel pour un plus long délai de conservation. Chaque couleur de piège apportant un cortège d'espèces et des variations différentes d'abondance et de diversité. Dans chaque site 10 récipients séparés les uns aux autres d'une distance de 3m (**Bonneau, 2008**).

2.3.2. Au niveau du tronc

Concernant la biodiversité de l'entomofaune au niveau du tronc, elle a été réalisée directement par un examen visuel, nous avons recherché les insectes au niveau du tronc et sous les écorces des troncs.

2.3.3. Au niveau de la cime

Des pièges aériens ont été réalisés à partir d'une bouteille en plastique dans laquelle une fenêtre de pénétration des insectes a été aménagée (**Colas, 1974**). Le piège remplis avec l'eau vinaigrée et de sel est suspendu sur une branche maîtresse à une hauteur variante entre 1,5 et 2 m suivant la topographie du site ou bien fixé au tronc à 1,5 m du sol et exposé au soleil. Ce type de piège est efficace pour capturer les Hyménoptères, les Diptères et les Lépidoptères, (**Nichan et al., 2013**). Les pièges de nombre de 6 pour chaque site ont été visités deux fois par mois. Concernant les zoocécidies, il suffit de prospecter et d'observer attentivement les arbres pour détecter et récolter de nombreuses galles de formes et tailles différentes (**Pujade-Villar**

et *al.*, 2010). Le travail consiste à des observations de toutes les parties de la cime de chêne vert.

2.3.4. Au niveau du fruit (appareil reproducteur : cône ou gland)

L'examen des cônes a permis de prélever toutes les espèces qui se trouvent à l'intérieur des cônes pour permettre une évaluation qualitative et quantitative de cette communauté. La dissection des glands récoltés a permis d'évaluer le taux d'infestation et de déterminer les différents types de larves de Carpophage.

2.3.5. Conservation et identification

Tous les insectes ont été prélevés à l'aide d'une pince souple et séparés selon leur ordre et conservés immédiatement dans des tubes à essai et des tubes épindorff pour les insectes de petite taille, contenant de l'alcool éthylique à 70 % (Fig. 13). Chaque tube contient une étiquette avec un code correspondant qui mentionne la date de récolte, le nom de la forêt et le type de piège et l'ordre. L'identification des espèces se fait au niveau de laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un stéréoscope.

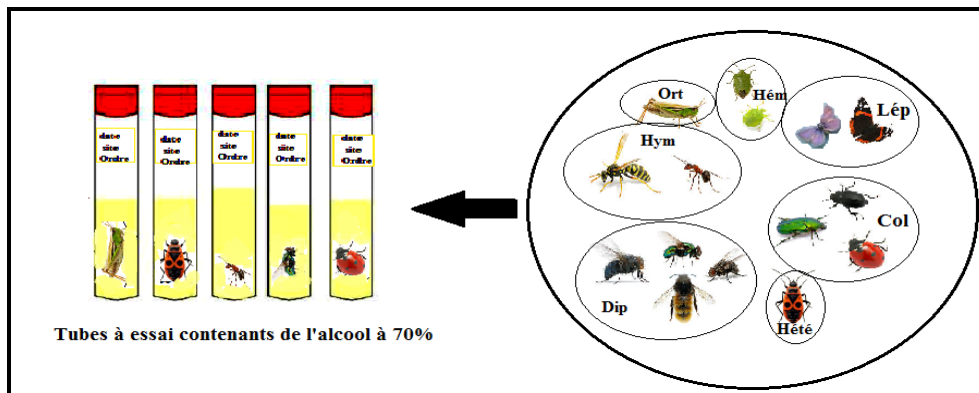


Figure 13: Exemple d'échantillon après le tri et exemples de 5 tubes à essai représentant la collection avec des étiquettes contenant la date de sortie/site et Ordre.

2.3.6. Étude synécologique

Pour évaluer nos résultats de l'entomofaune, nous avons calculé plusieurs indices écologiques de composition et de structure.

2.3.6.1. Indices écologiques de composition

- **Richesse spécifique**

Selon **Ramade (1984)**, la richesse totale ou spécifique (S) d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la compose dans les sites d'étude. Dans notre cas, la richesse saisonnière représente la richesse moyenne (s)

- **Abondance relative des espèces**

L'abondance relative des espèces, exprimée en pourcentage, est le nombre d'individus de cette espèce par rapport au nombre totale d'individus (Grall et Hily, 2003) dans le but de connaître l'importance de chaque peuplement :

$$A = \frac{Na}{N} \times 100$$

Na : Nombre d'individus d'une espèce

N : Nombre totale d'individus recensés

Selon la classification de Ramade (1984) :

- Une espèce est dominante si $A_r > 5$
- Une espèce est influente si $2 < A_r < 5$
- Une espèce est résidente si $A_r < 2$

- **Fréquence relative des espèces**

C'est le rapport entre le nombre de prélèvements où se trouve une espèce sur le nombre totale des prélèvements effectués.

$$F (\%) = \frac{P_i}{P} \times 100$$

Pi : Le nombre de prélèvement où se trouve l'espèce i.

P : Le nombre de prélèvement totaux effectués.

Selon la classification de Ramade(1984) :

- $F \geq 50\%$ espèces constantes
- $25\% \leq F \leq 49\%$ espèces accessoires
- $10\% \leq F \leq 24\%$ espèces accidentelles
- $F < 10\%$ espèces sporadiques.

2.3.6.2. Indices écologiques de structure

Diversité spécifique

Le degré d'organisation de tout peuplement se traduit par un certain spectre de fréquence de l'espèce la plus rare et de celle la plus abondante. Du point de vue écologique la diversité spécifique s'explique par la répartition inégale des individus entre les espèces. Selon Ramade (1984), l'indice de Shannon-Weaver (**H'**) permet de calculer la diversité spécifique, cet indice s'exprime en bits par individu (Binary digit).

$$H' = - \sum_{i=0}^S \frac{Q_i}{Q} \log_2 \frac{Q_i}{Q}$$

Q : Nombre totale d'individus.

Q_i : Nombre d'individus de l'espèce i.

Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible correspond soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèces pour un grand nombre d'individus, soit à un peuplement dans lequel il y a une espèce dominante (**Pedel et Fabri, 2012**).

La diversité varie en fonction de la richesse du peuplement et de la distribution d'abondance des espèces de ce dernier. Plus la richesse est élevée, plus la distribution d'abondance est équilibrée, plus la diversité est forte. Les fortes valeurs de H' traduisent généralement un degré élevé de complexité et de maturité d'un peuplement et, par là même, la complexité des facteurs mis en jeu dans l'environnement (**Benyacoub, 1993**).

La diversité maximale d'un peuplement **H'** **H_{max}** se calcule comme suit :

$$H' \text{ max} = \log_2(S)$$

S : Richesse spécifique de l'échantillon.

Équitabilité

L'indice de Shannon-Weaver est complété par l'indice de l'équitabilité qui est le rapport de la diversité spécifique à la diversité maximale (**Ponel et Moragues, 1983**), représenté par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

E : Equitabilité

H' : Indice de Shannon-Weaver

S : Richesse spécifique

Quand E est proche de 1, la diversité observée est proche de la diversité maximale. Elle traduit alors une distribution d'abondance proche de l'équilibre. A l'inverse, quand E est proche de 0, la diversité observée est faible et illustre une distribution d'abondance fortement hiérarchisée qui est le reflet d'un environnement simple, contraignant, dans lequel peu de facteurs structurent le peuplement (**Benyacoub, 1993**).

2.3.7. Calasse trophique

Au cours de notre inventaire, les espèces identifiées ont été classées selon leur régime alimentaire des formes adultes ou larvaires, afin de déterminer le rôle joué par chaque espèce. La détermination du régime alimentaire se fait à l'aide d'une synthèse bibliographique réalisée par **Lindroth (1974)**.

2.4. Diagnostique de l'état de santé

2.4.1. Examen de la cime

2.4.1.1. Défoliation

C'est le phénomène de perte éventuelle de feuillage dans la partie fonctionnelle du houppier. L'effet de la défoliation a été étudié sur les arbres mesurés. Le degré de défoliation a été évalué visuellement en s'appuyant sur le volume des aiguilles perdues par rapport aux aiguilles attachées sur les rameaux (**Arnaldo et al. (2010)**). Les différentes notes ainsi obtenues sont regroupées en 4 grandes classes (Tab. 7).

Tableau 7: Classes de notation de la défoliation et les principales catégories d'arbres selon **Arnaldo et al. (2010)**.

Classes	Taux du feuillage affecté	Signification des classes
1	0-30%	Arbre non défolié
2	30-60 %	Arbre faible défolié
3	>60 %	Arbre fortement défolié ou dépérissant
4	100 %	Arbre mort ou sec

2.4.1.2. Décoloration

Se traduit par un jaunissement d'une partie ou toute la cime par rapport à la coloration habituellement observée sur le feuillage du pin d'Alep (**Landmann et al, 1987**). Elle est notée par rapport au feuillage présent. Afin d'évaluer la décoloration, on procède comme suit: on découpe le houppier en 4 zones égales, on estime quelle proportion du feuillage de chaque zone présente une coloration anormale et on extrapole sur les 4 zones pour définir la note (Tab. 8).

Tableau 8: Classes de décoloration des feuilles (**Bouhraoua et al., 2002**).

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	

2.4.1.3. Indice de dépérissement (ID)

À partir de la défoliation, nous avons calculé l'indice de dépérissement en s'inspirant sur la méthode appliquée au chêne-liège (**Bouhraoua 2003**) et de cyprès vert (**Nichane, 2015**), que nous avons adapté au pin d'Alep. Il permet d'exprimer d'une façon directe l'état général du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement.

$$ID = \frac{(n1xp1) + (n2xp2) + (n3xp3) + (n4xp4)}{N}$$

N_i : Nombre d'arbres de la classe i

P_i : Poids de la classe i (1 si $i = 1$, 2 si $i = 2$)

N : Effectif total d'arbres échantillonnés dans la forêt.

Ainsi, nous distinguons 3 niveaux de dépérissement en fonction des valeurs obtenues (Tab. 9).

Tableau 9: Principales catégories de dépérissement du peuplement du pin d'Alep prises en compte en fonction de l'indice de dépérissement « ID ».

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

2.4.2. Examen du tronc

L'étude du tronc consiste à évaluer la présence ou l'absence des trous d'insectes xylophages, les crevasses, la flore lichénologique et les blessures (**Adjami, 2008 ; Ghanem, 2014 ; Daas, 2015**).

2.4.3. Taux d'infestation et phénologie de la chenille processionnaire

L'évaluation du nombre de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) a été réalisée par le dénombrement des nids par arbre, puis par hectare de chaque année dans les trois forêts. La caractérisation des stades phénologiques de *Thaumetopoea pityocampa* (œufs, chenilles, chrysalides et papillons) a été réalisée selon le modèle de **Huchon et Demolin (1970)**.

2.5. Essai de lutte

Pour le bio-contrôle du principal ravageur (la chenille processionnaire), trois produit d'origine végétale (*Citrullus colocynthis* et *Ricinus communis*) ont été choisis

2.5.1. Coloquinte *Citrullus colocynthis*

Plante grimpante annuelle, à feuilles velues (3 à 5 lobes), à fleurs jaunes et à fruits verts (25 cm de diamètre), composé principalement par la Citrulline et l'arginine. La coloquinte (*Citrullus colocynthus*) pousse dans les régions arides d'Asie et d'Afrique. Originnaire d'Afrique tropicale, cette petite pastèque est cultivée dans toutes les régions tempérées et tropicales (**Paul, 2001**). Ses extraits ont été utilisés en médecine traditionnelle et moderne principalement pour leurs pouvoirs anti-inflammatoire (**Marzouk et al., 2011**). De plus, l'extrait de coloquinte a été utilisé aussi comme hypoglycémiant (**Nmila et al., 2000 ; Al-Ghaithi et al., 2004**).

2.5.2. Ricin *Ricinus communis*

Arbuste à feuilles persistantes à l'état sauvage, mais comportant des fleurs femelles et des capsules piquantes rouges contenant des graines lorsqu'il est cultivé. La graine de Ricin contient de 45 à 55% d'huile fixe, constituée principalement de glycérides d'acide ricinoléique, de la ricine (une lectine très toxique), de la ricinine (un alcaloïde) (Paul, 2001).

Le ricin est probablement originaire d'Afrique de l'Est. On le cultive dans toutes les régions tropicales, mais surtout en Afrique et en Asie méridionale. La capsule est récoltée toute l'année juste avant sa maturation, qui se poursuit par une exposition au soleil (Paul, 2001).

L'huile de ricin a la réputation d'être puissamment laxative (et, à plus fortes doses, purgative), et de déclencher des spasmes intestinaux 3 à 5 heures environ après l'ingestion. L'huile de ricin est si efficace qu'on l'emploie aujourd'hui dans les cas d'empoisonnement pour purifier l'appareil digestif (Paul, 2001). Bien tolérée par la peau, elle entre dans la composition de préparations médicinales et cosmétiques. En Inde, l'huile de ricin sert à stimuler la lactation chez les femmes. Les phytothérapeutes indiens la prescrivent en cataplasme sur les articulations enflammées (Paul, 2001). L'huile de ricin à usages multiples a été utilisée aussi pour piéger et capturer les phlébotomes (Rioux et al., 1967).

2.5.3. Récolte des plantes et préparation des extraits aqueux

Les fruits de *C. colocynthis* mature ont été collectés d'un parcours ensablé de la région de Messâad (Sud d'Alger, Algérie) en octobre 2017, ainsi que les feuilles et les graines de *R. communis* récoltées sur un arbuste de la même région. Ces produits utilisés, ont été séchés pendant 15 jours à l'ombre à une température qui varie de 21 à 24°C et une humidité de 33 à 42%. Les produits séchés ont été broyés finement avec un broyeur à lame, puis tamisés dans un tamis de 0,5mm pour avoir une poudre homogène. Cinquante grammes de la poudre de chaque produit ont été trempés dans un litre d'eau distillée à la température ambiante (20±1°C), agitée et laissée reposer durant 24h. Après l'élimination du culot par sédimentation, la solution obtenue a été filtrée par un papier Whatman (N°1). Le filtrat a été ensuite dilué à l'eau distillée à C0 (témoin)=0g/l, C1=0,1g/l, C2=0,5g/l, C3=1g/l, C4=5g/l, C5=10g/l et C6=50g/l. Le taux exact de la matière sèche a été déterminé par séchage à 105°C en vue, uniquement, de corriger les doses suscitées.

2.5.4. Echantillonnage d'insectes et traitement

Au deuxième et troisième stade qui dure plus longtemps par rapport au premier (**Huchon et Demolin 1970**), les chenilles ont été collectées dans la pinède de Djellal Chergui (Djelfa, Algérie). L'élevage au laboratoire a été réalisé dans des boîtes de Pétri (Ø 90mm). Pour chaque traitement (concentration) un filtrat frais (24h) a été appliqué sur 20 larves par 3 pulvérisations successives de 05ml. Les larves traitées ont été remises dans des boîtes de Pétri avec 10 répétitions pour chaque concentration.

Le même traitement (concentration) a été appliqué sur les aiguilles de pin d'Alep aussi par 3 pulvérisations successives de 5ml. Vingt larves ont été remises dans des boîtes de Pétri contenant des aiguilles traitées avec 10 répétitions pour chaque concentration. Dans le cas des témoins, les larves ont été pulvérisées par 5ml de l'eau distillée. Les larves ont été élevées dans les conditions de laboratoires ($20\pm 1^{\circ}\text{C}$ et $51\pm 3\%$ d'humidité) et nourries quotidiennement par des aiguilles fraîches de pin d'Alep pendant 15 jours.

2.5.5. Paramètres toxicologiques

La mortalité calculée a été notée pour chaque concentration ainsi que le témoin. Les résultats de la mortalité obtenus sont transformés en mortalité observée pour les différentes séries de traitement et témoin. Les moyennes plus ou moins l'écart type de la mortalité observée pour chaque concentrations et le témoin, sont calculées à partir des 10 répétitions.

2.5.5.1. Mortalité observée

Le pourcentage de la mortalité observée (MO) des larves témoins et traitées a été déterminé selon la formule suivante:

$$\text{MO} = \text{NM} * 100 / \text{NT}$$

NM : nombre des individus morts après traitement, NT : Nombre total des individus traités.

2.5.5.2. Mortalité corrigée

Le pourcentage de la mortalité observée chez les larves traitées est transformé à une mortalité corrigée (MC) selon la formule d'Abott (1925), qui permet d'éliminer la mortalité naturelle qui doit être comprise entre 4 et 16 %, enregistrée chez la série des témoins

$$\text{MC} = \text{MOT} - \text{MOT}_0 / 100 - \text{MOT}_0 * 100.$$

MC : Mortalité corrigée.

MOT : Mortalité observée chez les lots traités.

MOT₀ : Mortalité observée chez les lots témoins.

2.5.5.3. Transformation angulaire

Les pourcentages de la mortalité corrigée (ou observée) subissent une transformation angulaire selon la méthode de **Fisher et Yates (1957)**.

2.5.5.4. Analyse de probit

La droite de régression de logarithme décimal des concentrations (X) en fonction des probits (Y), issus de la transformation angulaire des moyennes de la mortalité corrigée selon **Fisher et Yates (1971)**, permet d'estimer les deux concentrations létales CL50 et CL90 selon **Finney (1971)**, comme montré ci-dessous :

$$Y = aX + b \text{ donc } X = \frac{\text{Probit } Y - b}{a} \text{ ou } Y = \text{probit } 50 \text{ (90) et } X = \log \text{ DL } 50 \text{ (CL90)}$$

Anti log X = CL50. Ainsi que pour la CL90

L'intervalle de confiance (limite inférieure et limite supérieure) de ces deux concentrations létales (CL50 et CL90) a été calculé selon la méthode de **Swaroop et al. (1965)** comme suit:

Limite supérieure = CL50 × FCL50

Limite inférieure = CL50 / FCL50

$$\text{FCL50} = \text{Anti log } C \text{ où } C = 2,77 \sqrt{N \log S} \text{ et } S = \frac{\text{CL84}/\text{CL50} + \text{CL50}/\text{CL16}}{2}$$

N: Nombre des nymphes mortes entre la CL16 et la CL84; S: Slope.

2.6. Analyses statistiques

Les analyses de variance (One-Way ANOVA) ont été réalisées pour tester la différence entre les paramètres dendrométriques (paramétriques) et le test Kruskal-Wallis, a été appliqué afin de tester la différence entre la densité de la chenille processionnaire par arbre d'une année à une autre, et pour tester la variation d'infestation des glands par le charançon et les parasites Lépidoptères (non paramétriques). Le test de Khi² a été appliqué pour analyser la variation des facteurs climatique avec la densité de la chenille et la variation des taux de mortalité avec les différents extraits. Les corrélations de Pearson ont été utilisées pour mesurer le degré de liaison entre la densité des nids de la chenille processionnaire par arbre avec les paramètres dendrométriques considérés et avec la défoliation. Le logiciel Statistix-8 a été utilisé pour tous ces paramètres.

Résultats

1. CARACTERISTIQUES DENDROMETRIQUES

1.1. Caractérisations stationnelles

Les trois forêts étudiées ont été localisées sur des altitudes différentes (Tab.10), la distance entre deux arbres voisins a été variable d'une forêt à l'autre ($H^2=69,3$; ddl= 297; $P=0,0001$); les arbres sont plus espacés à Senalba Gharbi avec une moyenne de $5,59\pm 2,31$ m et à Djellal Chergui de $4,09\pm 1,89$ m, mais plus serrés à Senalba Chergui avec une moyenne de $2,42\pm 1,84$ m. De ce fait, la forêt de Senalba Chergui a été plus dense que les deux autres forêts avec une densité de 573,25arbres/ha (Tab.10).

Tableau10 : Principales caractérisations stationnelles (altitude, distance et densité) des trois forêts de Djelfa (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui
Altitude (m)	1536	1364	987
Distance (m)	$5,59\pm 2,31$	$2,42\pm 1,84$	$4,09\pm 1,89$
Densité (arbres/ha)	127,39	573,25	191,08

1.2. Caractérisations sylvicoles

Le peuplement du pin d'Alep présente un aspect dominant pour les forêts de Djellal Chergui et Senalba Chergui et la concurrence avec d'autres essences est faible (Tab.11). Dans la forêt de Senalba Gharbi, le pin d'Alep est co-dominant et en concurrence avec d'autres essences (le Chêne vert et le Genévrier oxycedre). Aucune régénération des arbres dans la forêt de Senalba Gharbi et de Djellal Chergui n'a été signalée durant les années de l'étude. Elle a été rare pour la forêt de Senalba Chergui. Le sous-bois a été absent au niveau des forêts de Senalba Gharbi et de Djellal Chergui. Par contre, à Senalba Chergui, il a été présent. Les trois forêts connaissent une fréquentation humaine très forte. Le pâturage a été plus fort et important au niveau des forêts de Senalba Gharbi et de Djellal Chergui et nulle pour la forêt de Senalba Chergui (Tab.11).

Tableau 11 : Principales caractérisations sylvicoles de pin d'Alep des trois sites d'études (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui
Statut phyto-sociologique	Co-dominant	Dominant	Dominant
Concurrence avec d'autres essences	Moyen	Faible	Faible
Régénération	Nulle	Rare	Nulle
Sous bois	Nul	Moyen	Nul
Fréquentation humaine	Forte	Forte	Forte
Pâturage	Abondant	Nul	Abondant

1.3. Caractérisations biométriques

1.3.1. Pin d'Alep

Les paramètres dendrométriques du pin d'Alep ont été variables entre les trois forêts, que ce soit pour la circonférence ($F^{2,298}=180$; $P=0,0006$), la hauteur totale ($F^{2,297}=170$; $P=0,0006$), la hauteur de la première branches ($F^{2,297}=172$; $P=0,0006$) et pour le rayon du houppier ($F^{2,297}=221$; $P=0,0010$) (Tab.12).

La circonférence a été en moyenne de $1,37\pm 0,43$ m à Senalba Gharbi, elle a variée de 0,64 m à 2,21m. La moyenne de la hauteur totale a été de $9,32\pm 2,07$ m, elle varie entre un minimum de 4,00m et un maximum de 15m. La hauteur de la première branche des arbres a été en moyenne de $1,15\pm 0,49$ m elle peut atteindre 3,00m pour quelques arbres, la forêt de Senalba Gharbi se caractérise par un rayon du houppier moyen de $2,28\pm 0,76$ m, avec un minimum de 0,99 m et un maximum de 3,40m (Tab.12).

Les sujets de la forêt de Senalba Chergui ont une circonférence moyenne de $0,90\pm 0,37$ m, elle a varié entre un minimum de 0,37 m et un maximum de 2m. La hauteur totale moyenne des arbres étudiés a été de $12,24\pm 4,29$ m avec une étendue qui dépasse 18m, la hauteur de la première branche a été en moyenne de $1,61\pm 0,66$ m, avec un minimum de 0,36m et un maximum de 3,80m. L'houpier a été en moyenne de $1,57\pm 0,39$ m, il a varié de 1,05 à 3,19m (Tab.12).

La circonférence des arbres de Senalba Chergui a été de $1,06 \pm 0,38\text{m}$, elle varie entre un minimum de $0,38\text{m}$ et un maximum de $2,36\text{m}$. Leur hauteur totale moyenne a été de $8,74 \pm 2,96$ avec un minimum de $3,50\text{ m}$ et un maximum de 15m . La hauteur de la première branche a été en moyenne de $0,98 \pm 0,53\text{m}$ avec une étendue de 2m . La moyenne du houppier a été de $1,73 \pm 0,50\text{m}$ avec un minimum de $1,00\text{m}$ et un maximum de $3,05\text{m}$ (Tab.12).

Tableau 12: Principales caractéristiques biométriques de pin d'Alep des trois forêts de Djelfa (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui	Test
Circonférence (m)	$1,37 \pm 0,43$	$0,90 \pm 0,37$	$1,06 \pm 0,38$	$F^{2,298}=180$; $P=0,0006$
Hauteur totale (m)	$9,32 \pm 2,07$	$12,24 \pm 4,29$	$8,74 \pm 2,96$	$F^{2,298}=170$; $P=0,0006$
Hauteur de la 1^{ère} branche (m)	$1,15 \pm 0,49$	$1,61 \pm 0,66$	$0,98 \pm 0,53$	$F^{2,298}=172$; $P=0,0006$
Rayon du houppier (m)	$2,28 \pm 0,76$	$1,57 \pm 0,39$	$1,73 \pm 0,50$	$F^{2,298}=221$; $P=0,0011$

1.3.2. Chêne vert

Les paramètres dendrométriques du chêne vert ont été variables significativement entre les trois forêts ; notamment pour la circonférence ($F^{2,62}=3.74$; $P=0,0100$), pour la hauteur totale ($F^{2,62}=9.06$; $P=0,0004$) et pour le rayon du houppier ($F^{2,62}=13,10$ $P \leq 0,0001$), Mais, n'ont été pas variables entre les trois forêts pour la hauteur de la première branches ($F^{2,62}=1.19$; $P=0.2808$) (Tab.13).

La circonférence a été en moyenne de $0.86 \pm 0.34\text{m}$ à Senalba Gharbi. La moyenne de la hauteur totale a été de $3.48 \pm 1.17\text{m}$ et la moyenne de la hauteur de la première branche de ces arbres a été de $0,95 \pm 0,44\text{m}$ avec un minimum de $0,15\text{m}$ et $3,00\text{m}$ au maximum, la forêt de Senalba Gharbi se caractérise par un houppier de $1,69 \pm 0,48\text{m}$ en moyenne, avec une étendue de $2,41\text{m}$ (Tab.13).

Dans le cas de la forêt de Senalba Chergui, la moyenne de la circonférence du chêne vert a été de $0.54 \pm 0,08\text{m}$, la moyenne de la hauteur totale de ces arbres a été de $2.34 \pm 0.59\text{m}$,

la hauteur de la première branche a été en moyenne de 0.61 ± 0.21 m. Leur houppier a été en moyenne de 1.12 ± 0.15 m (Tab.13).

Les sujets du chêne vert de la forêt de Djellal Chergui sont des taillis, donc quelques paramètres biométriques ont été négligées (la circonférence et la hauteur de la première branche. Mais leur hauteur totale moyenne a été de 3.50 ± 0.50 m le rayon du houppier a été en moyenne de 1.08 ± 0.01 m (Tab.13).

Tableau 13 : Principales caractéristiques biométriques du chêne vert des trois forêts de Djelfa (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui	Test 0,049
Circonférence (m)	$0,86 \pm 0.34$	$0,54 \pm 0.08$	-	$F^{2,62}=3.74$; $P=0,0100$
Hauteur totale (m)	$3,48 \pm 1.17$	$2,34 \pm 0.59$	$3,50 \pm 0.50$	$F^{2,62}=9.06$; $P=0,0004$
Hauteur de la 1^{ère} branche (m)	$0,95 \pm 0.44$	$0,61 \pm 0.21$	-	$F^{2,62}=1.19$; $P=0,2808$ ns
Rayon du houppier (m)	$1,69 \pm 0.48$	$1,12 \pm 0.15$	$1,08 \pm 0.01$	$F^{2,62}=13,10$; $P \leq 0,0001$

1.3.3. Aiguilles du Pin d'Alep

Les mensurations des aiguilles de pin d'Alep montrent que la taille moyenne des aiguilles de la pinède de Senalba Chergui et Djellal Chergui a été plus importante que celle des aiguilles des pins de la forêt Senalba Gharbi ; la longueur a été en moyenne de $92,49 \pm 14,27$ mm à Senalba Chergui, $91,77 \pm 12,99$ mm à Djellal Chergui et uniquement $88,61 \pm 15,10$ mm de longueur chez les pins de Senalba Gharbi. Mais cette variation de la longueur des aiguilles n'a pas été significative entre les trois forêts ($F^{2,99}=2,13$; $P=0,1200$), de même, la largeur n'a pas été significativement variable entre les trois forêts ($F^{2,99}=2,87$; $P=0,0500$), elle a varié entre 0,96 et 0,98 mm d'une forêt à une autre (Tab.14).

Tableau 14 : Caractérisation biométriques des aiguilles de pin d'Alep des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui	Test
Longueur (mm)	88,61±15,10	92,49±14,27	91,77±12,99	$F^{2,99}=2,13$; $P=0,1200$
Largeur (mm)	0,97±0,06	0,96±0,07	0,98±0,02	$F^{2,99}=2,87$; $P=0,0500$

1.3.4. Feuilles du Chêne vert

Les feuilles du chêne vert dans la forêt de Senalba Gharbi ont une longueur moyenne de 32,03±7,44mm, elle a varié entre un minimum de 13,27mm et un maximum de 55,26mm. Leur largeur a été de 21,15±5,67mm avec une étendue de 35,65mm. La surface foliaire moyenne des feuilles a été de 668,23±325,16mm² variant entre 144,76 et 2259,60mm².

Dans la forêt de Senalba Chergui, la longueur moyenne des feuilles a été de 40,08±8,84mm, elle varie entre de 14,23mm et 48,16mm. La largeur a été en moyenne de 24,57±5,35mm avec un minimum de 12,35mm et un maximum de 45,33mm. De ce fait, la surface foliaire a été supérieur aux autre forêts avec une moyenne de 942,41±348,71mm² elle peut atteindre jusqu'à 2230,2 mm².

Concernant les feuilles de la forêt de Djellal Chergui, la majorité des feuilles ont une petite taille. La longueur a été comprise entre 14,23 et 48,16mm. La largeur a été en moyenne de 24,57±5,35mm, elle variée entre 11,98 et 29,56mm. Les feuilles dont la surface moyenne a été de 680,61±260,37mm², varie entre 160,25 et 1288,90 mm².

Tous les paramètres des feuilles du chêne vert ont été significativement variables entre les trois forêts avec un avantage pour les feuilles de Senalba Chergui ; la longueur a été significativement variable entre les trois forêts ($F^{2,1049}=124$; $P=0,0006$). La largeur ($F^{2,1049}=44,6$; $P\leq 0,0001$) et la surface foliaire ($F^{2,1049}=80,6$; $P\leq 0,0001$) ont été aussi significativement variables entre les trois forêts.

Tableau 15 : Caractérisation biométriques des feuilles de chêne vert des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui	Test
Longueur (mm)	32,03±7,44	40,08±8,84	30,95±7,75	$F^{2,1049}=124$; $P=0,0006$
Largeur (mm)	21,15±5,67	24,57±5,35	22,86±4,27	$F^{2,1049}=44,6$; $P\leq 0,0001$
Surface foliaire (mm²)	668,23±325,16	942,41±348,71	680,61±260,37	$F^{2,1049}=80,6$; $P\leq 0,0001$

1.3.5. Cônes du Pin d'Alep

La longueur des cônes a été en moyenne de 7,65±1,25cm dans la forêt de Senalba Chergui, 7,06±1,54cm à Djellal Chergui et 6,61±1,48cm dans la forêt de Senalba Gharbi, la largeur moyenne a été en moyenne de 5,55±1,00cm ; 4,59±1,10cm et 4,28±1,07cm respectivement dans les trois forêts. Les résultats montrent que le poids moyen a été de 28,26±11,08g à Senalba Chergui ; 27,05±13,79g à Djellal Chergui et 26,19±12,29g à Senalba Gharbi (Tab.16). La longueur ($F^{2, 1197}=52,6$. $P=0,0001$) et la largeur ($F^{2, 1197}=157$; $P=0,0006$) ont été significativement variables entre les trois forêts. Par contre le poids, n'a pas été significativement variable entre les trois forêts ($F^{2, 1197}=2,80$; $P=0,0615$).

Tableau 16 : Caractérisation biométriques des cônes de pin d'Alep des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui	Test
Longueur (cm)	6,61±1,48	7,65±1,25	7,06 ± 1,54	$F^{2, 1197}=52,6$; $P=0,0001$
Diamètre (cm)	4,28±1,07	5,55±1,00	4,59 ± 1,10	$F^{2, 1197}=157$; $P=0,0006$
Poids (g)	26,19±12,29	28,26±11,08	27,05 ± 13,79	$F^{2, 1197}=2,80$; $P=0,0615$

1.3.6. Glands du Chêne vert

Les résultats de la biométrie des glands du chêne vert montrent un avantages pour les glands de la forêt de Senalba Gharbi, malgré que la taille des glands du chêne vert des trois forêts n'a pas été statistiquement variable ($F^2=9,42$; $P\leq 0,0001$). La longueur des glands de chêne vert a été en moyenne de $3,54\pm 0,43$ cm à Senalba Gharbi ; $3,42\pm 0,38$ cm à Senalba Chergui et $3,41\pm 0,37$ cm à Djellal Chergui. De même, le diamètre des glands du chêne vert des trois forêts n'a pas été statistiquement variable ($F^2=4,49$; $P=0,0100$). Dans la forêt de Senalba Gharbi le diamètre des glands a été de $1,61\pm 0,30$ cm; $1,57\pm 0,18$ cm à Senalba Chergui et $1,56\pm 0,18$ Djellal Chergui. Par contre, concernant le poids des glands, il a été significativement variable entre les trois forêts ($F^2=10,5$; $P\leq 0,0001$). Le poids des glands des chênes de la forêt de Senalba Gharbi a été de $5,58\pm 2,04$ g; $5,05\pm 1,50$ g pour les glands de la forêt de Senalba Chergui et $4,99\pm 1,43$ g pour les glands de la forêt de Djellal Chergui (Tab.17).

Tableau 17 : Caractérisation biométriques des glands de chêne vert des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui	Test
Longueur (cm)	3,54±0,43	3,42±0,38	3,41±0,37	$F^2=9,42$; $P\leq 0,0001$
Diamètre (cm)	1,61±0,30	1,57±0,18	1,56±0,18	$F^2=4,49$; $P=0,0100$
Poids (g)	5,58±2,04	5,05±1,50	4,99±1,43	$F^2=10,5$; $P\leq 0,0001$

2. BIODIVERSITE DE L'ENTOMOFAUNE

2.1. Richesse totale (spécifique)

Les nombreuses sorties effectuées dans les trois forêts étudiées (45 sorties), en utilisant différentes méthodes de capture, nous ont permis de récolter 112 espèces : 86 espèces récoltées à Senalba Chergui, 67 espèces récoltées à Djellal Chergui et 45 espèces récoltées à Senalba Gharbi.

2.2. Ségrégation des espèces recensées entre le pin d'Alep et le chêne vert

Nous avons inventoriés un total de 95 espèces chez le pin d'Alep et 43 espèces chez le chêne vert, avec 27 espèces communes entre les deux essences. Le pin d'Alep abrite significativement plus d'espèces de l'entomofaune par rapport au chêne vert ($\chi^2=12,51$; ddl=2 ; $P=0,0019$) dans les trois forêts étudiées (Fig.14).

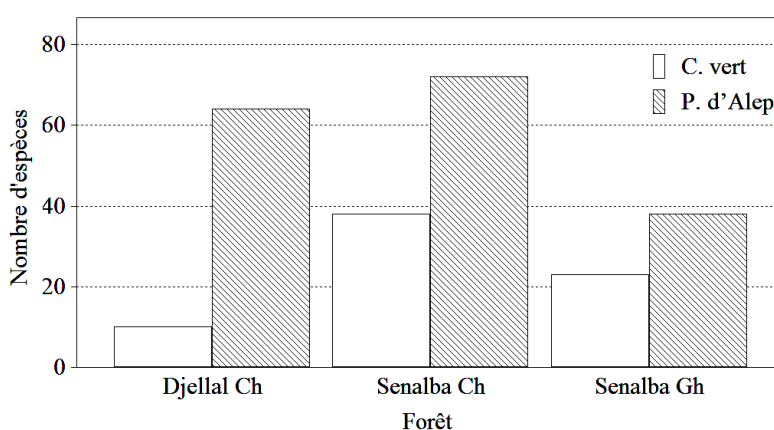


Figure 14 : Variation de la richesse spécifique entre le chêne vert et le pin d'Alep des trois forêts étudiées

2.3. Répartition des espèces recensées selon l'ordre systématique

Les espèces recensées sont réparties entre 14 ordres (Coléoptères, Dermaptères, Dictyoptères, Diptères, Hétéroptères Hémiptères, Homoptères, Hyménoptères, Isoptères, Lépidoptères, Neuroptères, Orthoptères, Odonates et Zygentomes).

D'après la figure 15, nous avons constaté que l'ordre le plus représenté dans cet inventaire est celui des Coléoptères avec 51 espèces soit un pourcentage de 43% de la richesse

totale, suivi par l'ordre des Diptères avec 17 espèces qui représentent un taux de 16 % de la richesse totale. Le troisième rang a été occupé par les Hyménoptères avec 13 espèces soit un pourcentage de 12 %. En suite suivis par les Dictyoptères et les Orthoptères avec un taux de 5% pour chaque ordre. Les Lépidoptères et les Homoptères avec 4% pour chacun. Le reste des ordres (Hétéroptères, Zygentomes, Dermaptères Hémiptères Isoptères Odonates) ont été représentés par trois, deux ou uniquement une seule espèce (Fig.15).

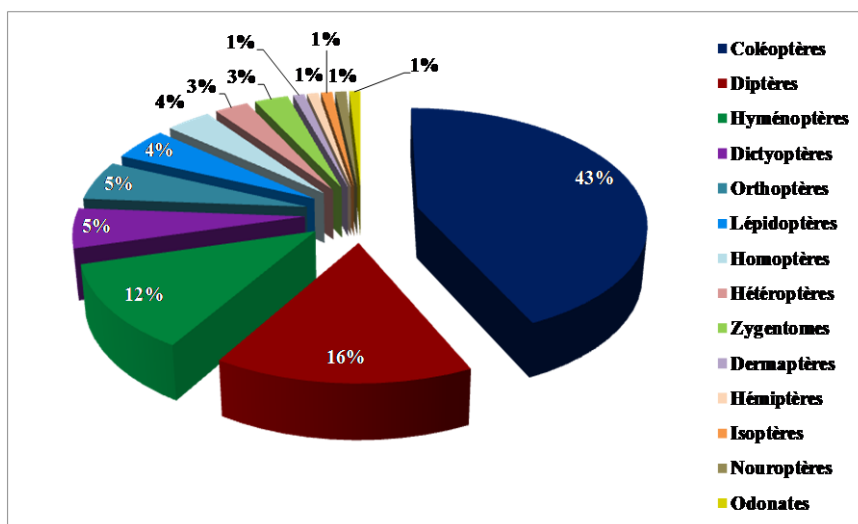


Figure 15 : Répartition des espèces inventoriées dans les forêts de Djelfa selon l'ordre systématique.

2.4. Variation mensuelle des espèces recensées

Du point de vue temporel, certaines espèces sont représentées durant toute la période d'étude, les résultats montrent que la plus importante richesse spécifique a été enregistrée durant les mois du printemps pour les trois forêts, le mois de mai occupe le taux le plus élevé de la richesse que les autres mois avec un taux de 35 % à Senalba Gharbi, 45 % à Djellal Chergui et 50 % à Senalba Chergui. Les mois d'hiver ont enregistrés une faible représentation d'espèces (Fig.16).

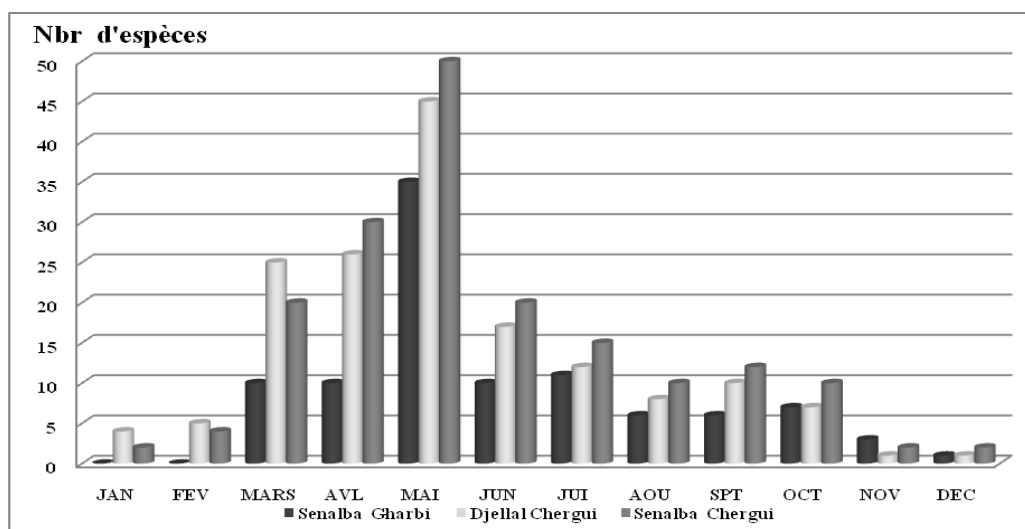


Figure 16 : Variation mensuelle des espèces recensées en trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Senalba Chergui).

2.5. Biodiversité de l'entomofaune par micro-habitat

2.5.1. Au niveau de la litière

Parmi les 09 ordres récoltés au niveau de la litière des espèces hôtes (le pin d'Alep et le chêne vert), l'ordre des Coléoptères a été occupé par la majorité des espèces. Notre inventaire totalise une liste de 46 espèces.

2.5.1.1. Ordre des Coléoptères

Les Coléoptères ont été réparties entre 13 familles systématiques : Buprestidae, Carabidae, Cetoniidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Geotrupidae, Meloidae, Melolonthidae, Scarabidae, Silphidae, Staphylinidae, Tenebrionidae et les Trogidae.

L'examen du tableau 18 indique 14 familles de coléoptères collectées aux deux essences étudiés ; 40 espèces chez le pin d'Alep et 18 espèces chez le chêne vert et entre les trois forêts étudiées, avec 19 espèces collectées à Senalba Gharbi 27 espèces coléoptères récoltées à Senalba Chergui et 32 espèces inventoriées à Djellal Chergui. Notre inventaire se caractérise par une dominance d'espèces appartenant à la famille des Carabidae avec 16 espèces identifiées distribuées entre les trois forêts et chez les deux essences précédentes (Tab.18).

Six espèces inventoriées dans nos forêts, appartiennent à la famille de Curculionidae : *Anthonomus pedicularius*, *Brachycerus muricatus*, *Ceutorhynchus* sp., *Simo* sp. et *Sitona longulus* avec une Curculionidae ind., la famille de Staphynilidae présente cinq espèces déterminées : *Ocypus ophthalmicus*, *Ocypus* sp, *Pseudocypus aethiops*, *Quedius lateralis* et une Staphynilidae ind.

Nous avons recensé quatre espèces appartenants à la famille Tenebrionidae (*Blaps gigas*, *Pimelia* sp, *Sepidium* sp et *Tentyria curculionides interrupta*) et trois espèces à la famille des Buprestidae (*Acmaeodera bipunctata*, *Anthaxia funerula* et *Anthaxia semicuprea*. Quater familles représentées par deux espèces sont les Chrysomelidae, Meloidae et Silphidae; (Chrysomelidae : *Galeruca interrupta* et *Oulema melanopus*), Meloidae a été représentée par *Meloe majalis* et *Mylabris* sp. La famille des Silphidae a été représentée par *Silpha carinata* et une Silphidae ind.

Pour le reste des familles (Cetoniidae, Geotrupidae, Melolonthidae, Scarabidae et Trogidae) nous avons enregistré une seule espèce identifiée pour chacune (Tab.18) .

Tableau 18 : Composition des espèces de Coléoptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert
<i>Acmaeodera bipunctata</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Anthaxia funerula</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Anthaxia</i> sp	-	-	+	+	+	-
<i>Bembidion tetragrammum</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Bembidion fulvipes</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Broscus cephalotes</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Calathus luctuosus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Calathus</i> sp	-	-	-	-	+	-
<i>Cychrus angustatus</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Duvalius</i> sp1	+	+	-	-	-	-
<i>Amara equestris zabriodes</i>	+	+	+	+	+	+

<i>Harpalus picipennis</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Harpalus</i> sp	-	-	-	-	+	-
<i>Notiophilus</i> sp	+	-	-	-	-	-
<i>Ophonus rufipes</i>	+	+	+	-	+	-
<i>Ophonus</i> sp	-	-	+	+	+	-
Carabidae ind.1	-	-	-	-	-	+
Carabidae ind.2	-	-	+	-	-	-
Carabidae ind.3	-	-	-	-	+	-
<i>Potosia opaca</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Galeruca interrupta</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Oulema melanopus</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Anthonomus pedicularius</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Brachycerus muricatus</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Ceutorhynchus</i> sp	+	+	+	+	+	+
<i>Simo</i> sp	-	+	-	-	-	-
<i>Sitona longulus</i>	-	-	-	+	+	-
Curculionidae ind.	-	-	-	-	+	-
<i>Trypocoprpris vernalis</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Meloe majalis</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Mylabris</i> sp	-	-	+	-	-	-
<i>Sandalus</i> sp	+	-	-	-	-	-
<i>Amphimallon</i> sp	+	-	+	-	+	-
<i>Ocypus ophthalmicus</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Ocypus</i> sp	+	-	+	+	+	-
<i>Pseudocypus aethiops</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Quedius lateralis</i>	+	-	-	-	+	-
Staphynilidae ind.	+	-	-	-	+	-
<i>Blaps gigas</i>	-	+	-	+	+	+
<i>Pimelia</i> sp	+	+	+	+	+	+
<i>Sepidium</i> sp	+	-	-	-	-	-
<i>Tentyria curculionides</i>	-	-	+	+	+	-

<i>interrupta</i>						
<i>Trox scaber</i>	-	-	+	-	+	-
Silphidae ind.	-	-	-	+	-	-
Coleoptera ind.1 (larve)	-	-	+	-	+	-
Coleoptera ind.2 (larve)	-	-	-	-	+	-
Richesse/espèce hôte	17	09	23	14	31	07
Richesse/Forêt	19		27		32	

2.5.1.2. Ordre des Dictyoptères

Dans notre étude de l'entomofaune au niveau de la litière, une seule famille de l'ordre des Dictyoptères a été inventoriée. La famille des Blattidae qui compte 5 espèces réparties entre trois genres ; *Loboptera decipiens*, *Loboptera ovobata*, *Dziriblatia stenoptera* *Dziriblatia nigriventris* et *Phyllodromica zebra* (Tab.19), les cinq espèces ont été enregistrées à la forêt de Senalba Chergui réparties entre le pin d'Alep et le chêne vert les mêmes trois espèces ont été collectées aussi chez le pin d'Alep et le chêne vert à Senalba Gharbi et aussi à Djellal Chergui (*Loboptera decipiens*, *Dziriblatia nigriventris* et *Phyllodromica zebra*).

Tableau 19 : Différentes espèces des Dictyoptères récoltées dans la litière du pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert
<i>Loboptera decipiens</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Loboptera ovobata</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Dziriblatia stenoptera</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Dziriblatia nigriventris</i>	+	-	+	+	+	-
<i>Phyllodromica zebra</i>	+	-	+	+	+	+
Richesse/espèce hôte	3	1	5	3	3	2
Richesse/Forêt	3		5		3	

2.5.1.3. Ordre des Diptères

Concernant l'ordre des Diptères, nous avons déterminés seulement trois espèces au niveau de la litière, appartiennent à la famille des Calliphoridae (*Calliphora* sp.1), des Muscidae (*Musca domestica*) et la famille des Tachinidae (*Tachina magnicornis*). Les trois espèces récoltées dans la litière de pin d'Alep de la forêt de Senalba Chergui et Djellal Chergui. Deux espèces récoltées dans la litière de chêne vert dans la forêt de Senalba Gharbi.

Tableau 20 : Différentes espèces des Diptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert
<i>Calliphora</i> sp.1	+	-	+	-	+	-
<i>Musca domestica</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Tachina magnicornis</i>	-	-	+	+	+	-
Richesse/espèce hôte	2	1	3	2	3	1
Richesse/Forêt	2		3		3	

2.5.1.4. Ordre des Hétéroptères

Nous avons inventorié 3 espèces d'Hétéroptères dans la litière de pin d'Alep. *Tingiscardui* sp. appartient à la famille des Tingidae, une espèce appartient à la famille des Miridae et une espèce d'Heteroptera ind., elles ont été distribuées entre les trois forêts (une espèce à Senalba Chergui, deux espèces à Djellal Chergui et une espèce collectée à la Senalba Gharbi) (Tab.21).

Tableau 21 : Différentes espèces des Hétéroptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. Vert
<i>Tingiscardui sp</i>	-	-	-	-	+	-
Miridae ind.	-	-	-	-	+	-
Heteroptera ind.	+	-	+	-	-	-
Richesse/espèce hôte	1	0	1	0	2	0
Richesse/Forêt	1		1		2	

2.5.1.5. Ordre des Homoptères

L'ordre des Homoptères présentent 3 familles : Aphrophorinae, Cicadidae et Jassidae. Une seule espèce identifiée *Aphrophora salicina* (Aphrophorinae), une Cicadidae ind. et Jassidae ind. Toutes ces espèces ont été collectées dans la litière de pin d'Alep à la forêt de Senalba Chergui et la forêt de Djellal Chergui.

2.5.1.6. Ordre des Hyménoptères

Au niveau de la litière, 7 espèces des Hyménoptères réparties entre trois familles (Apoidae, Formicidae et Vespidae) (Tab.22). Tous les sept espèces récoltées dans la litière de pin d'Alep appartiennent à la forêt de Senalba Chergui, six espèces dans la litières de pin d'Alep de Djellal Chergui et quater espèces dans la litières de pin d'Alep de Senalba Gharbi. La litière de chêne vert a été représentée par trois espèces de la famille des Formicidae.

Tableau 22 : Différentes espèces d'Hyménoptères récoltées dans la litères de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèces	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. Vert
<i>Apis mellifera</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Cataglyphis</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Lasuis</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Formica</i> sp.1	+	+	+	+	+	+
<i>Formica</i> sp.2	+	-	+	-	+	-
<i>Formicidae</i> ind.	-	-	+	-	+	-
<i>Vespula vulgaris</i>	-	-	+	+	+	-
Richesse/espèce hôte	4	3	7	4	6	3
Richesse/Forêt	4		7		6	

2.5.1.7. Ordre des Lipédoptères

L'ordre des Lipédoptères a été représenté par deux espèces (*Thaumetopoea pityocampa* chez le pin d'Alep et par *Gonepteryx cleopatra* chez le chêne vert, les deux espèces récoltées dans les trois forêts.

2.5.1.8. Ordre des Orthoptères

Nous avons inventorié 3 familles appartiennent à l'ordre des Orthoptères ; la famille des Acrididae a été représentée par trois espèces (*Chorthippus* sp.1, *Chorthippus* sp.2 et *Stenobothrus* sp.) récoltées dans les trois pinèdes étudiées où une seule espèce commune avec le chêne vert, une seule espèce pour la famille des Gryllidae (*Gryllus* sp) et la famille des Tetrigidae (*Tetrix* sp.), les deux espèces ont été présentes aux trois pinèdes (Tab.23).

Tableau 23 : Différentes espèces des Orthoptères récoltées dans la litière de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. Vert
<i>Stenobothrus</i> sp.	+	-	+	-	+	-
<i>Chorthippus</i> sp.1	+	-	+	-	+	-
<i>Chorthippus</i> sp.2	+	+	+	+	+	-
<i>Gryllus</i> sp.	+	-	+	-	+	-
<i>Tetrix</i> sp.	+	-	+	-	+	-
Orthoptera ind.	-	-	+	-	-	-
Richesse/espèce hôte	5	1	6	1	5	0
Richesse/Forêt	6		7		5	

2.5.1.9. Ordre des Zygentomes

Notre inventaire inclut aussi l'ordre des Zygentomes représentée par deux espèces, une espèce appartient à la famille des Lepismalidae (*Lepisma* sp) récoltée dans la pinède de Senalba Chergui, *Zygentoma* ind. récoltée dans la pinède de Djellal Chergui.

2.5.2. Au niveau de la cime

Concernant la biodiversité de la cime, nous avons distingués 57 espèces réparties sur 11 ordres. Celui des Diptères a présenté une biodiversité important avec 17 espèces identifiées. Suivi par l'ordre des Hyménoptères 13 espèces identifiées, l'ordre des Coléoptères a été représenté par 11 espèces déterminées et 5 espèces de Lipédoptères. Le reste des ordres a été représenté par une faible diversité tels que les Dictyoptères, Dermaptères, Hétéroptères, Hémiptères, Homoptères, Odonates et les Neuroptères.

2.5.2.1. Ordre des Coléoptères

Nous avons déterminés 11 espèces des Coléoptères réparties entre 8 familles : Buprestidae, Carabidae, Cetoniidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae, Staphylinidae et Silphidae. Huit espèces récoltées dans les cimes de pin d'Alep et 7 espèces dans les cimes de chêne vert. La richesse des Coléoptères dans la forêt de Senalba Chergui est

de 8 espèces, 7 espèces dans la forêt de Senalba Gharbi et 6 espèces dans les cimes de la forêt de Djellal Chergui.

Les familles des Carabidae, Coccinellidae et Curculionidae ont été représentées par deux espèces identifiées (Carabidae : *Calathus luctuosus* et *Duvalius* sp; Coccinellidae : *Coccinella septempunctata* et Coccinellidae ind.; Curculionidae : *Ceutorhynchus* sp et *Simo* sp). Le reste des familles a été représentées par une seule espèces (Buprestidae : *Acmaeodera bipunctata*; Cetoniidae : *Potosia opaca*; Chrysomelidae : *Lachnaia tristigma*; Staphylinidae : *Lobrathium* sp et Silphidae : *Silpha carinata*) (Tab.24).

Tableau 24 : Différentes espèces de Coléoptères récoltées dans la cime de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert
<i>Acmaeodera bipunctata</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Calathus luctuosus</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Duvalius</i> sp.1	-	-	+	-	+	-
<i>Potosia opaca</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Lachnaia tristigma</i>	-	+	-	+	-	-
<i>Coccinella septempunctata</i>	+	+	+	+	+	+
Coccinellidae ind.	-	-	-	+	-	-
<i>Ceutorhynchus</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Simo</i> sp.	-	+	-	-	-	-
<i>Lobrathium</i> sp.	+	-	-	-	-	-
<i>Silpha carinata</i>	-	-	+	+	-	-
Richesse/espèce hôte	5	5	6	6	6	3
Richesse/Forêt	7		8		6	

2.5.2.2. Ordre des Dictyoptères

Dans notre étude de l'entomofaune de la cime, nous avons aussi déterminés une seule famille de l'ordre des Dictyoptères ; la famille des Blattidae qui compte seulement 02 espèces *Loboptera decipiens* et *Dziriblatia nigriventris*. Les deux espèces ont été enregistrées dans les

cimes de la forêt de Senalba Chergui (chez le pin d'Alep et le chêne vert), avec les mêmes espèces colletées chez le pin d'Alep à Djellal Chergui. Les cimes de la forêt de Senalba Gharbi présentent une seule espèce : *Dziriblatia nigriventris*.

2.5.2.3. Ordre des Diptères

Au niveau de la cimes de pin d'Alep et le chêne vert, une liste des Diptères a été établie. Nous avons identifié 17 espèces regroupées dans 9 familles. La famille des Calliphoridae, Culicidae, Drosophilidae, Muscidae et Tachinidae ont été représentées par deux espèces pour chacune (Tab.25). Une seule espèce déterminée pour la familles des Asilidae (*Machimus fimbriatus*), une pour celle des Bombyliidae (*Bombylius* sp), Chironomidae (*Chironomus plumosus*), et Syrphidae (*Brachypalpus lentus*) (Tab.25). La forêt de Senalba Chergui a été représentée par la majorité des espèces recensées dans notre étude avec 13 espèces chez le pin d'Alep et 4 espèces chez le chêne vert. Nous avons 11 espèces chez le pin d'Alep et une seule espèce chez le chêne vert à Djellal Chergui. Le Senalba Gharbi a occupé le groupe le plus faible avec 4 espèces chez le pin d'Alep et une seule espèce chez le chêne vert (Tab.25).

Tableau 25 : Différentes espèces de Diptères récoltées dans la cime de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert
<i>Machimus fimbriatus</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Bombylius</i> sp.	-	-	-	-	+	-
<i>Calliphora</i> sp. 1	+	-	+	-	+	-
<i>Calliphora</i> sp. 2	-	-	+	+	+	-
<i>Chironomus plumosus</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Culiseta</i> sp.	-	-	+	-	-	-
<i>Culex</i> sp.	-	-	+	-	-	-
<i>Drosophila melanogaster</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Drosophila</i> sp.	-	-	+	-	-	-
<i>Musca domestica</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Hydrotaea</i> sp.	-	-	+	+	+	-

<i>Brachypalpus lantus</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Tachina magnicornis</i>	-	-	+	+	+	-
<i>Tachina</i> sp.	-	-	-	-	+	-
<i>Diptera</i> ind. 1	+	-	-	-	+	-
<i>Diptera</i> ind. 2	+	-	-	-	+	-
<i>Diptera</i> ind. 3	-	-	+	-	-	-
Richesse/espèce hôte	4	1	13	4	11	1
Richesse/Forêt	5		17		12	

2.5.2.4. Ordre des Hyménoptères

L'ordre des Hyménoptères est composé de 13 espèces collectées dans la cime, distribuées sur sept familles: Anthophoridae, Apoidae, Braconidae, Formicidae, Vespidae et Sphecidae. La forêt de Senalba Chergui a été occupée par le groupe des espèces le plus important avec 11 espèces récoltées chez le pin d'Alep et 06 espèces chez le chêne vert, 10 espèces collectées chez le pin d'Alep et 03 espèces chez le chêne vert et la forêt de Senalba Gharbi a été représentée avec une faible richesse : 6 espèces récoltées chez le pin d'Alep et 3 espèces chez le chêne vert. Nous avons récoltés 7 espèces de la famille des Formicidae (*Cataglyphis* sp., *Camponotus* sp., *Crematogaster* sp., *Formica* sp.1, *Formica* sp.2 et une Formicidae ind.), ensuite les autres familles ont été représentées par une seule espèce pour chacune, Anthophoridae (*Anthophora* sp.), Apoidae (*Apis mellifera*), Braconidae (*Cotesia glomeratus*), Crabronidae (*Larra anathema*), Sphecidae (*Sphex maxillosus*) et Vespidae (*Vespula vulgaris*) (Tab.26).

Tableau 26: Composition des espèces d'Hyménoptères récoltées dans la cime de pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèces	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. Vert
<i>Anthophora</i> sp.	-	-	-	-	+	-
<i>Apis mellifera</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Cotesia glomeratus</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Larra anathema</i>	-	-	-	+	-	-

<i>Cataglyphis</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Lasius</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Camponotus</i> sp.	-	-	+	+	+	-
<i>Crematogaster</i> sp.	-	-	+	-	+	-
<i>Formica</i> sp.1	+	+	+	+	+	+
<i>Formica</i> sp.2	+	-	+	-	+	-
Formicidae ind.	-	-	+	-	+	-
<i>Vespa</i> vulgaris	-	-	+	+	+	-
<i>Sphex</i> maxillosus	+	-	+	-	-	-
Richesse/espèce hôte	6	3	11	6	10	3
Richesse/Forêt	6		12		10	

2.5.2.5. Ordre des Hétéroptères

Nous avons déterminés deux espèces des Hétéroptères au niveau de la cime, une espèce appartient à la famille des Miridae et une Heteroptera ind. les deux espèces à Senalba Chergui et une seule espèce collectée à Djellal Chergui.

2.5.2.6. Ordre des Homoptères

L'ordre des Homoptères a été représenté par deux familles : Cicadidae et Jassidae. Toutes les espèces ont été collectées chez le pin d'Alep de la forêt de Senalba Chergui.

2.5.2.7. Ordre des Lépidoptères

Les espèces appartenant à l'ordre des Lépidoptères des forêts étudiées ont été réparties sur 4 familles, Thaumatopoeidae (*Thaumatococcus pinnatifidus*), une espèce inféodée aux pinèdes des trois forêts, deux espèces des Notodontidae récoltées chez le chêne vert (*Gonepteryx cleopatra* et Notodontidae ind.), Lycaenidae (*Polymmatas icarus*) collectées a trois pinèdes étudiées et une espèce appartient à la famille des Nymphalidae (*Nymphalis polychloros*) a été considérée comme espèce commune entre les deux essences étudiées aux trois forêts de Djelfa (Tab.27).

Tableau 27: Différentes espèces de Lipédoptères récoltées chez le pin d'Alep et le chêne vert des trois forêts (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Espèce	Senalba Gharbi		Senalba Chergui		Djellal Chergui	
	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. vert	P. d'Alep	C. Vert
<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Gonepteryx cleopatra</i>	-	+	-	+	-	-
Notodontidae ind.	-	-	+	-	+	-
<i>Polymmatous icarus</i>	+	-	+	-	+	-
<i>Nymphalis polychloros</i>	+	+	+	+	+	-
Richesse/espèce hôte	3	2	4	2	4	0
Richesse/Forêt	4		5		4	

2.5.2.8. Ordre des Dermaptères, Hémiptères, des Odonates et des Neuroptères

Dans notre cas, l'ordre des Dermaptères (*Forficula auricularia*, Forficulidae) et Hémiptères ont été représentés par une seule espèce récoltée chez le chêne vert à Senalba Chergui. Une espèce des Odonate collectées chez le chêne vert et une des Neuroptères collectée chez le pin d'Alep à Senalba Gharbi.

2.5.2.9. Espèces gallicoles des feuilles de chêne vert

Durant la période d'étude nous avons récolté 08 espèces gallicoles au niveau des feuilles de chêne vert, 06 espèces appartiennent à la classe des insectes : trois espèces Diptères (*Dryomyia lichtensteini*, *Contarinia ilicis*, *Phyllodiplosis cocciferae*) et trois espèces Hyménoptères (*Plagiotrochus coriaceus*, *Plagiotrochus panteli*, *Plagiotrochus quercusilicis*) et une autre appartient à la classe des Acariens (*Aceria ilicis*). Elles sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau 28: Espèces gallicoles récoltées sur le chêne vert Q. ilex : A : asexuée S : sexuée B : bourgeon F : feuille R : rameau.

Ordre	Famille	Espèce	Organe attaqué	Forme
Diptères	Cecidomyiidae	<i>Dryomyia lichtensteini</i>	F	A
		<i>Contarinia ilicis</i>	F	A
		<i>Phyllodiplosis cocciferae</i>	F	A
Hyménoptères	Cynipidae	<i>Plagiotrochus coriaceus</i>	R	S
		<i>Plagiotrochus panteli</i>	B	S
		<i>Plagiotrochus quercusilicis</i>	F	S
Acarien	Eriophyoidae	<i>Aceria ilicis</i>	F	A

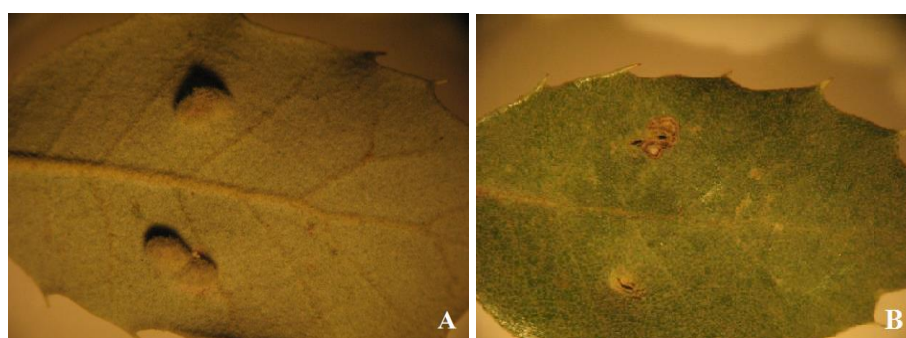


Photo 8 : *Dryomyia lichtensteini* ; feuille A: face inférieur B : face supérieur (Mecheri, 2013).

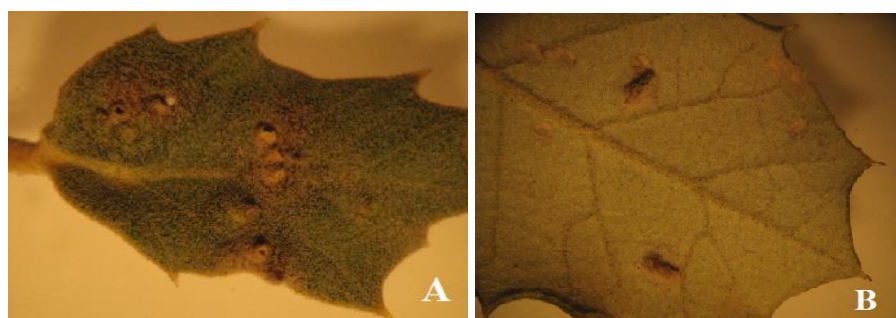


Photo 9 : *Contarinia ilicis* ; feuille, A: face supérieur B: face inférieur (Mecheri, 2013).

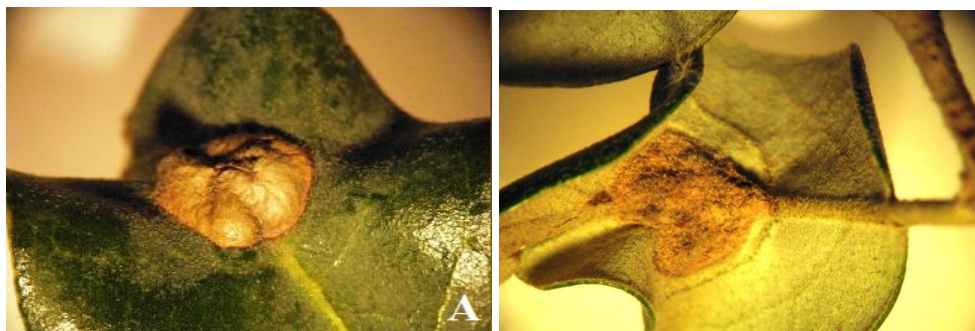


Photo 10 : *Plagiotrochus quercusilicis* A : face supérieur B : face inférieur (Mecheri, 2013).



Photo 11 : *Plagiotrochus panteli* (Mecheri, 2013).



Photo 12 : *Phyllodiplosis cocciferae*

Photo 13 : *Aceria ilicis* (Mecheri, 2013).

2.5.3. Au niveau du tronc

Concernant le tronc du pin d'Alep ou du chêne vert, la biodiversité a été plus faible dans les trois forêts étudiées et pour les deux essences (pin d'Alep et chêne vert). Nous avons récoltés une espèce d'isoptère (Termite), une espèce d'Hyménoptère (Formicidae : *Crematogaster* sp.) et une larve coléoptère. Les trois espèces ont été récoltées chez le pin d'Alep.

2.5.4. Au niveau de l'appareil reproducteur

2.5.4.1. Cônes de pin d'Alep

Le tableau suivant présente les différentes familles et espèces recensées sur les cônes du pin d'Alep de la forêt de Senalba Gharbi, Senalba chergui et Djellal Chergui. Pendant les quatre saisons, nous avons identifiés 16 espèces réparties entre 07 ordres.

Les résultats montrent que l'ordre des Coléoptères a été le plus abondant que les autres ordres avec 06 espèces identifiées, suivi par l'ordre des Hétéroptères avec 3 espèces identifiées et les deux ordres des Dictyoptères et des Collembolés représentés par deux espèces pour chacun. Le reste des ordres des Hyménoptères, des Psocoptères et des Zygentomes ont été représentés par une seule espèce.

Nous avons récolté 15 espèces dans les cônes de pinède de Senalba Chergui, 14 espèces dans les cônes récoltés à la pinède de Djellal Chergui et 9 espèces dans les cônes récoltés à la pinède de Senalba Gharbi. Pour les trois forêts, 9 espèces communes ont été notées.

En ce qui concerne les espèces non communes, une espèce a été identifiée dans les cônes de Djellal Chergui (Carabidae ind.) et deux espèces d'insectes identifiées dans les cônes de Senalba Chergui (un Coléoptère : *Acalyptus carpini* et un Hétéroptère : *Lygaeus pandurus*). Nous avons remarqué aussi que la plupart des espèces sont récoltées durant la période automnale et hivernale.

Tableau 29: Différentes espèces identifiées chez les cônes récoltés aux trois pinède de Senalba Gharbi, Senalba Chergui et de Djellal Chergui (- : absente, + : présente); A. : Automne, H. : Hiver, P : Printemps et É : Été.

Ordres	Espèces	Senalba Gharbi				Senalba Chergui				Djellal Chergui			
		A	H	P	E	A	H	P	E	A	H	P	E
Coléoptères	<i>Acmaeodera bipunctata</i>	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+
	<i>Bombidium</i> sp	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
	Carabidae ind.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	<i>Acalyptus carpini</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
	<i>Ceutorhynchus</i> sp	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-
	<i>Platystethus spinosus</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-

Dictyoptères	<i>Dziriblatia nigriventris</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
	<i>Loboptera</i> sp	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Hétéroptères	<i>Anthocoris</i> sp	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
	<i>Lygaeus pandurus</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Orsillus</i> sp	-	+			+	-	-	-	-	+	-	-
Hyménoptères	<i>Formica</i> sp	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Psocoptera	<i>Liposcelis bostrychophila</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Collembola	<i>Entomobrya multifasciata</i>	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
	<i>Isotoma saltans</i>	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-
Zygentoma	<i>Lepisma saccharina</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-
Richesse		09				15				14			

2.5.4.2. Glands de chêne vert

Concernant le chêne vert, nous avons noté 4 espèces au niveau des glands sous forme des larves. Deux espèces de Coléoptères : *Corculio* sp et Coleoptera ind., deux espèces de Lépidoptères : *Cydia fagiglandana* (Lépidoptère) et Lepidoptera ind. (Tab.30).

Tableau 30: Les espèces identifiées au niveau des glands de chêne vert des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

Ordres	Familles	Espèce ravageurs	S. Gharbi	S. Chergui	D. Chergui
Coléoptères	Curculionidae	<i>Corculio</i> sp.	+	+	+
	Coleoptera	Coleoptera ind.	+	+	+
Lipédoptères	Tortricidae	<i>Cydia fagiglandana</i>	-	+	-
	Lipedoptera	Lipedoptera ind.	-	+	-
Richesse /Forêt			2	4	2

2.6. Distribution des espèces selon le Micro-habitats et forêts

Les résultats de l'inventaire ont montré que la richesse de l'entomofaune a été significativement et hautement variable d'un micro-habitat à un autre ($H= 9,91$; $P=0,0002$). La litière a été occupée par la richesse la plus élevée que les autres (Cime, Fruits et Tronc) soit un taux de 50%. En suite vient la cime avec un taux de 36% de la richesse totale et les fruits (cônes et glands) ont représenté seulement 14%. Le tronc a été occupé par une faible richesse (Fig.17).

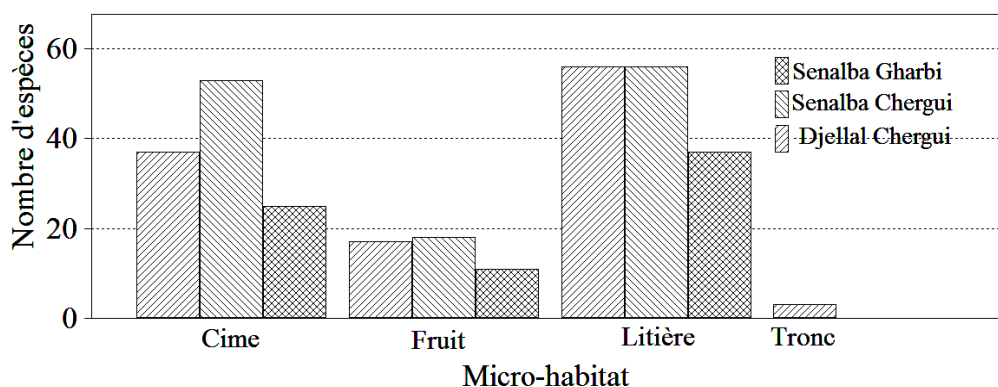


Figure 17: Distribution des espèces selon le Micro-habitats dans les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

2.7. Analyse du peuplement d'espèces récoltées

2.7.1. Abondance relative

Durant les années de l'étude et dans les trois forêts, nous avons collectés 112 espèces comptant 3875 individus.

Les résultats de l'inventaire ont montré que la plupart des espèces récoltées pour les trois forêts ont été des résidentes avec un taux plus élevé soit de 84,88% à Senalba Chergui, 84%    Djellal Chergui et 64,44% à Senalba Gharbi. Le taux des espèces influentes a été de 28,89% à Senalba Gharbi, 10,45%    Djellal Chergui et 9,30% à Senalba Chergui. Les espèces dominantes ont occupées le groupe le plus faible avec un taux de 6,67%, 5,81% et 5,97% successivement à Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui (Fig.18).

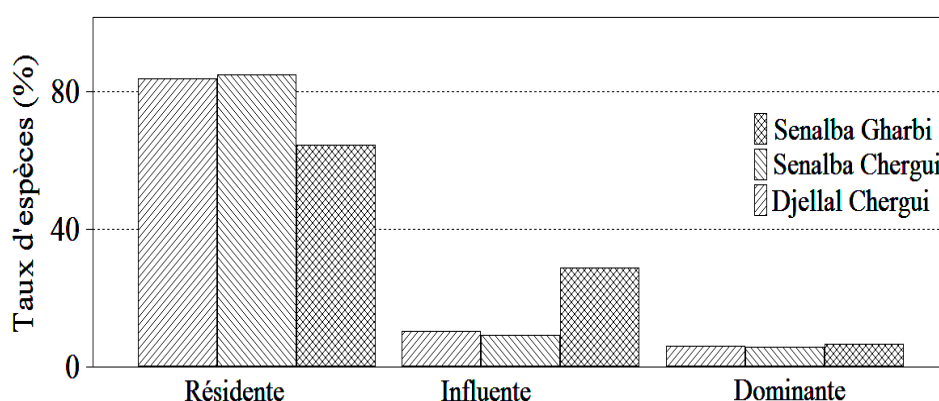


Figure 18: Répartition des espèces selon leur abondance dans les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

2.7.2. Fréquence d'occurrence

Les résultats de l'inventaire ont montrés que la plupart des espèces récoltées pour les trois forêts ont été des espèces sporadiques avec un taux plus élevé soit de 73% à Senalba Chergui et à Senalba Gharbi, et 74% à Djellal Chergui. Les espèces accidentelles ont représenté un taux de 13% à Senalba Gharbi, 15% à Djellal Chergui et 16% à Senalba Chergui. Les espèces constantes ont occupées le groupe le plus faible avec un taux de 8% à Senalba Chergui, 7% à Senalba Gharbi, et 6% à Djellal Chergui (Fig.19).

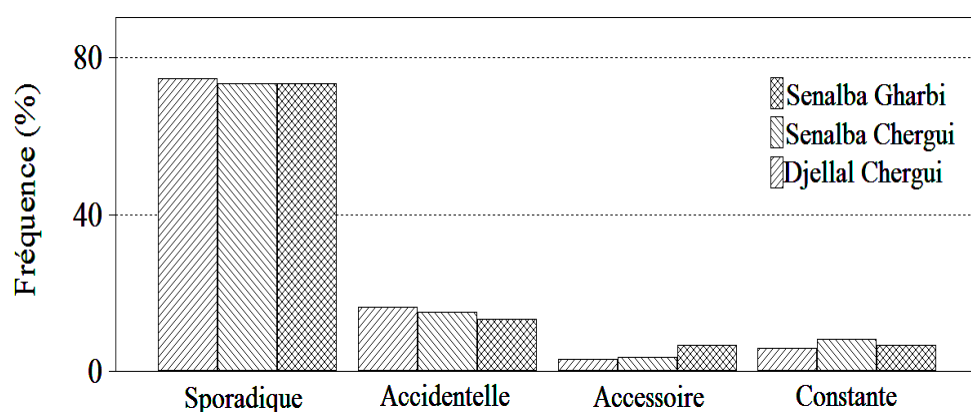


Figure 19: Répartition des espèces selon la fréquence d'occurrence dans les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

2.7.3. Diversité et équitabilité

L'indice de Shannon-Weaver (H') montre que la valeur la plus élevée a été calculé à Senalba Gharbi avec 4,27bit, suivie par Senalba Chergui avec 4,63bit et Djellal Chergui avec 4,74bit (Tab.31).

Tableau 31: Indices écologiques des insectes récoltés aux forêts de Djelfa.

Indice	Senalba Gharbi	Senalba Chergui	Djellal Chergui
Richesse totale (spécifique)	45	86	67
Effectifs	369	1561	667
H'	4,27	4, 63	4,74
H_{max}	5,49	6,42	6,06
E	0,78	0,72	0,78

2.8. Régime trophique des insectes

L'inventaire des insectes des pinèdes de Djelfa nous a permis de classer les espèces selon leur régime alimentaire, on note 12 groupes : les prédateurs occupent le taux le plus élevé avec 43,%, en suite vient, en deuxième rang, les phytophages qui représentent un taux de 16 %. Concernant les polyphages leur taux est de 11 %, suivie par les Omnivores qui occupent 6,50% des insectes récoltés. Les espèces Saprophages avec 9%, les espèces Détritivores et Parasitoïdes avec 4% chacune, les Nécrophages ne représentent que 3%. En dernier rang, les Xylophages, les Coprophages, les Spermatophages et les Mycophages indiquent un faible taux (Fig.20).

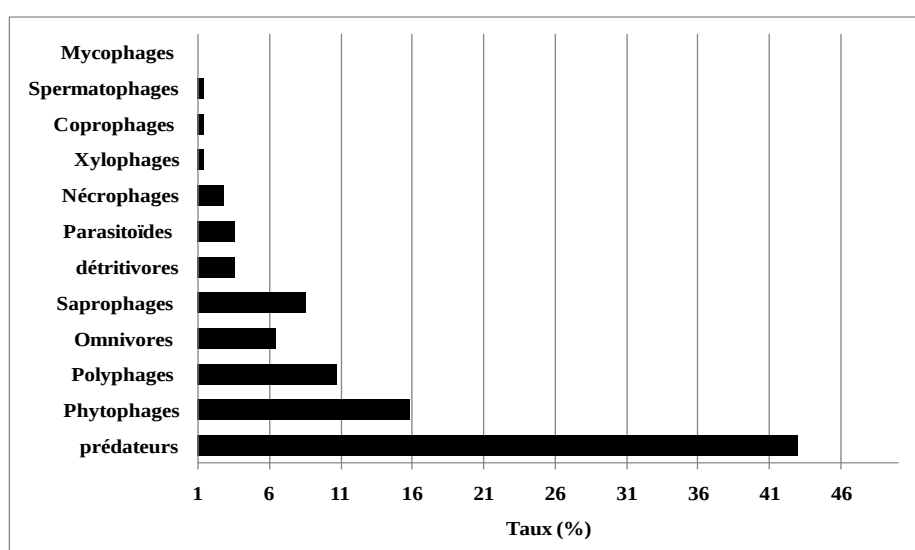


Figure 20: Répartition des insectes inventoriés dans les forêts étudiées selon leur type trophique.

2.9. Caractérisation des principaux ravageurs

2.9.1. Pin d'Alep

Durant la période de l'inventaire nous avons noté 6 espèces ravageurs sur les différentes parties de pin d'Alep (tronc, cime et cônes) appartiennent aux différents ordres telles que : *Acmaeodera bipunctata* (Coléoptère), *Crematogaster* sp (Hyménoptère) et une espèce de termites appartenant à l'ordre d'Isoptère récoltées sur le tronc de pin d'Alep et en fin, *Thaumetopoea pityocampa* (Lépidoptère) sur la cime de pin d'Alep (aiguilles). Deux espèces

récoltées au niveau des cônes, *Orsillus* sp (Hétéroptère) et *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptères) (Tab.32).

Tableau 32: Les ravageurs identifiés chez les différentes parties de pin d'Alep.

Partie	Familles	Espèce ravageurs	Senalba G.	Senalba C.	Djellal C.
Tronc	Buprestidae	<i>Acmaeodera bipunctata</i>	+	+	+
	Formicidae	<i>Crematogaster</i> sp	+	+	+
	Termitidae	Termitidae ind.	-	-	+
Cime	Thaumetopoeidae	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	+	+	+
Cônes	Lygaeidae	<i>Orsillus</i> sp	-	+	+
	Liposcelididae	<i>Liposcelis bostrychophila</i>	+	+	+

2.9.1.1. Phénologie de la processionnaire dans la région de Djelfa

La figure 21 nous a permis de distinguer les différentes étapes d'évolution de *Thaumetopoea pityocampa* et la période de chaque étape :

Phase Aérienne : Cette phase se caractérise par les étapes d'évolution de la processionnaire du pin à partir des adultes jusqu'au cinquième stade larvaire.

- Ponte : Dans la région de Djelfa la ponte a commencé depuis le mois d'Août jusqu'au mois de Septembre où les femelles ont disposées les œufs sous forme de manchons autour des aiguilles de pin.
- Évolution larvaire : Après l'éclosion des œufs (période ambulatoire), les larves L1 ont commencé de sortir à partir de la fin de Septembre jusqu'au mois d'Octobre, les larves restent sur les écailles de leur manchon. À la fin d'Octobre jusqu'au mois novembre, les larves L2 sortent et s'installent sur les aiguilles du même arbre de pin. Durant le mois de Décembre jusqu'au mois de Janvier, les larves ont passé au stade L3 où elles ont commencé à se déplacer et de construire leur nid d'hiver par les fils de soie qui les produits. Au quatrième stade L4, les larves continuent à croître entre la mi-février jusqu'au mois de mars. Vers l'étape ultime de la phase aérienne (L5) et avant la procession des nymphes, notre population a commencé ce dernier stade larvaire depuis le mois de mars jusqu'au début de mois d'avril.

Procession des nymphes : cette phase a été observée chez la population de la région de Djelfa pendant le mois d'avril (20 avril) avec un début de phase souterraine (diapause des nymphes).

Phase souterraine (diapause des nymphes) : Après la procession nymphose, les nymphes s'installent sous le sol pour compléter leur formation de la dernière étape avant de sortir des papillons adultes (passant par le stade chrysalide), les chrysalides ont été observées au mois de mai.

Sortie des adultes : vers la fin de cycle évolutif de la chenille dans la région de Djelfa, les adultes ont commencés de sortir durant le mois de juin vers le mois de juillet.

2.9.1.2. Description des stades

La chenille processionnaire du pin se développe à partir de cinq stades larvaires. A chaque changement entre les stades, les chenilles entrent dans une période de mue.

Stade L1 : au cours de ce stade, les chenilles de couleur jaune ont mesuré $3,50 \pm 0,51$ mm de longueur et $0,81 \pm 0,32$ mm de largeur, leur poids a été $\leq 0,02$ g. Leurs soies dorsales et latérales ne sont pas encore développées.

Stade L2 : Les chenilles deviennent rousses au deuxième stade larvaire (stade L2). Leur longueur a été en moyenne de $15,60 \pm 2,90$ mm, la largeur a été en moyenne de $2,91 \pm 0,61$ mm, le poids moyen est de $0,09 \pm 0,04$ mm. La capsule céphalique a été de couleur noir, le nombre de soies dorsales et latérales ont été peu développés et commencent à augmenter significativement.

Stade L3 : Les chenilles au troisième stade de couleur brune noirâtre avec des taches rougeâtres sur la surface dorsale, ayant une longueur de $24,89 \pm 1,78$ mm, une largeur de $5,15 \pm 0,53$ mm avec un poids moyen de $0,38 \pm 0,10$ mm. Le phénomène de développement des soies s'amplifie encore au troisième stade larvaire et s'accompagne de l'apparition de poils moins urticants, localisés à la face dorsale de certains segments abdominaux suivi par le développement de la capsule céphalique.

Stade L4 : à ce stade, les chenilles ont mesuré $32,64 \pm 2,63$ mm de longueur et $6,81 \pm 0,71$ mm de largeur, leur couleur a été de brune noirâtre avec des taches rougeâtres sur la surface

dorsale, la face ventrale est jeune et ayant un poids moyen $0,72 \pm 0,15$ mm. L'appareil urticant continue à se développer au cours de stade L4 et L5.

Stade 5 : Les chenilles ont mesurés quatre à cinq centimètres avec une couleur brune noirâtre avec des taches rougeâtres sur la surface dorsale. L'appareil urticant est très développé et le corps est fortement velu et couvert de soies urticantes. Après ce dernier stade les chenilles ont passé vers le stade nymphose où le début de procession.

Tableau 33: Caractérisations biométriques des larves de *Thaumetopoea pityocampa*.

	L1	L2	L3	L4
Longueur (mm)	$3,50 \pm 0,51$	$15,60 \pm 2,90$	$24,89 \pm 1,78$	$32,64 \pm 2,63$
Largeur (mm)	$0,81 \pm 0,32$	$2,91 \pm 0,61$	$5,15 \pm 0,53$	$6,81 \pm 0,71$
Poids (g)	$\leq 0,02$	$0,09 \pm 0,04$	$0,38 \pm 0,10$	$0,72 \pm 0,15$



Photo 14 : Les stades larvaires : L2, L3 et L4 de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) (Mecheri, 2015).

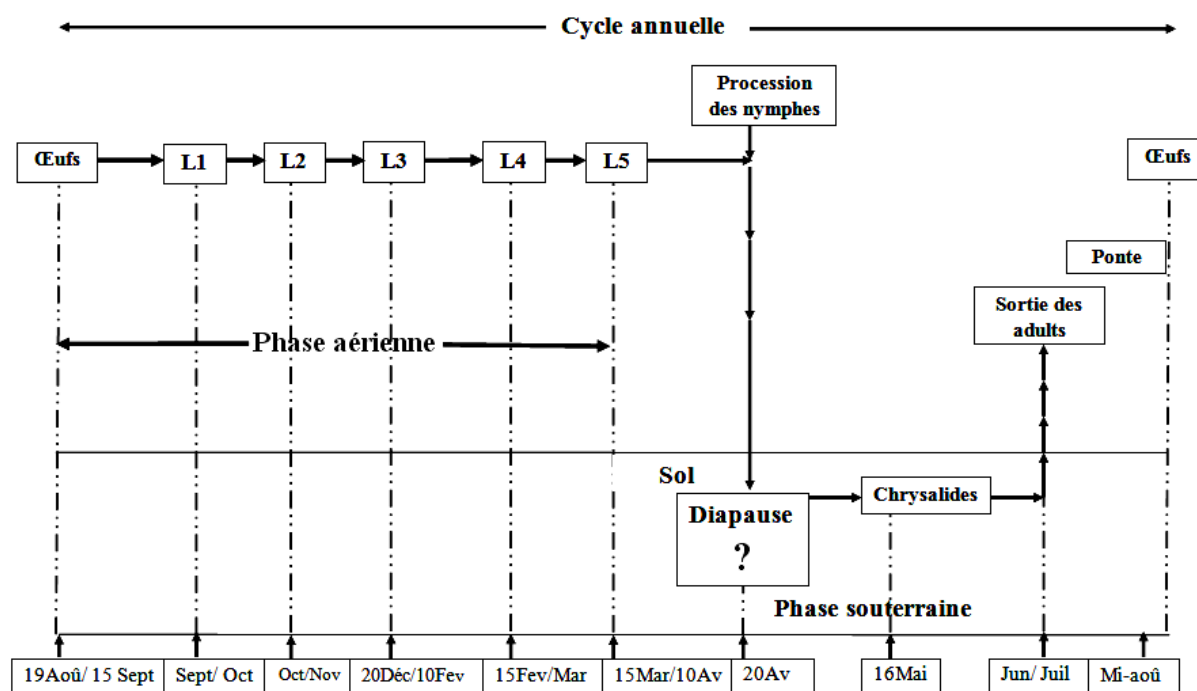


Figure 21: Cycle schématique de la phénologie de *Thaumetopoea pityocampa* dans la région de Djelfa.

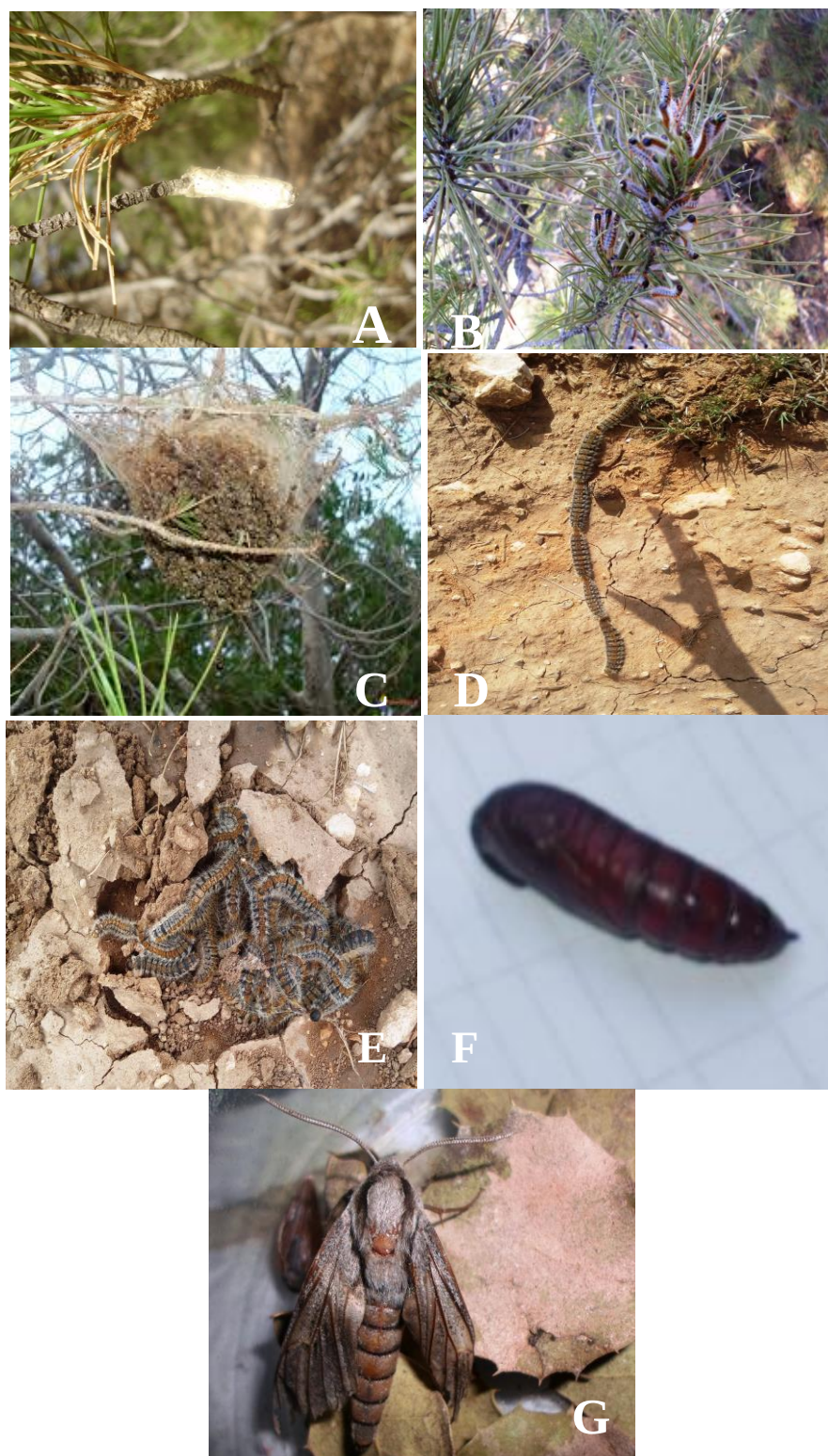


Planche 1: Le *Thaumatopoea pityocampa*; A: un manchon des œufs; B: larves sur les rameaux avec des aiguilles; C: un nid de l'hiver; D: processions nymphoses avant la pénétration au sol des chenilles; E: début de diapause des nymphes; F: Chrysalides; G: Adulte. (Mecheri, 2013, 2014, 2015).

2.9.2. Chêne vert

Les ravageurs de chêne vert ont été les mêmes espèces récoltées au niveau des glands. Aucune observation des ravageurs enregistrée au niveau du tronc. Les glands infestés sont attaqués par 4 espèces de Carphophages dont un Coléoptère appartenant à l'espèce *Curculio* sp., un Lépidoptère appartenant à l'espèce *Cydia fagiglandana* ainsi qu'une espèce de Coleoptera ind. et de Lepidoptera ind. (Fig.22).

Le *Curculio* sp. a été plus fréquent avec un taux de 59%, tandis que *Cydia fagiglandana* a été présente avec un taux de 29%, l'espèce de Coleoptera ind. a été observée par un taux de 8% et Lepidoptera ind. a été de 4% (Fig.22).

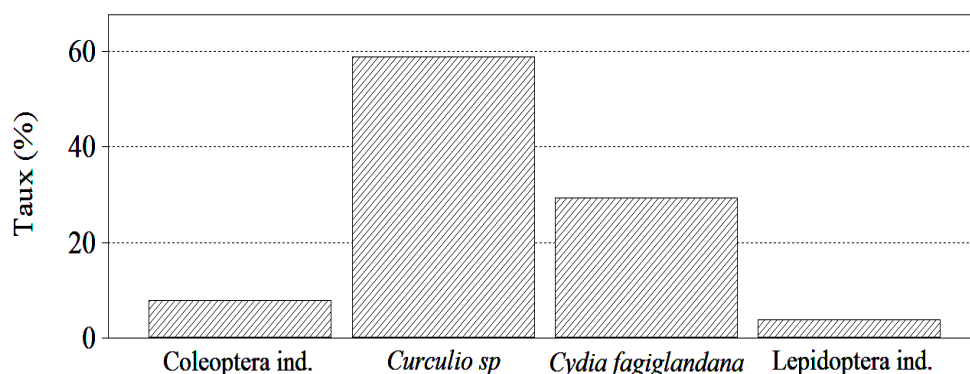


Figure 22: Fréquence des espèces carpopahges chez les glands de chêne vert de Djelfa.



Photo 16 : Larve des *Curculio* sp. (Mecheri, 2015).



Photo 17 : Larve et adulte de *Cydia fagiglandana*. (Mecheri, 2015).

3. DIAGNOSTIQUE DE L'ETAT DE SANTE

3.1. Diagnostique de l'état de santé de pin d'Alep

3.1.1. Etat de cime

3.1.1.1. Évolution de la défoliation

Les peuplements du pin d'Alep des trois forêts ont montrés au cours de ces trois années d'étude (2013, 2014 et 2015) une augmentation du taux de la défoliation et les arbres échantillonnés se caractérisent par trois classes (C1, C2 et C3). L'année 2013 a connu le taux le plus élevé d'arbres sains, la forêt de Senalba Gharbi a été marquée par un taux de 64 %, la forêt de Djellal Chergui avec 54 % et la forêt de Senalba Chergui avec 43 %.

En 2014, une forte diminution des arbres sains a été enregistrée et une augmentation importante de la perte foliaire où la moitié des arbres passent à la catégorie des arbres affaiblis (classe 2) (50% dans la forêt de Senalba Gharbi, 54% dans la forêt de Djellal Chergui et 40% pour la forêt de Senalba Chergui), la classe 3 « dépérissant» présente un taux de 17% dans la forêt de Senalba Gharbi, 29% à Djellal Chergui et 32% à Senalba Chergui. Pour l'année 2015, nos résultats montrent que l'augmentation des arbres affaiblis dans la forêt de Djellal Chergui et Senalba Chergui avec successivement de 59%, 49% (classe 2) et 27%, 38% (classe 3) et avec presque les mêmes pourcentages pour Senalba Gharbi (46% de la classe 2) et une régression du taux de la classe 3 (5%) (Fig.23).

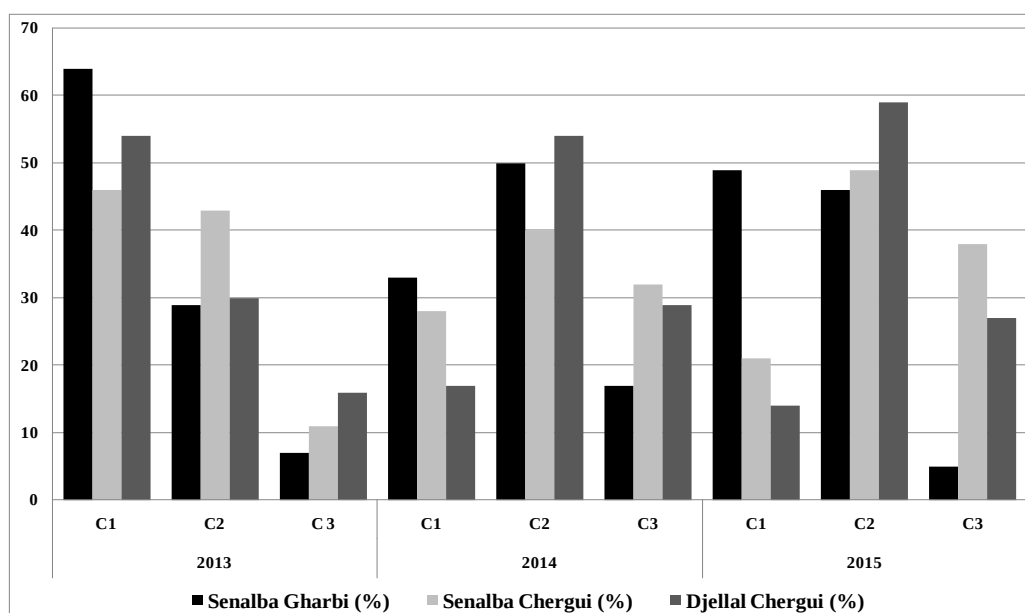


Figure 23: Evolution de la défoliation en les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui) pendant trois années (2013, 2014, 2015).

- Distribution de la défoliation

La Figure 23 représente la distribution des taux de défoliation pour les trois pinèdes. En moyenne, le taux de défoliation la plus importante a été enregistrée chez les pinèdes de Djellal soit un taux de 49 % où la majorité des valeurs de défoliation variées entre 35 et 70 % (Q1-Q3) avec un maximum de 90 %, les pinèdes de Senalba Gharbi présentent une défoliation de 44,77 % varie entre 25 et 65%, la valeur maximale a été de 80 %. Pour les pinèdes de Senalba Gharbi, la défoliation moyenne a été de 32,36 %. Les valeurs sont comprises entre 15 et 55 % avec un maximum de 80%. La défoliation a été significativement variable entre les trois forêts ($H^{2,297} = 75,8$; $P \leq 0,0001$) (Fig.24).

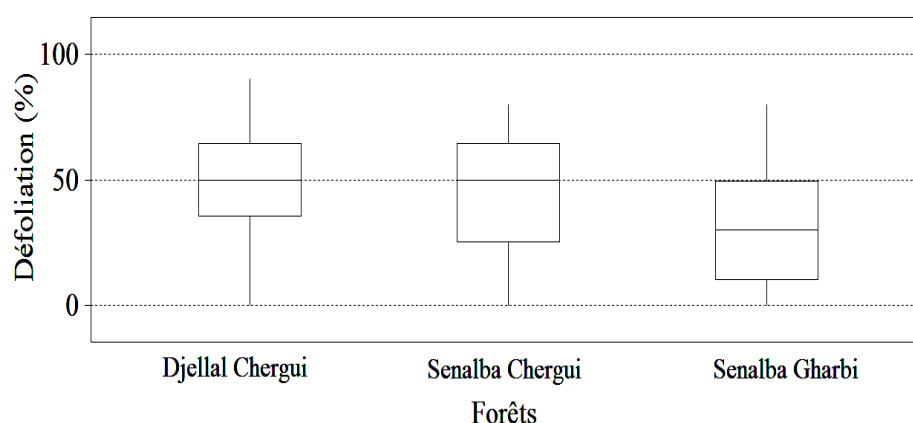


Figure 24: Distribution de la défoliation des trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).

3.1.1.2. Evolution de l'indice de dépérissement

Les résultats de l'indice de dépérissement montrent une augmentation d'une année à l'autre. Le peuplement du pin d'Alep de la forêt de Senalba Gharbi passe d'un bon état sanitaire en 2013    un début de dépérissement en 2014 et 2015 et son indice passe de 1,43 en 2013    1,77 en 2014 et 1,92 en 2015, pour la forêt Djellal l'indice de dépérissement augmente de 1,62 à 2,06. Dans le cas de la forêt de Senalba Chergui on remarque la même évolution (1,65 à 2,04) où l'état sanitaire du peuplement des pinèdes    Djellal Chergui et Senalba Chergui passe de début de dépérissement en 2013 à assez grave en 2015 (Fig.25).

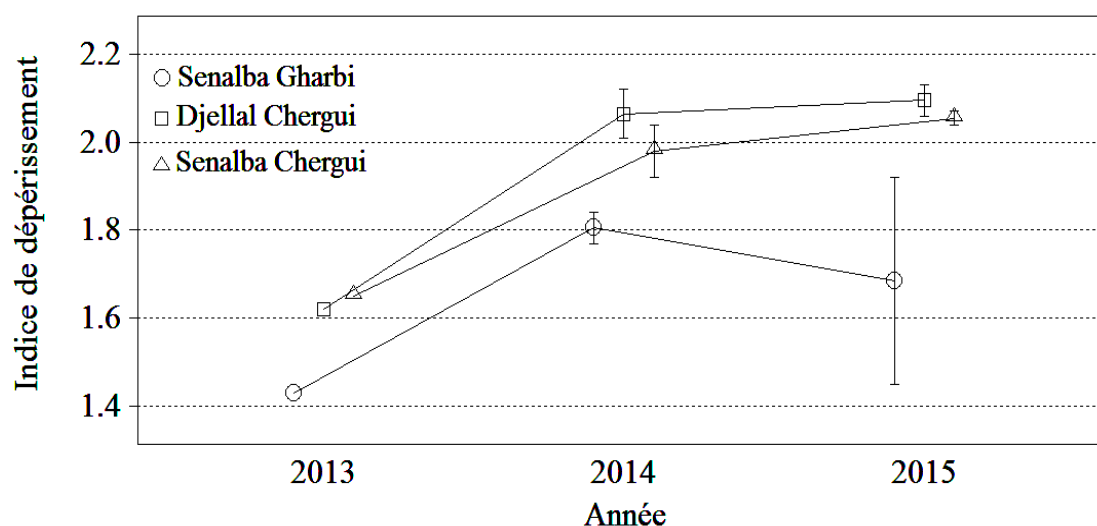


Figure 25: Evolution de l'indice de dépérissement dans les trois forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui) pendant les trois années (2013, 2014, 2015).

3.1.1.3. Évolution de la décoloration

Au cours des années d'étude 2013, 2014 et 2015 la décoloration n'a pas été observée où tous les arbres échantillonnés occupent la classe 1 « pas de décoloration » avec une coloration normale. Seulement au niveau de Djellal Chergui un faible taux de décoloration a été enregistré avec 5 arbres faiblement décolorés en 2014 et 2 arbres modérément décolorés en 2015.

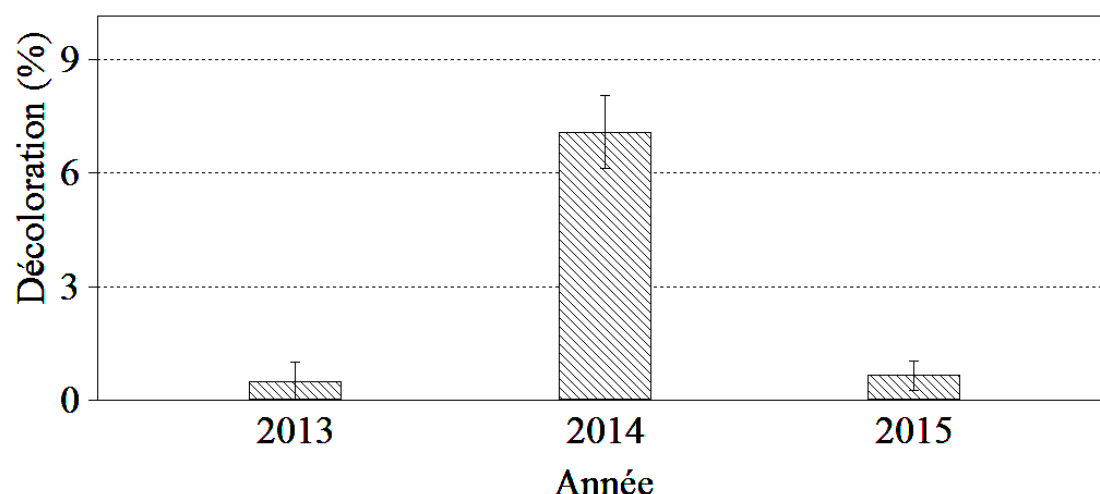


Figure 26: Evolution de la décoloration dans la forêt de Djellal Chergui pendant trois années (2013, 2014, 2015).

3.1.1.4. Pin d'Alep-Chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*)

- Taux d'infestation

Le taux d'infestation par la chenille de pin d'Alep a été en moyenne de 7,82%. Il a été significativement variable d'une année à une autre ($\chi^2=10,13$; $P=0,0062$), il a été plus élevé en 2013-14 (14,72%) par rapport à 2012-13 (2,33%) et 2014-15 (6,40%) (Fig.27).

- Intensité (densité)

La moyenne de la densité de la chenille processionnaire par arbre a été de $2,74 \pm 2,61$ nids/arbre. Elle varie de 1 à 18 nids d'un arbre à un autre. Le test de Kruskal-Wallis, indique que la densité de la CP par arbre n'a pas été significativement variable d'une année à une autre ($H^2=3,01$; $ddl=65$; $P=0,2252$). Même si la densité a été légèrement plus élevée en 2013-14 (2,91 nids/arbre). Par contre, la densité des nids de la chenille processionnaire par

hectare a été significativement variable entre les trois années étudiées ($\chi^2=32,28$; $P=0,0001$). La densité de la chenille par hectare a été largement plus élevée au cours de l'année 2013-14 (40,63 nids/ha) par rapport à l'année 2012-13 (4,22 nids/ha) et l'année 2014-15 (17,15 nids/ha) (Fig.27)



Figure 27 : Variation interannuelle du taux d'infestation et de la densité par hectare de la chenille processionnaire.

En outre, les paramètres dendrométriques ont été auto-corrélés avec le nombre des nids de la chenille processionnaire. Ce dernier a été significativement et négativement corrélé avec tous les paramètres dendrométriques ; les arbres les plus hauts ont abrité significativement moins de nids de la chenille ($r=-0,1054$; $ddl=1361$, $P\leq 0,0001$ (Fig.28). Ainsi, les arbres dont la première branche a été plus élevée, ont abrité aussi significativement moins de nids de la processionnaire ($r=-0,1280$; $ddl=1361$, $P\leq 0,0001$; Fig.29). Inversement, le rayon du houppier a diminué significativement avec le nombre des nids de la chenille ($r=0,0687$; $ddl=1371$, $P=0,0081$; Fig.30). Cette relation a été exposée par la formule de la régression linéaire **HP = 1.86-0.05*CP** et permet de prédire le recul de ce rayon avec l'augmentation du nombre de nids de la chenille processionnaire.

La densité de la chenille par arbre a été significativement et positivement corrélée avec le taux de défoliation ($r=0,1179$; $ddl=297$; $P\leq 0,0001$) (Fig.31)

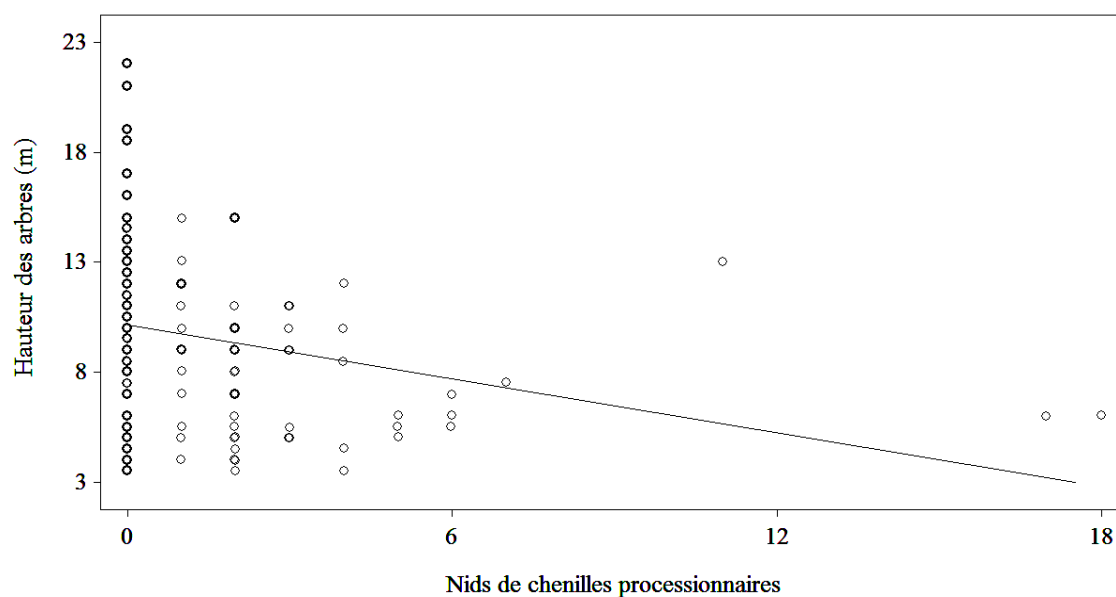


Figure 28: Relation entre la hauteur totale des arbres du pin d'Alep et le nombre des nids de la chenille processionnaire de la région de Djelfa.

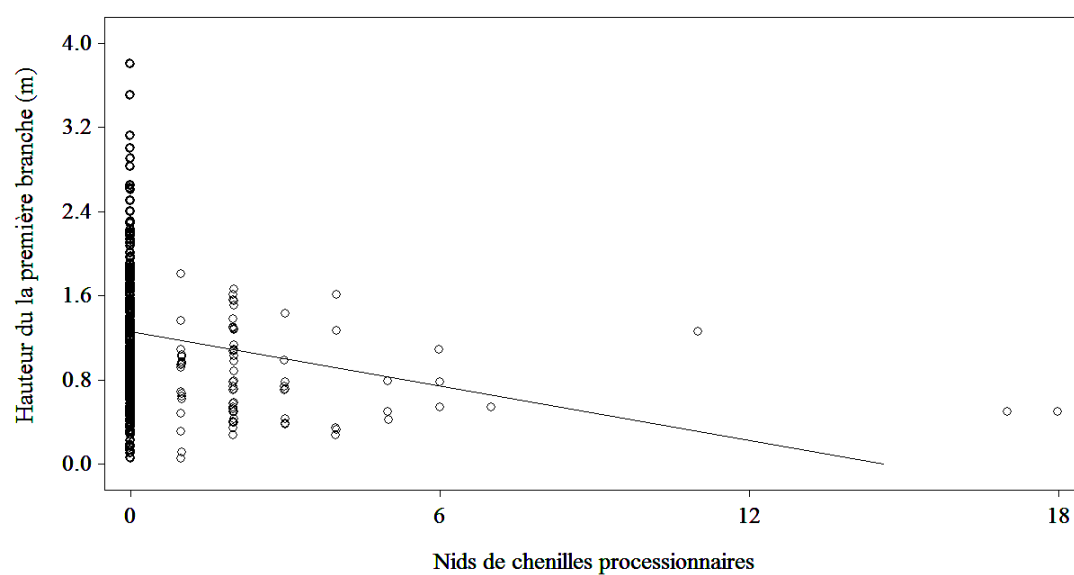


Figure 29: Relation entre la hauteur de la première branche des arbres du pin d'Alep et le nombre des nids de la chenille processionnaire de la région de Djelfa.

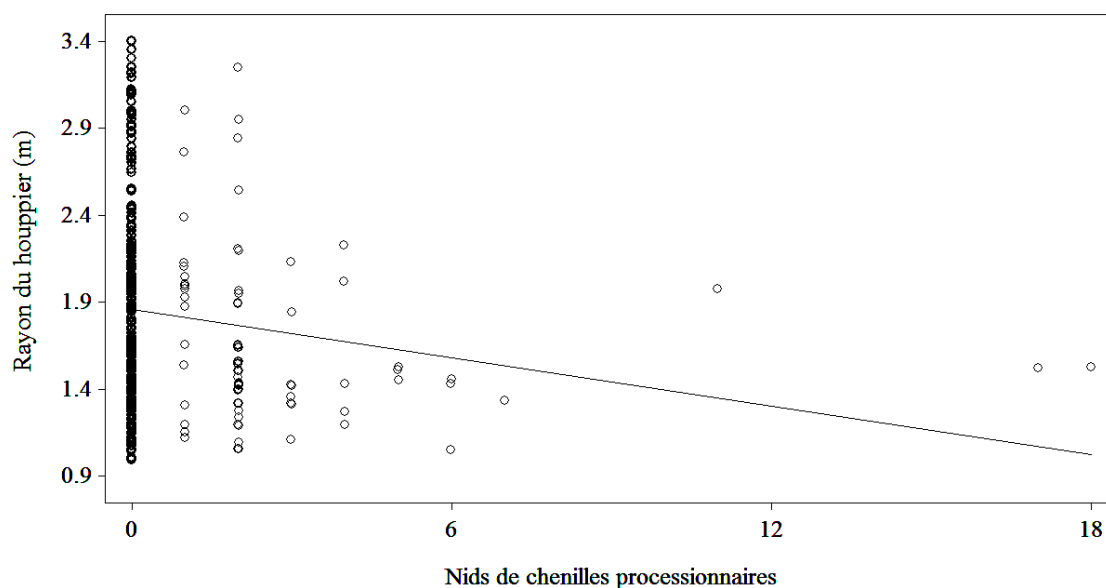


Figure 30: Relation entre le rayon du houppier des arbres du pin d'Alep et le nombre des nids de la chenille processionnaire de la région de Djelfa.

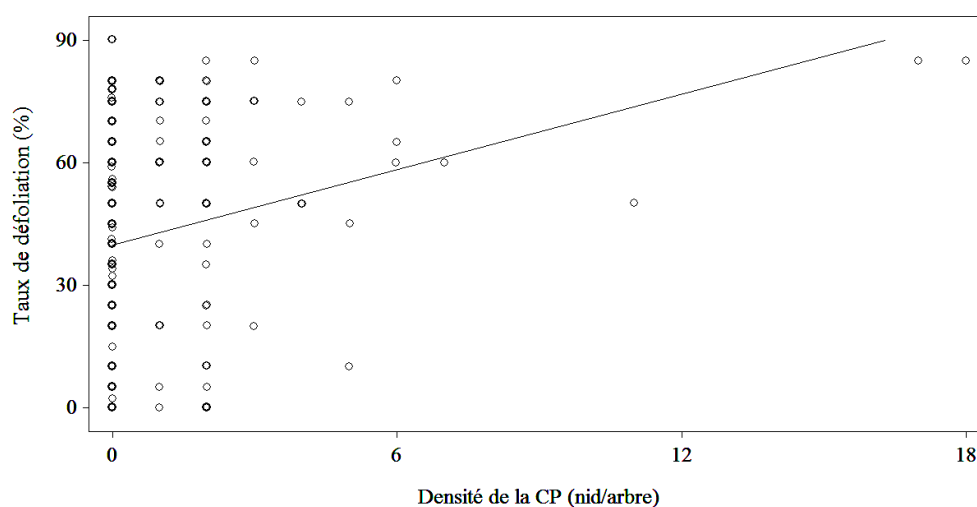


Figure 31: Relation entre la densité de la chenille processionnaire par arbre et le taux de défoliation du houppier du pin d'Alep dans les forêts de Djelfa.

3.1.1.5. Evolution de la malformation des cimes de pin d'Alep

En ce qui concerne les rouilles de sorcière ou "Balai de sorcière", les cimes du peuplement du pin d'Alep ne présentent aucune observation enregistrée en 2013 au niveau des trois sites d'étude. Par contre, en 2014 et 2015, nous avons constatés une augmentation du

taux de la rouille d'une année à une autre. La forêt Djellal Chergui enregistré 9% d'arbres touchés par la rouille, par contre dans la forêt de Senalba Gharbi et la forêt de Senalba Chergui, uniquement 2 à 3% d'arbres ont été affectés par la rouille (Fig.32).

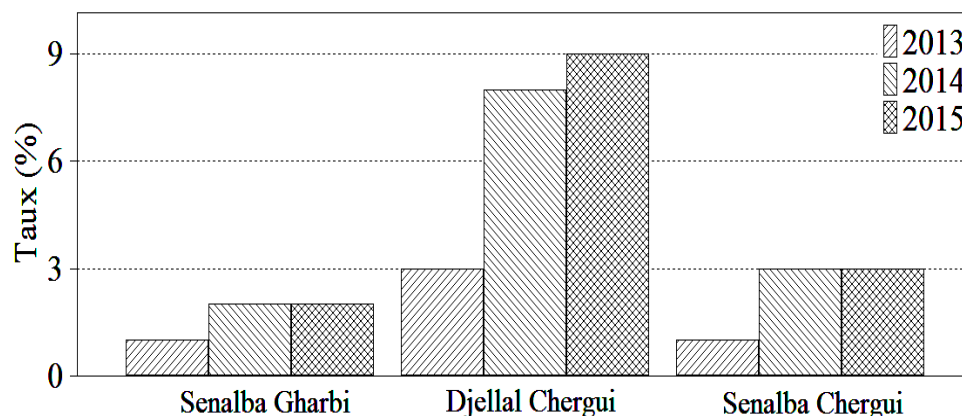


Figure 32: Evolution des rouilles de sorcière des trois forêts étudiées pendant trois années (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui).



Photo 18 : Rouille de sorcière sur la cime de pin d'Alep (Mecheri, 2014).

3.1.2. Etat du tronc

3.1.2.1. Forêt de Senalba Gharbi

Au niveau des arbres échantillonnés de la forêt de Senalba Gharbi, la majorité des troncs ont présenté un bon état en 2013 malgré les observations qui ont été enregistrées dans cette année les taux sont très faibles. Le peuplement du pin d'Alep présente des crevasses sur 5% des arbres en 2013. Les trous d'insectes xylophages affectent uniquement 6 % des arbres

échantillonnés, ces taux sont en progression d'une année à une autre mais d'une manière très ralentie. Le taux des crevasses passe à 6 % en 2015, entre 9 et 11 % des arbres présentent des trous d'insectes xylophages au cours des deux années suivantes.

La flore lichénologique et les champignons se développent sur les troncs d'arbres en abondance et couvre le tiers des arbres échantillonnés durant les 3 années d'étude. L'action de l'homme se traduit par des blessures qui touchent 13 % des arbres échantillons en 2013 et qui augmentent en 2014 à 20% puis régressent en 2015 à 12 %. Au cours des trois années d'étude aucune trace d'incendie n'a été enregistrée (Fig. 33).

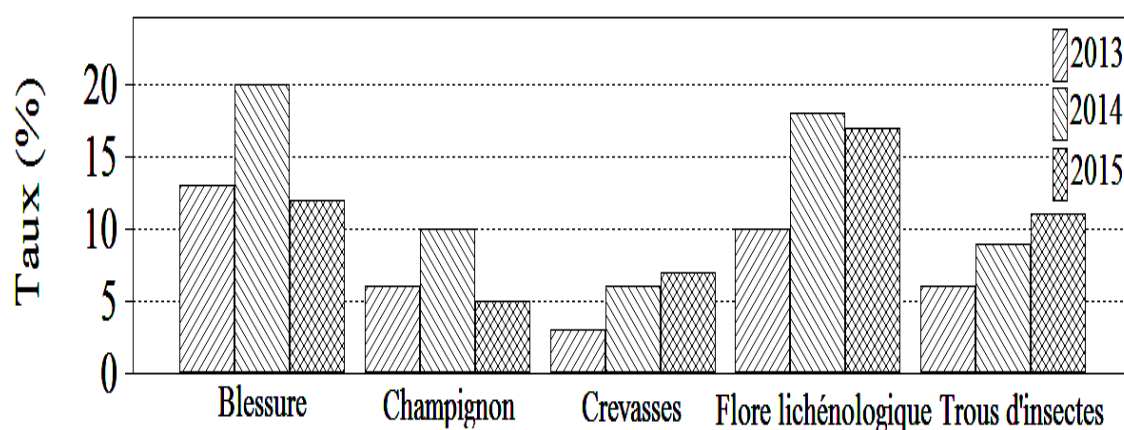


Figure 33: Évolution de l'état sanitaire du tronc de la forêt de Senalba Gharbi.

3.1.2.2. Forêt de Senalba Chergui

Dans la forêt de Senalba Chergui, les résultats montrent que les troncs des arbres échantillonnés présentent un bon état sanitaire en 2013, avec une augmentation des taux des symptômes constatée d'une année à une autre, surtout pour la flore lichénologique et les blessures, mais moins importants que les taux qui ont été enregistrés dans les deux autres forêts précédentes. Uniquement 12 % des arbres observés qui ont présenté la flore lichénologique et les blessures en 2014 et 2015, aucune crevasse n'a été observée sur les troncs des arbres du pin d'Alep en 2013 et 2014. Dans l'année suivante, la manifestation des crevasses a été notée sur 4 % des arbres échantillonnés. Les taux de présence des champignons et les traces d'incendies ont été négligeables car un seul arbre qu'a été touché par un champignon et deux autres qui ont présenté des traces d'incendies (Fig.34).

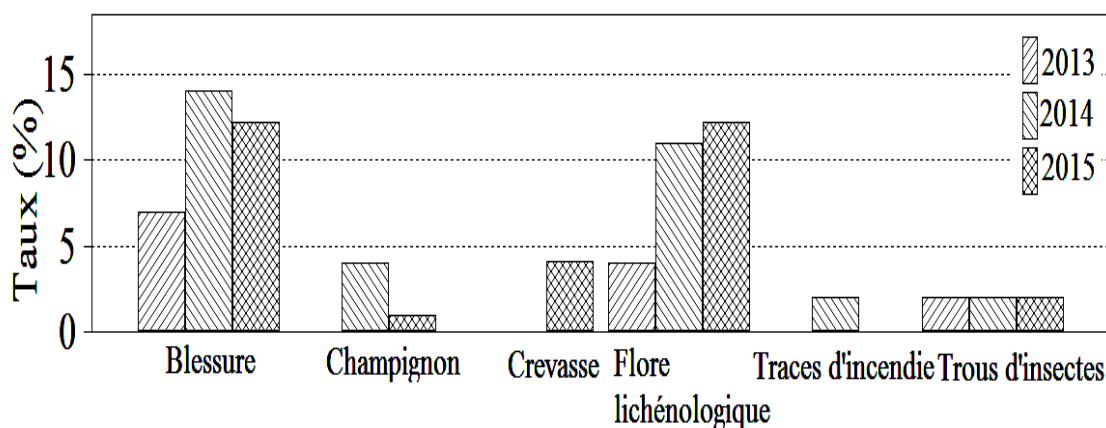


Figure 34: Évolution de l'état du tronc de la forêt de Senalba Chergui.

3.1.2.3. Forêt de Djellal Chergui

Concernant la forêt de Djellal Chergui, dans la première année d'étude 2013 les troncs du peuplement du pin d'Alep présente un bon état, les observations sont faibles. Une augmentation importante des taux des symptômes de dégradation d'une année à une autre, a été remarquée. Les trous d'insectes xylophages avec 19% des sujets échantillonnés en 2014 et 21% en 2015. La flore lichénologique se développe aussi sur les troncs d'arbres en abondance avec 26 % des troncs d'arbres échantillons pendant l'année 2015 et aucune observation des champignons sur les troncs des arbres des pinèdes de Djellal Chergui. Les crevasses ont gardé un taux plus faible (6%). Les traces d'incendies n'ont pas été observées au cours des années d'étude et les blessures au niveau des troncs d'arbres ont été faible en 2013 (4%). Pendant les deux années suivantes, une augmentation a été observée avec un taux de 25 % en 2014 et 30 % en 2015 (Fig.35).

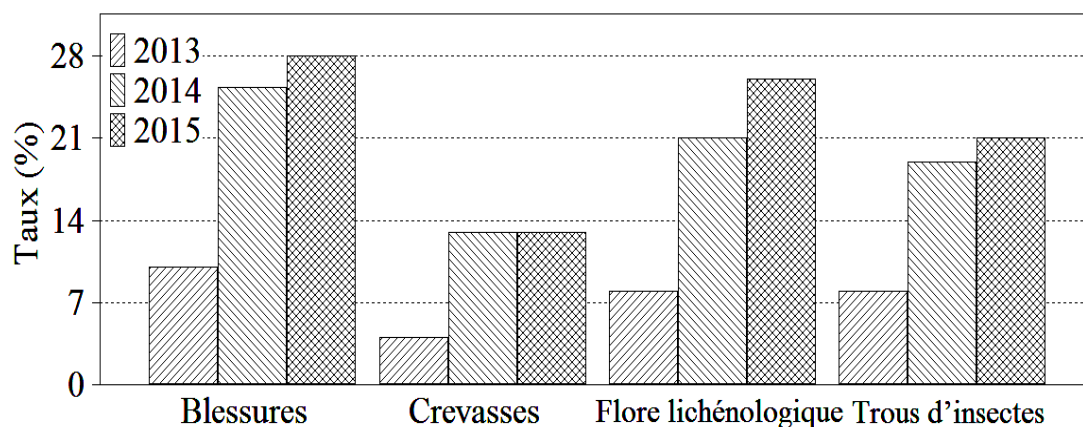


Figure 35: Évolution de l'état du tronc de la forêt de Djellal Chergui.



Photo 19 : Etat sanitaire du tronc : à gauche un champignon, à droite : des trous d'insectes xylophages (Mecheri, 2014).



Photo 20 : La flore lichénologique sur un tronc d'Alep (Mecheri, 2014).



Photo 21: Action de l'homme «Blessures et un arbre coupé» (Mecheri, 2015).



Planche 2: Symptômes du dépérissement du pin d'Alep ; (A) : Extrémité du houppier défoliée, (B) : des branches et des rameaux cassés, (C) : un arbre défolié (Df = 95%) avec des branches mortes et cassées, (D) : Décoloration des feuilles (Mecheri, 2015).

3.2. Diagnostique de l'état de santé de chêne vert

3.2.1. Etat des feuilles

3.2.1.1. Répartition des feuilles du chêne vert selon l'état sanitaire

Les feuilles saines occupent le groupe le plus important pour les trois forêts étudiées avec un taux de 54,70% à Senalba Gharbi, 72,14% à Senalba Chergui et 75,93% à Djellal Chergui. Les feuilles attaquées ont été représentées par un taux de 26,02%, 16,43% et 18,52% successivement pour Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui. Les feuilles présentant des galles occupent un taux plus faible 6,90% 8,64% 2,79% à Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui (Fig.36).

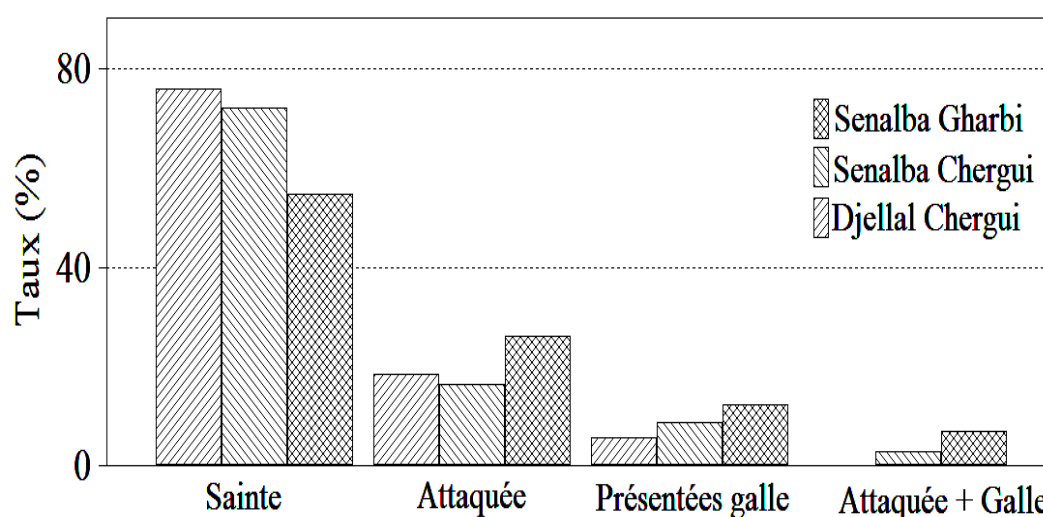


Figure 36: Répartition des feuilles du chêne vert selon l'état sanitaire (saines, attaquées, avec galles et attaquées + galles).

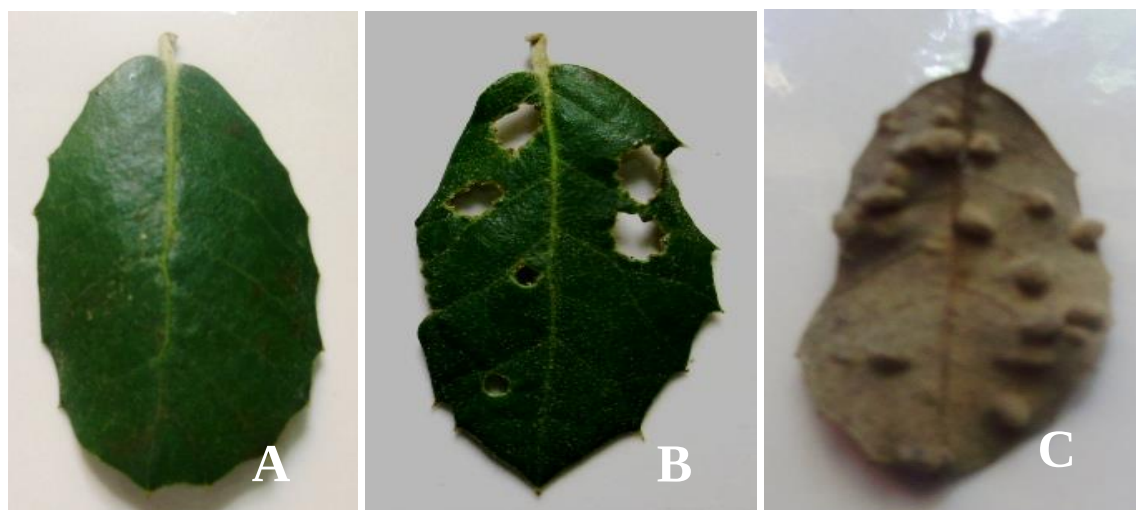


Photo 23 : Les trois différents aspects des feuilles récoltées dans le chêne vert – A : saine, B : attaquée, C : présentant des galles (Mecheri, 2015).

3.2. 2. Etat des glands

3.2.2.1. Répartition des glands de chêne vert selon l'état sanitaire

La dissection des glands du chêne vert a permis de mettre en évidence 3 catégories sanitaires, les glands sains ne présentent aucune altération apparente au niveau de leurs amandes. Les glands sains ont été majoritaires avec une prévalence de 55% à Senalba Gharbi, 63% à Senalba Chergui et 64% à Djellal Chergui. Les glands attaqués par des Carpopahges ont été représentés par la même prévalence de 11% (Fig.37).

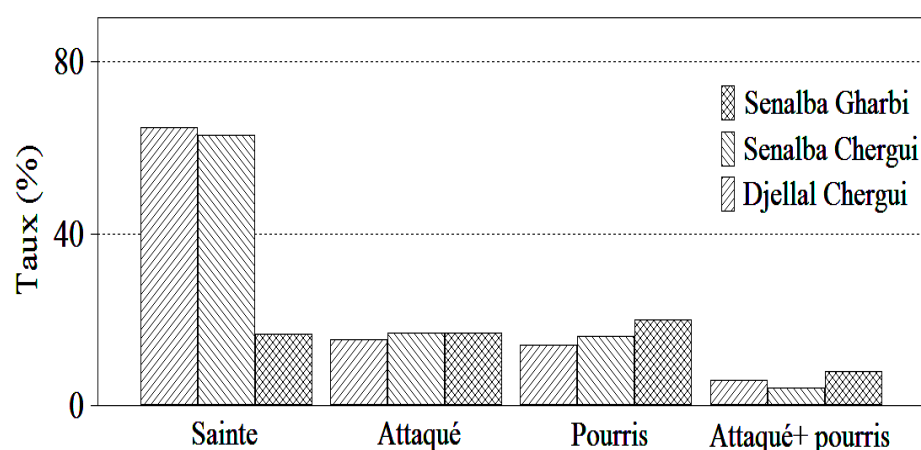


Figure 37: Répartition des glands de chêne vert aux forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal) selon l'état sanitaire.

3.2.2.2. Taux d'infestation des glands

La prévalence d'infestation des glands de chêne vert par le *Curculio* sp. a été importante. Elle a été en moyenne de 25,71%, elle a été plus élevée en 2015 (38,33%) par rapport à 2014 (20,83%) et 2016 (15,83%). La prévalence par le *Cydia fagiglandana* a été plus faible que *Curculio* sp avec une moyenne de 13,33% en 2015, 7,50% en 2014 et 8,33% en 2016. Le test de Kruskal-Wallis, indique que le taux d'infestation des glands n'a pas été significativement variable d'une année à une autre ($F^2=0,77$; ddl=87; $P=0,54$) (Fig.38).

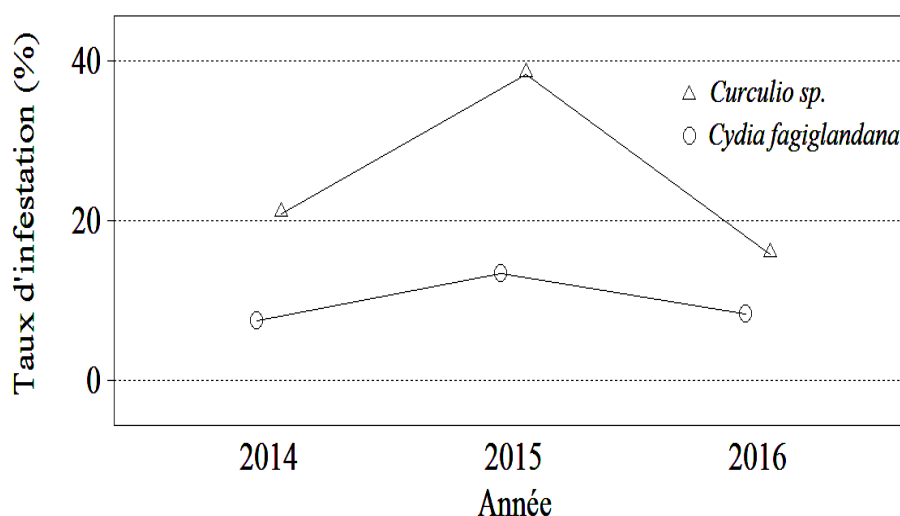


Figure 38: Variation interannuelle du taux d'infestation des glands par le *Curculio* sp. et *Cydia fagiglandana*.

4. ESSAI DE LUTTE

Durant la période d'étude, nous avons réalisé un essai de lutte sur un ravageur forestier. A travers notre diagnostique, la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) a été considérée comme le principal ravageur du pin dans la région de Djelfa.

4.1. Effets des extraits sur les larves de la chenille processionnaire (L2/L3)

4.1.1. Dans le cas des larves traitées

Le tableau ci-dessous représente les concentrations létales (CL50 et CL90 g/l) des extraits de fruits de *Citrullus colocynthis*, les feuilles et les graines de *Ricinus communis* appliqués sur les stades larvaires L2 et L3 de la chenille processionnaire.

Après le 3^{ème} jour du traitement, la concentration létale la plus faible a été signalée chez les larves traitées par l'extrait des fruits de *C. colocynthis* avec une CL50 de 3,00g/l et une CL90 de 3,93g/l. Par contre au 5^{ème} jour d'exposition, la CL50 de l'extrait des feuilles de *R. communis* a été légèrement plus faible par rapport à l'extrait des fruits de *C. colocynthis* qui gardent à eux une CL90 (3,80g/l) la plus faible à ce niveau d'exposition. Inversement, au 10^{ème} jour d'exposition la CL50 la plus faible a été enregistrée en faveur de l'extrait des fruits de *C. colocynthis* avec 1,48g/l et la CL90 en faveur de l'extrait des feuilles de *R. communis* avec 2,41g/l, plus faible aux autres produits. Au 15^{ème} jour d'exposition, l'extrait des feuilles de *R. communis* et celui des fruits de *C. colocynthis* affichent des valeurs très proches avec successivement 0,72 et 0,75g/l pour la CL50 et 1,54 et 1,56g/l pour la CL90. Les valeurs de la CL50 et de la CL90 de l'extrait des graines de *R. communis* ont été supérieures par rapport aux autres produits durant toute la période d'observation (Tab.34).

En ce qui concerne le traitement des larves au stade L3, les deux extraits bruts de *R. communis* (feuilles et graines) ont enregistré les concentrations létales (CL50 et CL90g/l) les plus faibles pendant toute la durée d'exposition. Après le 3^{ème} jour de traitement, la concentration létale la plus faible a été enregistrée chez les larves traitées par l'extrait des feuilles de *R. communis* de CL50 de 3,53g/l et CL90 de 4,85 g/l. Au 5^{ème} jour d'exposition, l'extrait des graines de *R. communis* a enregistré la CL50 et la CL90 les plus faibles (3,08 g/l et 4,19g/l). Concernant le 10^{ème} jour, l'extrait des feuilles de *R. communis* a enregistré la concentration létale la plus faible avec une CL50 de 2,49 g/l et CL90 de 3,52 g/l. Au 15^{ème} jour de traitement, l'extrait des feuilles et des graines de *R. communis* ont enregistré les plus

faibles concentrations létales CL50 de 2,18 g/l et CL90 de 2,91 g/l. Contrairement aux résultats qui ont été notées chez les larves traitées L2, l'extrait des fruits de *C. colocynthis* ont enregistré les concentrations létales les plus élevés pendant toute la durée de traitement.

Les résultats montrent que les concentrations létales ont été variables d'un stade larvaire à un autre. Les concentrations létales ont été élevées chez les larves traitées de L3 (Tab.34).

Tableau 34: Concentrations létales (CL50 et CL90 g/l) à différentes durées d'exposition (jours) des extraits bruts de fruits de *Citrullus colocynthis*, les feuilles et les graines de *Ricinus communis* appliqués sur les larves L2 et L3 de *Thaumetopoea pityocampa*.

Extrait	Durée (jours)	L2		L3	
		CL50 (limites)	CL90 (limites)	CL50 (limites)	CL90 (limites)
FC	3	3,00 (1,91-4,73)	3,93 (2,81-5,48)	5,00(4,18-5,98)	7,15 (6,79-7,54)
	5	2,88 (1,89-4,38)	3,80 (2,84-5,08)	3,84 (3,37-4,38)	5,9 (3,59-9,86)
	10	1,48 (0,45-4,81)	2,70 (0,35-21,04)	3,42 (1,87-6,59)	5,88(1,62-1,38)
	15	0,75 (0,43-12,50)	1,54 (0,22-13,96)	2,45 (2,36-2,55)	3,72 (2,57-5,38)
FR	3	3,26 (1,41-7,74)	4,64 (2,10-10,25)	3,53 (2,58-4,83)	4,85 (4,23-5,56)
	5	2,64 (1,19-5,85)	3,88 (1,53-9,85)	3,29 (2,68-4,04)	5,18 (2,81-9,57)
	10	1,53 (0,75-3,13)	2,41 (0,70-8,30)	2,49 (1,98-3,14)	3,52 (3,45-3,58)
	15	0,72 (0,38-1,39)	1,56 (0,48-18,88)	2,18(1,45-3,28)	2,91 (2,23-3,80)
GR	3	4,27 (2,61-6,99)	5,55 (3,47-8,89)	5,39 (3,69-7,89)	7,27 (5,79-9,13)
	5	3,04 (2,48-3,73)	4,32 (2,03-9,21)	3,08 (2,18-4,34)	4,19 (3,51-5,01)
	10	2,86 (2,42-3,28)	4,14 (1,81-9,47)	2,58 (2,13-3,13)	3,68 (3,55-3,81)
	15	2,59 (2,53-2,65)	3,87 (1,49-10,08)	2,18(1,74-2,73)	2,91 (2,81-3,01)

4.1.2. Dans le cas des feuilles traitées (aiguilles de pin d'Alep)

Les résultats de traitement des feuilles (aiguilles de pin d'Alep) utilisées pour le nourrissage des larves de la chenille processionnaire, ont été semblables à ceux enregistrés chez les larves directement traitées. Ils montrent que les concentrations létales ont été variables entre les deux stades larvaires (L2 et L3). Les concentrations létales des trois extraits aqueux utilisées ont été supérieures chez les larves traitées de stade L3.

Chez les larves L2, l'extrait des graines de *R. communis* a enregistré une concentration létale CL50 et CL90 plus faible par rapport aux autres extraits (3,38g/l et 4,47g/l) après le 3^{ème} jour de traitement. Après le 5^{ème} jour, la basse concentration létale a été affichée chez les larves qui ont été nourries par les aiguilles traitées par l'extrait de feuilles de *R. communis* avec une CL50 de 2,81g/l et CL90 de 3,72g/l. Au 10^{ème} jour d'exposition, nous avons constatés que les trois extraits utilisées ont enregistré presque les mêmes valeurs des concentrations létales chez les larves nourries par les aiguilles traitées avec une concentration CL50 de 2,03g/l CL90 de 3,48g/l pour l'extrait des fruits de *C. colocynthis*, CL50 de 2,03g/l et CL90 de 3,25g/l pour l'extrait des feuilles de *R. communis* et CL50 de 2,05 g/l et CL90 3,75g/l pour l'extrait des graines de *R. communis*. Après 15^{ème} jour de traitement, la concentration létale la plus faible a été enregistrée en faveur de l'extrait des fruits de *C. colocynthis* avec 1,33g/l et une CL90 2,39g/l.

L'extrait des feuilles de *R. communis* a signalé la concentration létale la plus basse durant tous les jours d'exposition chez les larves au stade larvaire L3. Au 3^{ème} jour, la CL50 a été de 4,75 g/l et CL90 a été de 6,66 g/l. Après 5^{ème} jour, la CL50 a été de 4,29g/l et la CL90 de 6,32g/l. Au 10^{ème} jour de traitement, nous avons enregistré une CL50 de 3,23 g/l et la CL90 de 5,55 g/l et après 15^{ème} jour, la CL50 a été de 2,50 g/l et CL90 a été de 4,01g/l.

Concernant les larves L3 alimentées par des feuilles traitées (aiguilles de pin d'Alep), les concentrations létales les plus élevés ont été enregistrées en faveur de l'extrait des fruits de *R. communis* (Tab.35).

Tableau 35: Concentrations létales (CL50 et CL90 g/l) à différentes durées d'exposition (jours) des extraits bruts de fruits de *Citrullus colocynthis* (CF), les feuilles et les graines de *Ricinus communis* appliqués sur feuilles de pin d'Alep alimentées aux larves L2 et L3 de *Thaumetopoea pityocampa*.

Extrait	Durée (jours)	L2		L3	
		CL50 (limites)	CL90 (limites)	CL50 (limites)	CL90 (limites)
FC	3	5,36 (4,60-6,24)	7,72 (7,06-8,46)	5,46 (4,33-6,89)	7,69(7,52-7,87)
	5	4,88 (4,54-5,24)	7,45 (4,91-11,31)	4,56 (4,30-5,03)	6,84(5,61-8,32)
	10	2 ,03 (1,06-3,88)	3,48 (0,97-12,54)	3,43(1,17-0,05)	6,27(0,92-2,84)
	15	1,33 (0,51-3,46)	2,39 (0,42-13,70)	2,60 (1,05-6,41)	4,64(0,88-4,55)
FR	3	3,42 (2,33-5,01)	4,57(3,62-5,76)	4,75 (3,70-6,09)	6,66 (6,366,67)
	5	2,81 (1,82-4,33)	3,72 (2,76-5,01)	4,29 (4,18-4,40)	6,32(4,83-8,25)
	10	2,03 (1,53-2,69)	3,25 (1,56-6,74)	3,23 (1,67-6,23)	5,55(1,51-0,40)
	15	1,52 (0,61-3,78)	2,71 (0,51-14,57)	2,50 (1,90-3,30)	4,01(1,95-8,25)
GR	3	3,38 (2,19- 5,21)	4,47 (3,31-6,04)	6,32 (5,50-7,27)	9,15(8,20-0,21)
	5	2,84 (2,82-2,86)	4,25 (3,15-5,74)	5,38 (5,23-5,53)	8,13(5,71-1,57)
	10	2,05 (0,70-6,00)	3,75 (0,55-25,51)	3,51 (2,10-5,87)	5,89(2,00-7,32)
	15	1,59 (0,77-3,27)	2,76 (0,68-11,12)	2,63 (1,22-5,71)	4,62(1,06-0,06)

4.2. Variation du taux de mortalité des larves L2/L3 traitées selon la concentration de traitement

Le taux de mortalité au 3^{ème} jour d'exposition a été significativement variable entre les trois extraits ($\chi^2=112,41$; DF=2, $P\leq 0,0001$). Il a dépassé 50% chez les larves traitées à partir de la concentration C4 (5g/l), pour uniquement l'extrait des graines du *R. communis* (62%).

Au 5^{ème} jour et à la même concentration (C4=5g/l), le taux de mortalité dépasse 50% pour les trois produits (extrait de fruits de *C. colocynthis*: 66%, de feuilles de *R. communis*: 54% et des graines de *R. communis*: 74%), il a été significativement variable entre ces trois extraits ($\chi^2=139,08$, DF=8, $P\leq 0,0001$) à ce niveau d'exposition.

Plus précoce encore au 10^{ème} jour, le taux de mortalité a dépassé 50% des larves traitées à partir de la concentration C3 qui correspond à 1g/l pour les trois produits utilisés

(extrait des fruits de *C. colocynthis*: 90%, de feuilles de *R. communis*: 78% et des graines de *R. communis*: 54%) avec un avantage pour l'extrait des fruits de *C. colocynthis*. Il a été aussi significativement variable entre les trois extraits ($\chi^2=83.04$, $DF=8$, $P\leq 0,0001$).

Comme les autres niveaux d'exposition, au 15  me jour le taux de mortalité a été aussi significativement variable entre les trois extraits ($\chi^2=119.18$, $DF=8$, $P\leq 0,0001$). Il a atteint 56% des larves traitées par l'extrait des feuilles de *R. communis*    partir uniquement de la concentration C1 (0.1g/l) (Fig.39).

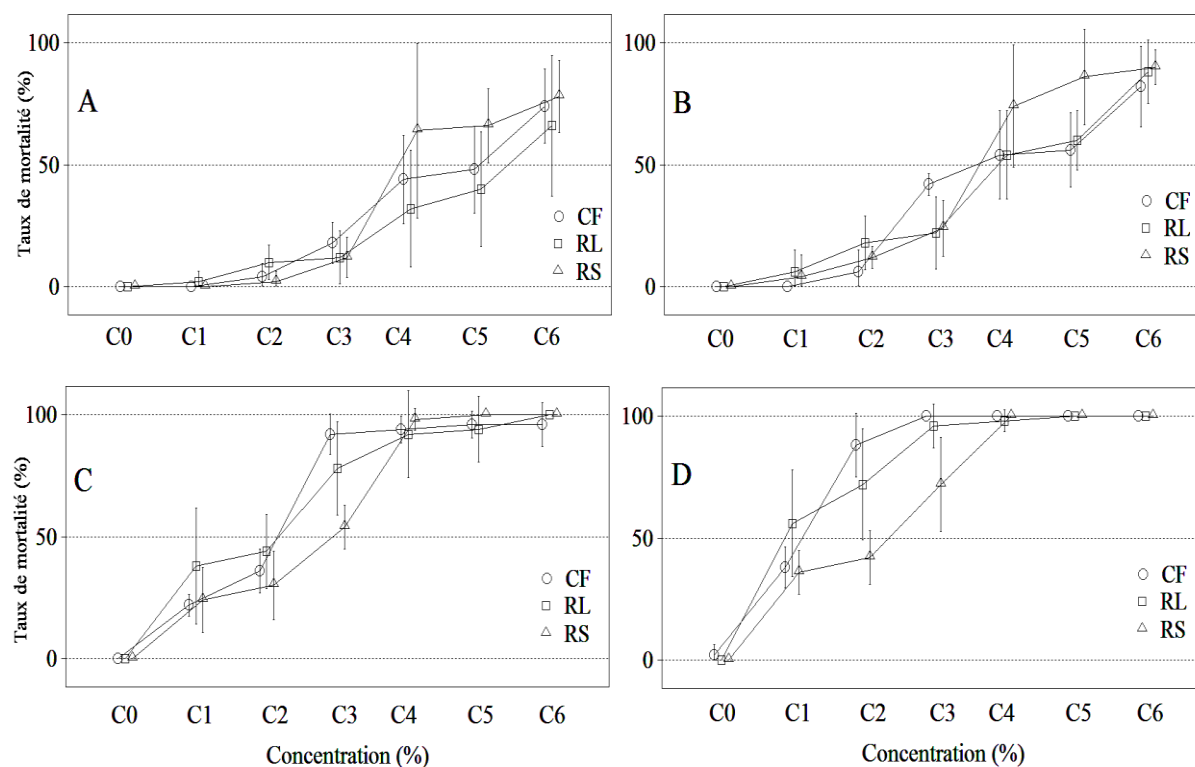


Figure 39: Effet des concentrations de traitement (C0=0g/l, C1=0.1g/l, C2=0.5g/l, C3=1g/l, C4=5g/l, C5=10g/l, C6=50g/l) et la durée d'exposition (A : 3jours, B : 5jours, C : 10jours et D : 15jours), sur le taux de mortalité des larves L2 de *Thaumetopoea pityocampa* traitées par l'extrait brut des fruits de *Citrullus colocynthis* (CF), des feuilles de *Ricinus communis* (RL) et les graines de *Ricinus communis* (RS).

Selon la figure suivante (Fig.40), après le 3  me et le 5  me jour, le taux de mortalité chez les chenilles de L3 n'a pas dépassé 50% pour les trois extraits malgré leurs fortes concentrations, à partir de la concentration C6 (50g/l) la mortalité a dépassé 50% des larves traitées par l'extrait des feuilles et des graines de *R. communis*. Le taux de mortalité au 3  me

jour d'exposition a été significativement variable entre les trois extraits ($\chi^2=125,21$; DF=8, $P\leq 0,0001$) et au 5^{ème} jour d'exposition ($\chi^2=90,29$; DF=8, $P\leq 0,0001$).

Au 10^{ème} jour d'exposition, le taux de mortalité a dépassé 50% des larves traitées à partir de la concentration C5 (10g/l) toujours pour les extraits des feuilles de *R. communis* (70%) et les extraits des graines de *R. communis* (54%). Les larves traitées par l'extrait des fruits de *C. colocynthis* ont enregistrées un taux de mortalité qui a dépassé 50% à partir de C6. Il a été significativement variable entre les trois extraits ($\chi^2=23,217$; DF=8, $P=0,0030$)

Après 15^{ème} jour de traitement, la mortalité des larves traitées a dépassée 50% à partir de la concentration C4 qui correspond 5g/l pour les trois extraits utilisés (extrait des feuilles de *R. communis*: 60%, des graines de *R. communis* : 52% et des fruits de *C. colocynthis*: 50%). Il a été aussi significativement variable entre les trois extraits ($\chi^2=26,62$; DF=8, $P\leq 0,0030$)

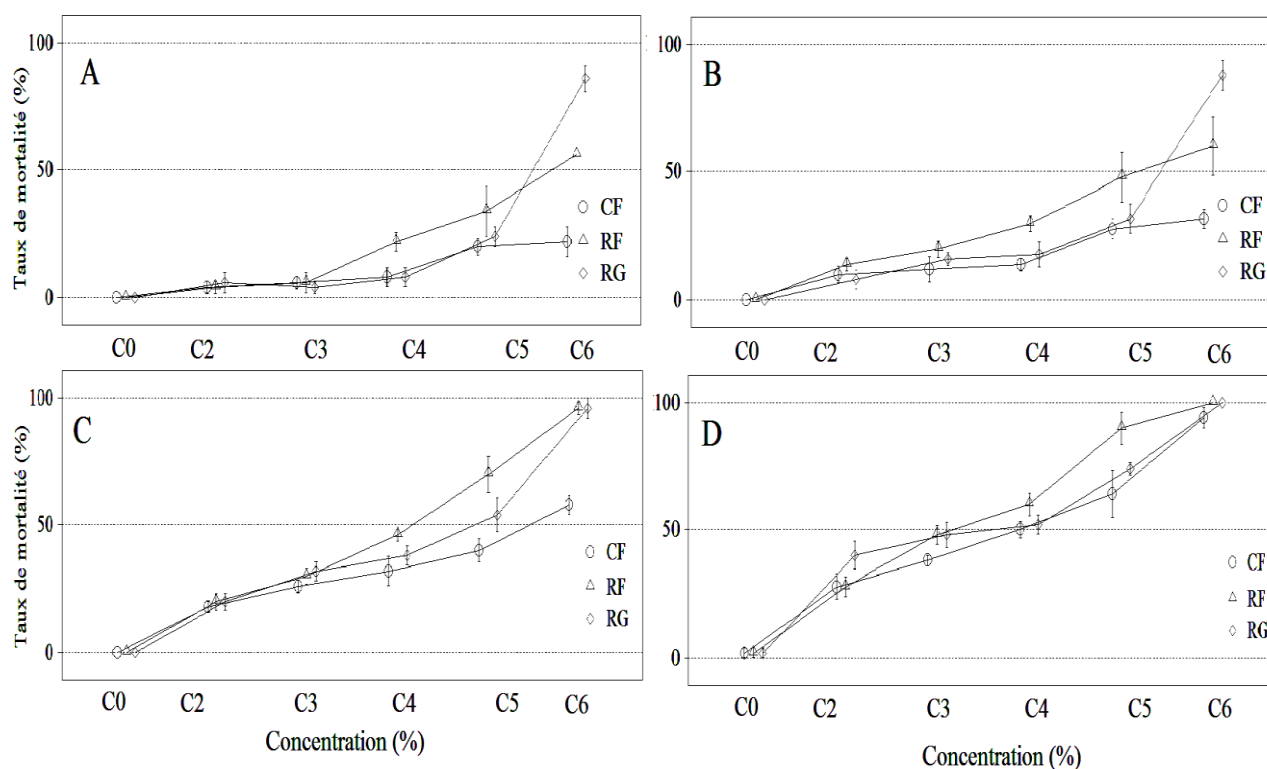


Figure 40: Effet des la concentration de traitement (C0=0g/l, C2=0.5g/l, C3=1g/l, C4=5g/l, C5=10g/l, C6=50g/l) et la durée d'exposition (A : 3jours, B : 5jours, C : 10jours et D : 15jours), sur le taux de mortalité des larves L3 de *Thaumetopoea pityocampa* traitées par l'extrait brut des fruits de *Citrullus colocynthis* (CF), des feuilles de *Ricinus communis* (RL) et les graines de *Ricinus communis* (RS).

4.1. Variation du taux de mortalité des larves traitées durant la durée d'exposition

Selon la figure 41, les résultats montrent que le taux de mortalité des larves L2 directement traitées a augmenté rapidement durant la période d'exposition. Il a dépassé 50% des larves traitées à partir du 8^{ème} jour d'exposition pour les larves traitées par l'extrait des feuilles et des graines du *R. communis* successivement de 58% et de 55% des larves traitées. Au 9^{ème} jour, le taux de mortalité dépasse 50% des larves traitées par l'extrait de fruits de *C. colocynthis*: 61%.

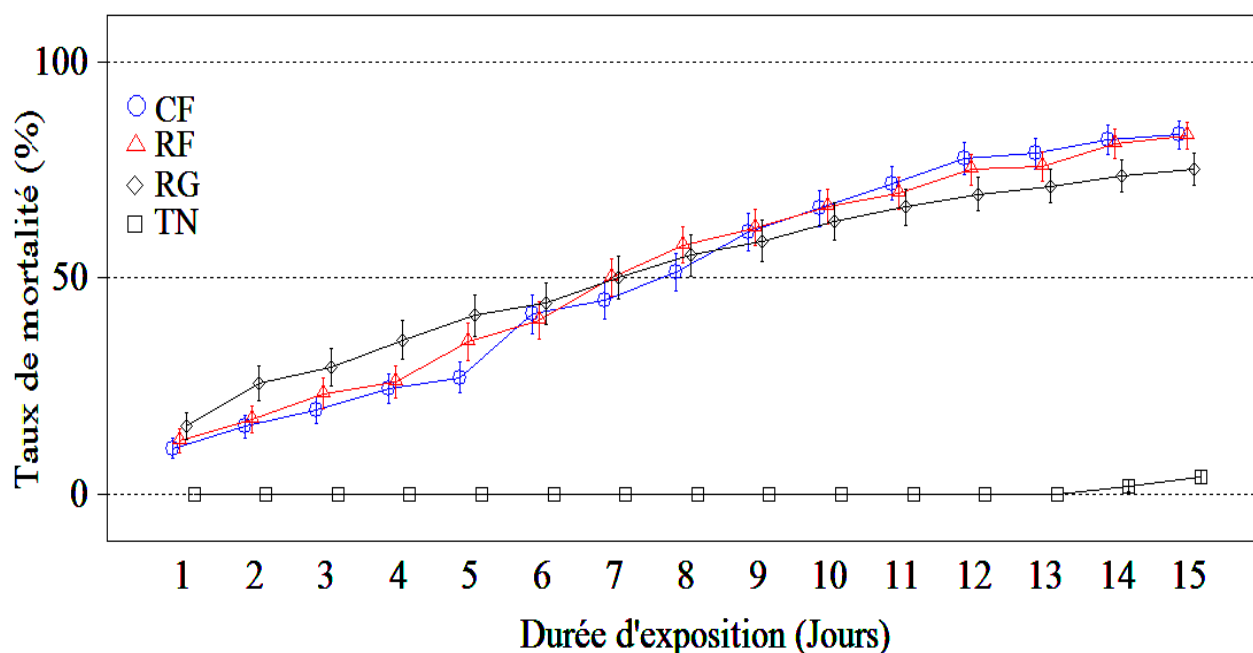


Figure 41: Variation du taux de mortalité les larves L2 de *Thaumetopoea pityocampa* traitées par des extraits bruts de fruits de *Citrullus colocynthis*, les feuilles et les graines de *Ricinus communis* durant la période d'exposition.

Le taux de mortalité des larves L3 a augmenté pendant la période de traitement pour toutes les concentrations, il n'a pas dépassé 50% jusqu'à la fin de la durée d'exposition et pour les 4 premières concentrations C0, C2, C3 et C4 (0; 0,5g/l, 1g/l; 5g/l). Uniquement C5 (10g/l) et C6 (50g/l) et après le 07^{ème} jour d'exposition pour la forte concentration de 50g/l et après le 10^{ème} jour pour la concentration de 10g/l. Dans le cas des faibles concentrations, le taux de mortalité des larves n'a pas dépassée 50% pour tous les extraits des feuilles, graines de *R. communis* et les extraits des fruits de *C. colocynthis* (Fig.42).

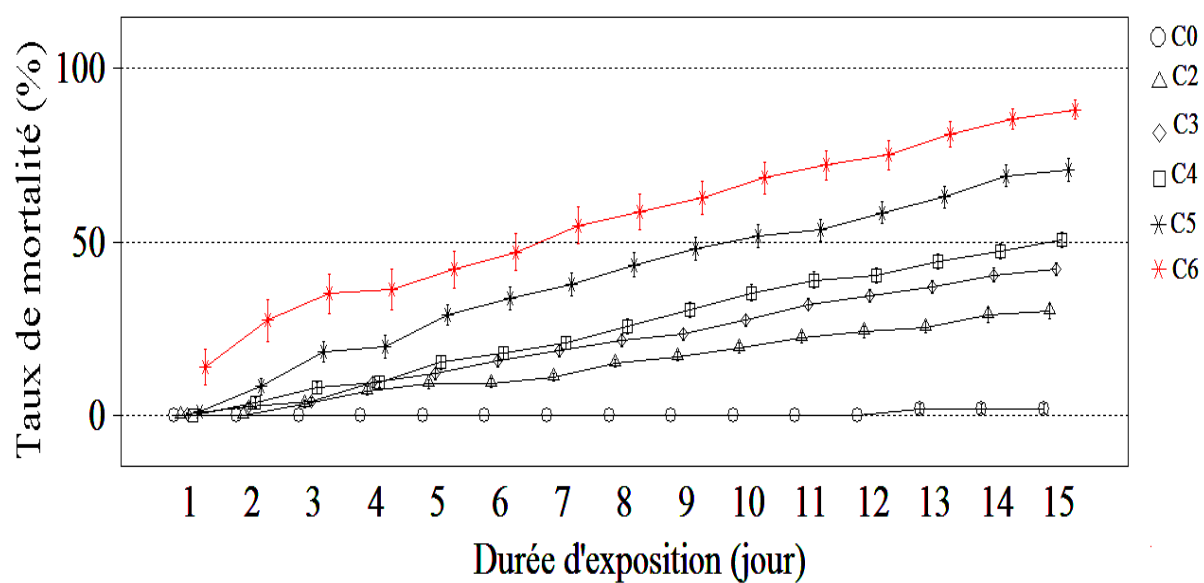


Figure 42: Variation du taux de mortalité des larves L3 de *Thaumetopoea pityocampa* traitées par des extraits bruts de fruits de *Citrullus colocynthis* (CF), les feuilles et les graines de *Ricinus communis* durant la période d'exposition.

Discussion

Cette étude s'inscrit dans l'évaluation de l'état de santé des forêts semi-arides de la région de Djelfa qui se trouve sur la bordure sud des aires de distribution de pin d'Alep et chêne vert; les résultats indiquent une hétérogénéité des paramètres dendrométrique entre les trois forêts étudiées, ainsi qu'une variation de la biodiversité de l'entomofaune entre les trois forêts. Ces résultats nous ont permis d'évaluer l'état de santé de chaque forêt et de caractériser les principaux ravageurs (la chenille de *Thaumetopoea pityocampa* chez le pin d'Alep et le *Curculio sp* et le *Cydia fagiglandana* chez le chêne vert) pour enfin, suggérer des produits d'origine végétale pour contrôler ces ravageurs.

Les paramètres dendrométriques positionnent nos forêts par rapport aux autres futaies du pourtour méditerranéen (Tunisie, Maroc, France, Italie et Grèce,). D'une façon globale, ils ont été comparables (hauteur totale 12,24m à Senalba Chergui, 9,32m à Senalba Gharbi et 8,74m à Djellal Chergui) aux forêts semi-arides du sud de la Méditerranée en Tunisie (hauteur totale 8,90m) (**Sghair et Ammari, 2012**) et au Maroc (hauteur totale 12,73m) (**Belghazi et al., 2000**) et ont été relativement inférieurs aux pinèdes de la rive nord de la Méditerranée (hauteur totale 13,20 à 21,88m) (**Ciancio et al., 2007; Mitsopoulos et Dimitrakopoulos 2007; Prévosto et al., 2009**). Les paramètres dendrométriques reflètent la situation climatique défavorable à la croissance annuelle des arbres du pin d'Alep dans notre région (**Kadik, 1983**). Selon **Sanchez-Salguero et al. (2010)**, ce retard dans la hauteur totale des arbres peut refléter un stress hydrique des arbres où les populations d'extrême sud sont exposées à des sécheresses prolongées. Ce retard peut être aussi le reflet de l'état de santé de notre peuplement (**Guit et al., 2016**).

Tableau 36: Traits dendrométriques des pinèdes dans différentes régions du pourtour méditerranéen, circonférence

Région		CR (cm)	HT (m)
Présent travail, Djelfa, Algérie	Senalba Gharbi	137,00	9,32
	Senalba Chergui	90,00	12,24
	Djellal Chergui	106,00	8,74
Senalba Chergui Algérie (Guit et al., 2015)		96,13	13,50
Senalba Gharbi Algérie (Guit et al., 2015)		120,15	10,69
Khenchela, Algérie (Bentouati et Bariteau, 2005)		104,24	14,20

Tunis (Sghaier, 2002)	46,90	8,9
Sud de la France (Nicault et al., 2001)	95,75	21,88
Sud-est de l'Espagne (Sánchez-Salguero et al., 2010)	50,71	6,50
Kassandra peninsula, Nd de Grèce (Mitsopoulos et Dimitrakopoulos, 2007)	90,75	13,2
Italy (Ciancio et al., 2007)	108,72	14,70

Autre facteur qui peut influencer d'une façon indirecte la caractérisation morphologique des pinèdes, le gradient altitudinal. Ce dernier joue un rôle important dans la répartition des tranches de précipitations, considérées aussi comme un facteur limitant de la croissance annuelle de pin d'Alep. Selon **Seltzer (1946)** et **Abdessmed (1981)**, les précipitations augmentent de 40mm pour 100m d'altitude dans la région de l'Atlas saharien. Selon ce coefficient de correction, la forêt de Senalba Gharbi avec une altitude moyenne de 1536m peut recevoir 465mm, la forêt de Senalba Chergui avec une altitude moyenne de 1364m peut recevoir une tranche de 397mm de précipitations. Par contre, dans le cas de la forêt de Djellal Chergui où le pin d'Alep est situé à une altitude moyenne plus basse (987m), la pluviométrie a été relativement faible (246mm) (Tab.37).

Tableau 37: Altitudes et indices climatiques des forêts étudiées (Senalba Gharbi, Senalba Chergui et Djellal Chergui), les indices climatiques ont été calculés selon les coefficients de corrections présentées par **Seltzer (1946)** et **Abdessmed (1981)**.

Forêts	Altitude (m)	Précipitation corrigée (mm)	Q2	Indice d'aridité
Senalba Gharbi	1536	465,4	47,5	3,14
Senalba Chergui	1364	396,6	40,5	2,68
Djellal Chergui	987	245,8	25,1	1,66

Les résultats de la biodiversité de l'entomofaune montrent une différence de la biodiversité entre les trois forêts. Cette différence peut être attribuée à la variation du gradient spatial (altitude), du gradient climatique et/ou édaphique (**Gimaret-Carpentier, 1999**). Cette variation peut refléter aussi un stress hydrique auquel les peuplements d'extrême sud sont exposés à des sécheresses prolongées (Senalba Gharbi et Djellal Chergui) (**Candau, 2008**).

Dans notre inventaire, les coléoptères ont été représentés par la richesse la plus importante, idem pour toutes les régions du monde, cet ordre se caractérise par un mode de vie très diversifié (**Leraut, 2003**).

Nos résultats ont été comparables aux inventaires réalisés dans le même étage bioclimatique semi-aride des hauts plateaux de la forêt de chêne vert de Sétif (**Bénia, 2010**). 78 espèces inventoriées dans une forêt du pin d'Alep à Tlemcen (Nord-ouest Algérien) (**Nichane et al., 2013**). **Souttou et al., (2011)** ont cité un total de 64 espèces récoltées dans la même région de Djelfa à une forêt de Sehary Guebly, on note dans leur inventaire la dominance des Hyménoptères avec 28 espèces identifiées et les Coléoptères occupent la deuxième place. Concernant l'étage bioclimatique humide, **Marchesi et al. (2005)** ont inventorié 100 espèces appartenant seulement à l'ordre des Lépidoptères et 80 espèces des Coléoptères dans une région humide en Suisse. Dans les subéraies d'El-Kala, **Ghanem (2014)** a dénombré 110 espèces, l'ordre des coléoptères occupe à lui seul la première position par 68 espèces. **Daas (2015)**, a obtenu des résultats comparables à nos résultats, enregistrant 83 espèces identifiées avec 41 espèces des coléoptères dans la forêt des subéraies subhumide. Nos résultats sont comparables aussi avec les résultats d'**Arahou (2008)** en Maroc, où l'ordre des Coléoptères est toujours en premier rang avec environ 70% de l'entomofaune globale. Pour **Tchibozo (2004)** au Bénin, 231 espèces ont été dénombrées. Les Lépidoptères occupent la première place cette fois, suivie par l'ordre des Coléoptères représenté par 39 espèces (Tab.38).

Tableau 38: Richesse des Coléoptères, des Hyménoptères et des Lépidoptères des forêts du monde.

Région	Bioclimat	Coléoptères	Hyménoptères	Lépidoptères	Référence
Djelfa (Algérie)	Semi-aride	19	28	-	Souttou et al., 2011
Stif (Algérie)	Semi-aride	57	35	13	Bénia, 2010
Telemcen (Algérie)	Semi-aride	39	06	06	Nichane et al., 2013
Souk-Ahras (Algérie)	Subhumide	41	5	5	Daas, 2015
Maroc	Subhumide	200	-	-	Arahou, 2008
Bénin	Subhumide	39	20	231	Tchibozo, 2004
El-Kala (Algérie)	Humide	68	2	15	Ghanem, 2014
Sion, Valais (Suisse)	Humide	80	53	100	Marchesi et al. 2005

Plusieurs facteurs interviennent dans la variation de la richesse entomologique. Les conditions climatiques surtout la température et la précipitation, sont considérées comme les facteurs limitants. Ils exercent une action cinétique sur les fonctions physiologiques et les réactions comportementales des insectes (**Candau, 2008**). L'augmentation de la température peut aussi avoir des effets négatifs sur l'adaptation des espèces à des environnements froids (**Battisti, 2005**) tandis que d'autres espèces peuvent changer leurs aires de répartition naturelle (**Davis, 1989**).

Dans la littérature (**Roques, 1983; Benjamaa et Roque, 1999; El-Alaoui et al., 2013**), les insectes associés aux cônes et aux graines ont fait l'objet de plusieurs travaux qui restent incomplets. L'intérêt de ces travaux s'est porté essentiellement sur les espèces affectant la production semencière de plusieurs essences des conifères (les conophytes et les phytophages) (**Turgeon et al., 1994**). Citant les travaux de **Roques (1983)** et **Dormont et al. (1996)** au sud de la France, **Roque et al., (1999)** en Grèce et les travaux de **Cadieux (2010)** au Canada. Aussi, en Afrique du Nord, des études ont été réalisées, nous citons le travail d'**El-Alaoui et Roques (2005)** et **El-Alaoui et al., (2013)** au Maroc, de **Benjamaa et Roque (1999)** en Tunisie et de **Bouaziz et Roque (2006)** en Algérie. Tandis que plusieurs espèces saproxylophages, parasitoïdes, prédateurs et détritivores n'ont pas été inventoriées ou étudiées (**Cadieux, 2010**).

La plupart des espèces ont été récoltées chez les cônes de pin d'Alep des deux forêts (Senalba Chergui et Djellal Chergui) sont presque les mêmes espèces. Pendant les deux saisons de l'automne et l'hiver, nous avons enregistré la majorité des espèces recensées. À la saison d'automne (la fin d'octobre), le cône va s'ouvrir pour la dissémination des graines (**Bouguenna, 2011**) et selon **Roques (1983,1991)**, les espèces conophytes et hétéroconophytes attaquent généralement les cônes au cours de cette période; pour les espèces xylophages, elles attaquent les cônes au cours de la période de lignification des écailles (**Roques, 1983; 1991**). Ainsi, une seule espèce xylophage a été identifiée chez les cônes au cours de notre inventaire (*Acmaeodera bipunctata*, Coléoptère Buprestidae), cette espèce est spécialiste des arbres déficients ou morts. Les adultes consomment les feuilles des arbres qui hébergent leurs larves et sont capables de se nourrir du bois et surtout des écailles des cônes (**El Alaoui et Roques, 2005; Benjamin, 2002**). Ce qui peut expliquer la présence des trous sur les cônes récoltés dans notre région.

Selon **Stadnitskiy (1971)** et **Roques (1991)**, les interactions insectes-cône déterminent deux grandes catégories d'insectes. La première catégorie est celle des conophytes; des insectes qui se nourrissent des cônes et leur développement est obligatoirement lié à la présence des graines de cônes. La deuxième catégorie est celle des insectes Hétéroconophytes c'est-à-dire des insectes qui se nourrissent ou se développent dans d'autres habitats (feuillage, les troncs, les rameaux, etc....), mais peuvent se nourrir ou se développer sur des cônes lorsqu'ils sont disponibles (**Hedlin 1967 ; Scurlock et al., 1982 ; Turgeon et al., 1994; Turgeon et al., 2005**). Notre étude inclut deux espèces Spermatophages : *Orsillus* sp. (Hétéroptère : Lygaeidae) et *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptère : Liposcelididae); les espèces du genre *Orsillus* affectent généralement la régénération de plusieurs conifères (**Roque et al., 1999 ; Nichane, 2015**), ce genre comprend des ravageurs responsables de dégât des graines et de 40% de diminution de régénération (**Roque et al., 1999**). Ce sont des espèces spermatophages, qui se nourrissent directement des graines des cônes (**El Alaoui et Roques, 2005**). Avec un nombre remarquable de *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera : Liposcelididae). Cette espèce peut causer des dégâts importants sur des produits stockés tels que les grains, et son statut de ravageur aux États-Unis a augmenté au cours de la dernière décennie (**Chao Liu et Long Liu, 2014**).

Le dépérissement des forêts est un processus faisant intervenir de multiples facteurs de stress de nature biotique ou abiotique qui agissent de façon consécutive ou concomitante (**Nageleisen, 2005**). Le même auteur ajoute que le 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. **Landmann et al, (1987)** ont confirmé, à travers une étude réalisée sur le sapin, que ce phénomène est généralement aperçu par deux symptômes macroscopiques ; la défoliation et le jaunissement du feuillage. La défoliation et la décoloration sont des indicateurs principaux, retenus pour l'estimation des dégâts. Les forêts de pin d'Alep sont concernées aussi par ce phénomène depuis plusieurs années (**Mirault et Regad, 1992**).

Après une surveillance de trois années (2013, 2014 et 2015) dans les trois forêts étudiées de Djelfa, il a été constaté une perturbation de l'état sanitaire général des forêts, puisque l'indice de dépérissement qui exprime d'une façon directe l'état sanitaire du peuplement a augmenté d'une année à l'autre avec une augmentation du taux de défoliation. Le pin d'Alep se caractérise par des aiguilles persistantes plus sensibles au dépérissement que

les autres espèces à feuilles caduques, puisque sa cuticule n'est pas encore suffisamment développée pour protéger efficacement les tissus foliaires d'une éventuelle agression (**Pérez-Contreras et al, 2014**).

Les résultats indiquent que la forêt de Djellal Chergui a enregistré l'état sanitaire le plus dégradé, elle a présenté un début de dépérissement au cours de l'année de 2013, mais passe à un dépérissement assez grave en 2015, avec une augmentation de la perte foliaire importante qui atteint 84% en 2015. La forêt de Senalba Chergui a enregistré un état sanitaire moins dégradé et elle a présenté un début de dépérissement au cours des trois années d'étude. Contrairement, la forêt de Senalba Gharbi qui a enregistré un bon état sanitaire durant l'année 2013 avec un début de dépérissement au niveau des peuplements en 2015 avec une faible défoliation du houppier.

Parmi les facteurs de dépérissement, les facteurs stationnels (la latitude et l'altitude) où les conditions moins favorables peuvent faire varier l'état de santé entre les peuplements étudiés, le peuplement dégradé de Djellal chergui se trouve sur les limites méridionales de la distribution de pin d'Alep et le chêne vert (**Guit et al., 2015**). Où, l'accroissement de la durée et de la sévérité des sécheresses estivales conduisent à un stress hydrique des arbres du peuplement atteints qui a été considéré comme la principale cause de la fluctuation de l'état de santé du peuplement de pin d'Alep (**Sánchez-Salguero et al., 2010**). Ainsi que **Dobbertin et al., (2005)** ont démontré la relation entre le taux de mortalité de pin Sylvestre et l'altitude, qui a été négativement significative, le taux de mortalité des pins a été plus élevés dans une altitude au-dessous de 1100m que ci-dessus.

Le climat en particulier la température et la précipitation ont été aussi des facteurs considérables et importantes de la vitalité des forêts méditerranéennes du groupe *Pinus halepensis*, et *quercus ilex*, mais ce facteur est variable aussi selon la situation stationnelle (altitude), chaque 100 m d'altitude conduit à l'augmentation de 40mm de précipitation et une baisse de 0,4 °C de la température minimale dans notre cas (**Seltzer, 1946**). Effectivement, notre forêt est située dans un étage bioclimatique semi-aride à hiver froid et été chaud et sec avec un indice d'aridité relativement élevé (12,93). Les grands froids ou les grandes sécheresses ont des conséquences directes sur l'essence mais ils favorisent souvent l'intervention de facteur biotique tel que les parasites entomologiques ou pathologiques

aggravants, surtout les insectes ravageur et les champignons et parfois les bactéries ou les virus (**Mirault et Regad, 1992**).

L'incidence des facteurs pathologiques est souvent moins spectaculaire que les attaques de ravageurs forestiers tels que la processionnaire du pin. Pourtant à moyen terme, ils peuvent constituer des facteurs limitants plus préoccupants (**Mirault et Regad, 1992**). Parmi ces facteurs pathologiques, on a pu relever la présence de rouilles d'origine fongique sur nos arbres échantillonnés dont le taux a augmenté d'une année à une autre. Cette maladie s'attaque aux conifères et peut causer une croissance anormale des branches et même entraîner la mort de l'arbre (**Schnell, 2014**).

Les trous d'insectes xylophages présents sur les troncs des arbres du pin d'Alep sont généralement causés par des scolytes tels que *Tomicus destruens*, *Tomicus minor* (**Chakali, 2007**). Les dégâts causés par *Tomicus destruens*, appelé aussi l'hylésine destructeur, peuvent conduire au dépérissement et à la mort des arbres. Bien qu'il s'attaque généralement aux arbres abattus ou blessés, il peut devenir épidémique suite à des périodes de sécheresses successives et se porter sur des arbres apparemment sains (**Mirault et Regad, 1992 ; Chakali, 2007**).

L'action de l'homme sur les trois forêts de Djelfa se traduit par l'augmentation des blessures sur les troncs des arbres d'une année à une autre. Les forêts de Djelfa connaissent également un surpâturage qui, selon **Alaoui et al. (2011)** peut jouer un rôle important dans le déséquilibre et la dégradation des peuplements. Mais aussi peut présenter des avantages pour le fonctionnement de l'écosystème des pineraies, le broutage de la végétation du sous-étage par les animaux facilitant la décomposition et contribuant ainsi au recyclage et à une circulation plus rapide des éléments nutritifs. Cependant, le piétinement peut réduire la régénération et la croissance des jeunes pousses (**Kadik, 1983**).

En outre, nous avons observé des facteurs entomologiques aux forêts étudiées qui peuvent provoquer des problèmes sanitaires chez le chêne vert et le pin d'Alep; des attaques des larves de *Curculio* sp. et de *Cydia fagiglandana* ravageurs carpophages des glands de chêne vert avec des attaques des galles sur les feuilles d'une même essence et une présence d'infestation de la chenille processionnaire du pin, un ravageur désolatrice de houppier de pin

d'Alep. Les facteurs entomologiques ne représentent pas un facteur limitant pour le Pin d'Alep et le chêne vert, mais peuvent périodiquement et localement affaiblir les peuplements **(Mirault et Regad, 1992)**.

La dissection des glands de chêne vert des trois forêts nous a permis de distinguer deux espèces différentes de carpophages dont un Coléoptère *Curculio* sp., un Lépidoptère *Cydia fagiglandana* avec une dominance de l'infestation des glands par le charançon de *Curculio* sp. sur le parasite Lépidoptère. Nos résultats ont été semblables avec ceux qu'ont été réalisés en Europe, où les entomologistes ont enregistré une forte infestation des glands par le charançon de *Curculio* sp que le Lépidoptère de *Cydia fagiglandana* **(Fukumoto et Kajimura, 2000 ; Villagrán et al. 2002; Jiménez et al., 2006)**.

Les glands sont un micro-habitat spécial de plusieurs espèces d'insectes. Ces derniers peuvent être des agents déclencheurs de la dégradation des glands **(Dajoz, 1999)**. En Algérie, les charançons du genre de *Curculio* et les tordeuses de genre de *Cydia* sont souvent les espèces les plus dominantes chez les glands des différents chênaies infestées, elles ont été signalée dans divers inventaires réalisés dans les chênaies d'Algérie **(Chakali et al., 2002; Benia, 2014 ; Daas, 2015)**. A l'ouest du pays les glands sont attaqués par *Curculio* sp. et *Cydia splendana* avec deux autres espèces de Tortricidae : *Eudonia angustea* et *Euzophera* sp., qui semblent nouvelles pour la faune d'Algérie **(Bouhraoua, 2003)**. Au nord-est algérien, **Daas (2015)**, a aperçu aussi *Cydia fagiglandana*, *Cydia splendana*, *Curculio* sp. chez le chêne liège. **Chakali et al., (2002)** ont trouvé deux espèces : *Cydia fagiglandana* et *Curculio elepha* chez plusieurs espèces de chênaies algériennes. En outre, une autre espèce de coléoptère *Balaninus* sp. a été signalé dans le nord-est algérien chez le chêne liège par **Adjami et al. (2013)**. Dans d'autres régions de la Méditerranée, nous avons remarqué les mêmes espèces ; en Espagne, *Cydia fagiglandana* et *Curculio elepha* ont été citées aussi chez les glands de chêne vert **(Villagrán et al. 2002 ; Jiménez et al., 2006)**.

Ces ravageurs peuvent empêcher la germination des glands, qui se reflète par une régression de la régénération naturelle des chênaies **(Chakali et al., 2002; Gómez, 2004)**. Le charançon *Curculio* sp. qui pénètre à l'intérieure du gland pour pondre ces œufs, peut par la suite introduit des infections des champignons. Dans le cas des lépidoptères, la ponte se fait

dans les feuilles, ensuite les larves se développent dans le gland. Ce qui peut détruire l'embryon contenu dans le gland (**Branco et al., 2002; Bouchaour-Djabeur et al., 2011**).

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**). En plus, la consommation de l'endosperme par les insectes induit probablement une diminution de la vitesse de germination (**Fukumoto et Kajimura, 2000; Branco et al., 2002; Hou et al. 2010**). Selon **Fukumoto et Kajimura (2000)**, les glands endommagés par le charançon ont montré un taux de germination significativement plus bas que ceux attaqués par le Lépidoptère du genre *Cydia*.

Un autre type d'infestation des essences forestières distingué dans cette étude, les galles observées chez le chêne vert dans les trois forêts de notre région semi-aride de Djelfa. Nous avons récolté 7 espèces gallicoles ; 3 espèces des Cecidomyiidae et 3 espèces des Cynipidae. Ainsi, une seule espèce de la famille des Eriophyidae. Les galles ou cécidies sont des structures anormales déformantes des végétaux pouvant affecter aussi bien les feuilles, pédoncules, bourgeons et chatons que les rameaux, racines, radicelles et fruits (**Pujade-Villar, 1991**). Les plantes hôtes choisies ainsi que les organes sont très souvent spécifiques. Toutefois, les chênes les plus attaqués n'atteignant guère leur vigueur (**Dajoz, 1980**). Les groupes de galles les plus importants sont des cécidomyies (Diptères : Cecidomyiidae) et des guêpes gallicoles (Hyménoptères : Cynipidae) (**Skuhrava, et Skuhavy, 2009; Pujade-Villar et al., 2012**).

La famille des Cecidomyiidae: appelé aussi des cécidomyies appartiennent à l'une des familles les plus riches en espèces de diptères. **Gagné (2004)** a donné 5451 espèces et 598 genres de moucheron vivants et fossiles galle dans le monde. Environ 1700 espèces de 270 genres se produisent en Europe (**Skuhravá et al, 2006**). Les Cecidomyiidae incluent les espèces phytophages, zoophage ou mycophages. Beaucoup de larves phytophages sont responsables biliaires induisant des galles sur diverses plantes (**Skuhrava et Skuhavy, 2009**), mais certains vivent libres sur les plantes, sans faire de galles. Certaines espèces sont phytophages graves ravageurs des plantes cultivées et des arbres de la forêt, mais, d'autre

part, plusieurs espèces phytophages sont utilisés dans la lutte biologique contre les mauvaises herbes (Skuhrová et al., 1984, 2006 ; Gagné, 1989 ; 1994; Harris, 1994 ; 2004).

Dryomyia lichtensteini provoque des galles en forme de petites bourses ovoïdes, sur la face inférieure des feuilles du chêne vert (*Q. ilex*) et aussi du chêne liège (*Q. suber*) (Skuhrova et al., 2006). Elles ont une seule génération par année et les larves hivernent dans la galle au lieu de tomber sur le sol (Lurdes Inácio et al., 2002). Malgré que tous les arbres adultes de nos forêts présentaient une attaque très élevée de *D. lichtensteini* avec pratiquement toutes les feuilles couvertes par de nombreuses petites galles, mais il n'y aucune influence sur la vitalité générale des forêts (Skuhrová et Skuhravy, 2004). C'est une espèce connue dans toutes les forêts en Algérie, elle a été signalée par Benia (2011) sur le chêne vert dans les forêts de Sétif et Daas (2015) sur le chêne liège (*Q. suber*) dans les forêts de l'est Algérien.

La deuxième espèce est *Contarinia ilicis* : les larves se développent dans des petites galles coniques sur les feuilles du chêne vert avec une seule génération qui se développe pendant une année, cette espèce est associé aussi à *Quercus coccifera* (Lurdes Inácio et al., 2002).

Phyllodiplosis cocciferae a été notée pour notre étude sur le chêne vert qui provoque des galles en forme de cône sur les bourgeons. *D. lichtensteinii* et *P. cocciferae*, sont des espèces les plus fréquentes sur le peuplement des chênes (Skuhrova et Skuhravy, 2009).

Dans cette étude trois espèces des Cynipidae ont été signalées aussi chez le chêne vert, toutes les espèces appartenant au genre *Plagiotrochus* (*P. coriaceus*, *P. panteli* et *P. quercusilicis*). Les cynipidés (guêpes gallicoles) ont été estimé à 86% de ces guêpes gallicoles se produisent sur *Quercus* constituent plus ou moins cent trente espèces en Europe réparties inégalement sur la section *Quercus* et la section *Cerris* (Houard, 1912; Askew, 1984; Inácio et al., 2002). En Algérie quinze espèces sont citées sur *Q. faginea* (section *Quercus*) et huit sur *Q. ilex*, *Q. coccifera* et *Q. suber* (section *Cerris*). Le genre *Plagiotrochus* en Algérie est constituée de neuf espèces (Benia et al., 2010; Pujade-Villar et al., 2012).

Plagiotrochus coriaceus, forme des galles sur les feuilles de *Q. ilex* et *Q. coccifera*. *P. quercusilicis*, forme des galles sur les feuilles et les chatons de *Q. ilex* et *Q. coccifera* en forme des boules (Pujade-Villar et al., 2012). Les deux sont des espèces les plus communes du

genre *Plagiotrochus* sur le *Q.ilex*. Elles sont distribuées sur toute la zone circumméditerranéenne (**Pujade-Villar et al., 2002**). Elles sont aussi des espèces connues en Algérie depuis longtemps (**Dalla Torre et Kieffer, 1910; Houard, 1912**).

Nous avons trouvés aussi *Plagiotrochus panteli*, une espèce habituelle dans les rameaux de *Q. ilex* en forme sexuée. Cette espèce est citée pour la première fois en Algérie ce qui augmente après notre étude le nombre d'espèces de *Plagiotrochus* à dix (**Bénia et al., 2004**). Cette espèce est moins étudiée et presque déterminée dans les chênes de la France et de l'Espagne (**Pujade-Villar, 1991**). La distribution la plus probable de *P. Panteli* est la zone circumméditerranéenne (**Pujade-Villar et al, 2002**).

Nous avons enregistré pour cette étude aussi une seule espèce d'Acarien, *Aceria ilicis* appartienne à la famille des Eriophyidae. La galle *A. ilicis* est un acarien de la vésicule qui se nourrit des feuilles de *Q. ilex*. Il est probable que *A. ilicis* se produit dans la plupart des pays où se trouve son hôte majeur (*Q. ilex*). Cet acarien traduit des galles par leurs poils à la face inférieure des feuilles (**Stork et Wüest, 1996**). L'alimentation des acariens ériophyoïdes à la surface des feuilles peut entraîner une hyperplasie des trichomes des feuilles. Dans de nombreux cas, l'hyperplasie provoquant une coloration rouge-brun (**Karioti et al., 2010**). Les arbres atteints ne sont pas gravement endommagés par *A. ilicis*, mais leur valeur esthétique peut être réduite (**Stork et Wüest, 1996**).

L'état de santé du pin d'Alep a été essentiellement lié à la chenille processionnaire son principal ravageur le plus redoutable (**Hóðar et al., 2003**), qui se nourrit des aiguilles à différents stades et provoque une défoliation considérable (**Arnaldo et al., 2010 ; Cardil et al., 2017**) qui affaiblie les arbres attaqués et peut perturber sa croissance et peut même conduire à la mort des arbres (**Mirault et Regad, 1992 ; Sbabdji et al., 2015**).

Le taux d'infestation du pin d'Alep par la chenille processionnaire de la région semi-aride de Djelfa, a été largement plus faible par rapport aux peuplements des pins de l'Europe (Tab.39) notamment dans les plantations de pin maritime du parc naturel régional des Landes de Gascogne en France sur les côtes atlantiques (**Régolini et al., 2014**), et plus faible aussi par rapport aux pinèdes de la Catalogne (**Cardil et al., 2017**) et les pinèdes du sud de l'Espagne sur les côtes méditerranéennes (**Pérez-Contreras et al., 2014**). Il a été plus faible encore par

rapport au peuplement du pin noir de la forêt de Bartin sur la Mer noire en Turquie (**Durkaya et al., 2009**). Il semble que le climat subhumide à hiver doux est le plus favorable pour l'infestation des arbres de conifères par la chenille processionnaire, notamment dans les forêts de la Turquie et de l'Espagne (37,29 à 64,43% ; Tab.39), qui se trouvent dans le centre latitudinal de la région Méditerranéenne. Par contre, dans ses limites Nord (France 14,86%), et dans ses limites sud (Algérie 7,82%), le taux d'infestation tend à diminuer. Le climat qui constitue un facteur limitant pour la croissance des conifères (**Nicault et al., 2001**), présente un effet complexe sur l'ajustement de la chenille processionnaire (**Robinet et al., 2015**).

Tableau 39: Taux d'infestation (TI) et densité des nids (D) de la chenille processionnaire par arbre des conifères du pourtour méditerranéen.

Pays	Région (ville)		Climat (Emberger)	TI	D	Auteurs
France	Landes de Gascogne		Humide à hiver doux	14,86	1,36	Régolini et al., 2014
Italie	Campobasso, Molise		Subhumide à hiver frais	-	2,88	Colacci et al., 2017
Espagne	Lleida, Catalogne		Subhumide à hiver doux	65,43	3,40	Cardil et al., 2017
	Mora de Rubielos		Subhumide à hiver froid	-	3,00	Palacio et al., 2012
	Hoya de Guadix		Semi-aride à hiver frais	55,62	3,18	Pérez-Contreras et al. 2014
Turquie	Kahramanmaras District		Subhumide à hiver froid	-	5,75	Kanat et al., 2005
	Bartin		Humide à hiver doux	37,29	-	Durkaya et al., 2009
Algérie	Chrèa		Subhumide à hiver doux	-	5,96	Sbabdji et al., 2009
	Bordj Bou Arreridj		Semi-aride à hiver froid et été sec	-	1,60	Ziouche et al., 2017
	Djelfa	Reboisement		-	2,60	Zaamoum et al., 2016
				-	1,43	Bachir et al., 2017
				-	0,37	Bachir et al., 2017
		Forêt naturelle		7,82	2,74	Présent travail

L'infestation du pin d'Alep de notre région par la chenille processionnaire, a été variable d'une année à une autre. Le taux le plus élevé (14,72%) a été enregistré en 2013-14, une année relativement plus humide avec un hiver plus chaud, ce qui témoigne que la prévalence de la chenille est étroitement liée aux conditions climatiques notamment la température (**Battisti et al., 2005; Rouault et al., 2006**), en plus de l'affinité de la chenille pour l'espèce hôte (**Pérez-Contreras et al., 2014**).

De plus, les pinèdes de notre région se trouvent sur la bordure sud de la Méditerranée exposées aux influences climatiques du désert (canicules et vent de sirocco en été). Elles sont de plus en plus isolées dans les hauteurs où les conditions climatiques sont moins favorables que l'aire optimale (**Guit et al., 2015**). D'après **Jacquet et al. (2012)**, la densité de la chenille processionnaire par arbre baisse avec l'altitude. Effectivement, la densité des nids par arbre dans nos forêts semi-arides a été plus faible (0,37 à 2,74 nids/arbre) par rapport à la cédraie de Chréa au Nord de l'Algérie (5,96 nids/arbre) sous un climat subhumide (**Sbabdji et al., 2009**). Elle a été également plus faible que celles des pinèdes du centre de la Méditerranée (2,88 à 5,75 nids/arbre) et comparable aux pinèdes du sud de la France (1,36 nids/arbre) (Tab.40). Ainsi, il semble que la densité de la chenille processionnaire est plus élevée dans le centre de la région méditerranéenne par rapport aux forêts des extrêmes limites nord et sud. La synthèse du Tableau 40 montre que la chenille processionnaire présente une large adaptation climatique; depuis l'étage bioclimatique semi-aride dans le sud jusqu'à l'étage humide dans le nord de ses aires de répartition, et depuis les basses pinèdes côtières à hiver doux jusqu'aux pinèdes d'altitude à hiver froid.

En plus des gradients latitudinal et altitudinal, la densité des arbres et la diversité des essences forestières peuvent faire varier le taux d'infestation et la densité de la chenille processionnaire avec une préférence des arbres isolés et de crête (**Huchon et Démolin, 1970**), et sur ceux de la périphérie (**Jactel et al., 2015**). Malgré que la chenille processionnaire possède un cycle plus ou moins régulier (7 à 9 ans) dans les régions tempérées (Li et al., 2015), l'augmentation des températures estivales dans la bordure sud, peut prolonger la diapause de plusieurs années (**Huchon et Démolin, 1970**), ce qui peut expliquer la variation interannuelle du taux d'infestation et de la densité de la chenille dans notre région (**Mecheri et al., 2018**).

Dans les parcelles étudiées, le pin d'Alep dominant se trouve dans des altitudes qui oscillent de 900 à 1600 m. Ainsi, l'élévation en altitude dans l'Atlas saharien conduit à une augmentation des précipitations et une baisse de la température (**Djebaili, 1984**), malgré la résistance de la chenille processionnaire à des très basses températures en hiver (**Huchon et Démolin, 1970**). Effectivement, selon **Hoch et al. (2009)** des larves de la chenille processionnaire survivent individuellement à une température de -7°C et peuvent résister jusqu'à -17 °C regroupées dans leurs nids.

L'effet du climat sur la chenille processionnaire reste plus complexe (**Robinet et al., 2015**), il a été montré que la hausse des moyennes de températures minimales durant les mois les plus froids permettait à la chenille de mieux survivre à la limite nord de son aire de distribution et à sa limite altitudinale en Europe, ce qui lui permet de se propager (**Huchon et Démolin, 1970, Robinet et al., 2015**). Les mêmes auteurs indiquent que les températures maximales de l'été peuvent avoir un effet négatif sur la chenille processionnaire.

Les corrélations négatives entre la densité de la chenille et les paramètres dendrométriques pourraient traduire l'effet de celle-ci sur la croissance verticale et horizontale du pin d'Alep et vice-versa, d'où l'impact probable des attaques sur la réduction du rayon du houppier qui recule de 5 cm avec l'augmentation de chaque nid de la chenille processionnaire. Dans ce contexte, **Arnaldo et al. (2010)** rapportent que la baisse de l'accroissement de la biomasse a été liée à l'intensité des attaques, avec des pertes de croissance en volume et en hauteur jusqu'à 31% (**Lemoine, 1977**). De plus, **Carus (2004)** ajoute que la réduction de la croissance radiale de *Pinus brutia* par la chenille processionnaire a été associée au climat.

Le taux d'infestation est également à l'image des efforts d'entretien et d'élimination mécanique des nids de la chenille processionnaire par les services locaux des forêts. Ce qui influencerait le choix des femelles pour l'endroit de la ponte sur les arbres. Il semble dans notre cas que les arbres les plus hauts ou du moins leur première branche est très élevée du sol, présentent moins de nids de la chenille processionnaire. D'après **Huchon et Démolin (1970)**, les femelles gravides effectuent un choix sélectif à l'intérieur du peuplement en comparant le diamètre et la structure des aiguilles. **Pérez-Contreras et al. (2014)**, affirment que le choix des arbres pour la ponte est lié à leur état de santé, et les femelles adultes préfèrent l'extrémité du houppier plus exposée à la lumière pour la ponte. En plus, le choix des femelles est lié à leur taille ; les plus petites sélectionnent les pins les plus courts et les plus grandes choisissent les pins les plus élevés (**Pérez-Contreras et Tierno de Figueroa, 1997**).

En outre, la densité des nids de la chenille processionnaire a été négativement corrélée avec la hauteur de la première branche. Cette relation laisse supposer d'une part, que les arbres les plus hauts et leurs premières branches plus soulevées du sol, échappent considérablement aux papillons gravides au cours de la ponte, qui choisissent les branches les

plus basses (**Pérez-Contreras et Tierno de Figueroa, 1997; Pérez-Contreras et al., 2014**). D'autre part, on peut supposer aussi que ce choix des adultes pour la ponte, puis la pullulation des chenilles à différents stades, conduit probablement ces derniers à définir un profil d'arbre de plus en plus élané.

Les dégâts cycliques de la chenille processionnaire sur le patrimoine écologique et le rendement en bois imposent un programme de contrôle par des produits qui respectent l'équilibre écologique. Notre essai de lutte contre la chenille processionnaire a impliqué deux stades larvaires traités par trois produits d'origine végétale (*Citrullus colocynthis* et *Ricinus communis*). Les résultats ont montré que les larves du 2^{ème} stade enregistrent une forte mortalité que les larves de 3^{ème} stade. Les deux produits végétaux ont enregistré une efficacité des extraits des feuilles de *Ricinus communis* et des fruits de *Citrullus colocynthis* par rapport à l'extrait des graines de *R. communis*.

Malgré la différence des procédés d'extraction et la nature chimique des bio-insecticides utilisés contre la chenille, la CL50 de nos extraits a été comparable à celles des extraits issus par hydro-distillation de *Citrus aurantium* avec une CL50=5.30 g/l et de l'*Origanum onites* avec une CL50=2.88 g/l (**Cetin et al., 2006**). Par contre, elle a été relativement plus élevée par rapport à celle des larves traitées par les produits chimiques tel que l'Endosulfan avec une CL50=1.68mg/l (**Kalender et al., 2005**), un organochloré très nocif et interdit dans plusieurs pays (**Kara-Peketi et al., 2009**). Plus élevée aussi par rapport aux larves de la chenille processionnaires traitées par les produits d'origine microbienne comme le Spinosad avec une CL50=3.26mg/l (**Semiz et al. 2006**) et le *Bacillus thuringiensis* avec une CL50=1.89mg/l (**Kubilay et al., 2007**), des insecticides relativement plus chers dans le cas de la pulvérisation des grandes surfaces forestières.

La CL50 et CL90 des larves traitées a diminué avec l'augmentation de la durée d'exposition, et la mortalité a été liée à la concentration. Aucun produit testé sur la chenille processionnaire n'a donné un effet immédiat (24h) sur les larves (**Cetin et al., 2006 ; 2007 ; Semiz et al., 2006 ; Kubilay et al., 2007**). Dans le cas de nos extraits, uniquement les extraits des graines du *R. communis* ont dépassées 50% de mortalité avec la concentration de 5g/l après 72h chez les larves L2. A la même concentration, **Cetin et al., (2007)** ont noté un taux de mortalité de 30% après 92h pour l'extrait de l'*Origanum onites* issus par hydro-distillation. Cependant, nous avons noté un retard de l'effet des trois extraits chez les larves

L3, des deux extraits de *R. communis* qui ont dépassé 50% de mortalité après le 72h avec la plus forte concentration de 50g/l. Selon **Démolin et Millet (1981)**, les deux premiers stades larvaires traduisent une réponse plus favorable pour les produits microbiologiques que les trois derniers stades larvaires. Les extraits aqueux des fruits de *C. colocynthis* et les feuilles de *R. communis* ont présenté un effet comparable durant toute la période d'exposition au deuxième stade larvaire. Il sera intéressant de tester l'effet insecticide du cocktail de ces deux extraits. Ainsi, d'étudier le site d'action (système nerveux, musculaire, digestif ou respiratoire) afin de mieux adapter la concentration, la durée et la période du traitement selon le stade phénologique du ravageur. Selon **Kubilay et al., (2007)**, les stades les plus matures de la chenille (à partir de L4) sont les plus résistants et nécessitent des concentrations plus élevées pour une mortalité acceptable. La chenille présente une phase vulnérable entre l'éclosion et la formation du nid qui dure entre 30 à 45 jours (**Huchon et Demolin, 1970**). En plus, **Demolin et Millet (1981)** ont signalé que l'activité de Dimilin (Diflubenzuron) ingérés, agit comme inhibiteur de la mue par une action sur la synthèse de la cuticule.

L'extrait de produits naturels sera orienté à l'application commerciale uniquement s'ils sont abondants dans la nature, pas chères et faciles à extraire (**Filly et al., 2014**). C'est le cas des feuilles du *R. communis* dont le rendement et l'efficacité sont plus importants que ceux des graines. De même pour les fruits de *C. colocynthis*, disponibles dans la nature et faciles à cultiver. De part leur large utilisation médicale (**Scarpa et Guerci, 1982 ; Nmila et al., 2000 ; Al-Ghaithi et al., 2004 ; Maerzouk et al., 2011**), les extraits de végétaux peuvent être considérés comme ayant des effets nocifs limités sur la santé humaine que la plupart des pesticides conventionnels (**Erler et al., 2010**).

Tableau 40: Concentrations létales des produits chimiques et d'origines biologiques (bactéries, champignons et extraits de plantes) sur les larves du genre *Thaumetopoea*.

Insecticides	Produits utilisés	Espèces	CL50 g/l	Auteurs
Chimique	Endosulfan	<i>T. pityocampa</i>	1,68/10 ³	Kalender et al.2005
Bactéries	Spinosad	<i>T.wilkinsoni</i>	3,26/10 ³	Gurkan et al., 2006
	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>T.solitaria</i>	1,89/10 ³	Kubilay et al. 2007
Extraits de plantes	<i>Citrus aurentium</i>	<i>T. wilkinsoni</i>	5,30	Cetin et al., 2006
	<i>Origanum onites</i>		2,88	
	<i>Origanum onites</i>		3,80	
	<i>Citrullus colocynthis</i>	<i>T.pityocampa</i> (L2)	3,00	Présent travail
	<i>Ricinus communis</i> (feuilles)		3,26	
	<i>Ricinus communis</i> (graine)		4,27	
	<i>Citrullus colocynthis</i>	<i>T.pityocampa</i> (L3)	5,00	
	<i>Ricinus communis</i> (feuilles)		3,53	
	<i>Ricinus communis</i> (graine)		5,39	

Conclusion

Cette étude nous a permis de mener une analyse comparative de l'état de santé et des paramètres dendrométrique de trois forêts issues d'une région semi-aride localisée sur la bordure sud des aires de distribution du pin d'Alep et du chêne vert. Nous avons pu également évaluer la biodiversité de l'entomofaune, caractériser les principaux ravageurs et tester des produits insecticides d'origine végétale sur le principal ravageur qui a été dans notre cas la chenille processionnaire du pin.

La forêt de Senalba Gharbi est située dans une altitude plus haute (1536m) avec un climat plus favorable pour les arbres (plus forte précipitation et plus basse température) et avec une faible densité des arbres. Elle se caractérise aussi par des sujets plus âgés (grande longévité), avec une hauteur importante et un rayon du houppier plus large. L'indice de dépérissement a indiqué un bon état de santé et moins de défoliation par rapport aux autres forêts étudiées. Cependant, elle abrite une faible biodiversité de l'entomofaune (45 espèces d'insectes). L'infestation par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) a été plus faible dans cette forêt.

La forêt de Senalba Chergui se caractérise par des peuplements jeunes, denses, plus hauts avec des houppiers relativement moyens, elle a été située dans une l'altitude intermédiaire (1364m) par rapport aux autres forêts. Avec des conditions climatiques optimales (climax), une situation qui a permis l'installation d'un cortège d'entomofaune très diversifié avec une richesse totale de 86 espèces. Malgré ces conditions favorables pour les insectes, la forêt de Senalba Chergui connaît une faible dégradation avec une infestation relativement faible de la chenille processionnaire.

Par contre pour la forêt de Djellal Chergui située sur une altitude plus basse (987m), se caractérise par une forêt clairsemée avec des peuplements plus jeunes, des sujets courts et des houppiers relativement rétrécis. Dans cette forêt, l'indice de dépérissement a indiqué une dégradation assez grave et une chute de la vitalité des arbres avec une forte défoliation. Ayant une biodiversité de l'entomofaune considérable, la forêt de Djellal Chergui a enregistré aussi une forte infestation par la chenille processionnaire, cette dernière a été corrélée positivement et significative avec la défoliation des houppiers. Cet état de santé a été probablement la

conséquence d'un climat moins favorable par rapport aux autres forêts (stress hydrique et sécheresse) que subit cette forêt.

La chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) a été le principal ravageur dans les trois forêts étudiées. Le traitement par les trois produits d'origine végétale (extrait des fruits de *Citrullus colocynthis*, extrait des feuilles et des graines de *Ricinus communis*), à deux stades larvaires (L2 et L3), a montré que le stade L3 a été plus résistant que le stade L2.

L'extrait des fruits de *C. colocynthis* et l'extrait des feuilles de *R. communis* ont enregistré les concentrations létales les plus faibles que l'extrait des graines de *R. communis* chez les larves (L2) traitées. Chez les larves L3, les extraits des feuilles de *R. communis* ont dévoilé des concentrations létales moins efficaces par rapport au stade précédent.

A la lumière de ces résultats, plusieurs facteurs peuvent provoquer le dépérissement et l'affaiblissement des peuplements forestiers, mais les conditions climatiques (baisse des précipitations et augmentation de la température) et les conditions stationnelles (gradient altitudinal et latitudinal) restent les facteurs prépondérants qui favorisent l'infestation des forêts par des insectes ravageurs. Pour cela nous proposons les perspectives suivantes :

- Continuer la surveillance de l'état de santé des forêts infestées par la chenille processionnaire durant plusieurs années avec des autres régions de l'Atlas Saharien ;
- Etudier la phénologie complète notamment la diapause prolongée de la chenille processionnaire ;
- Essai de traitement de la chenille par les trois produits précédents *in-situ* (au niveau des forêts infestées) qui permet de définir l'avenir de ces extraits en tant que produits insecticides efficaces ;
- Essai de traitement de la chenille par une combinaison entre les trois produits utilisés.

Les traitements sont recommandés par pulvérisation aux deux premiers stade larvaire (fin-septembre et octobre) là où la chenille processionnaire est encore en phase ambulatoire sur les branches du pin et avant la formation du nid d'hiver qui protège les larves agglomérées contre le traitement.

Références Bibliographiques

- Abbot WS., (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Ent. 18 : 265-267.
- Abdessemed K., (1981).** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*. Manetti) dans les massifs de l'Aures et du Belezma: étude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doctorat. Université d'Aix Marseille. France : 199p.
- Adamou A-E., Khelifi A., Kouidri M., Ouakid M. L., (2008).** Importance des parcelles mises en défens pour la diversité des populations steppiques. Actes du colloque international sur l'Aridoculture : *Optimisation des productions Agricoles et Développement Durable* (Tome 1) : 197-209.
- Adjami Y., (2016).** Étude des facteurs du dépérissement du chêne-liège dans les subéraies de l'Est Algérien. Thèse Doctorat. Université d'Annaba. Algérie : 241p.
- Adjami Y., Daas H., Ghanem R., Ouakid M. L., Pujade-Villar J., (2013).** Effets des attaques d'insectes sur les glands de chêne-liège: Impact sur le pouvoir germinatif.
- Alaoui A., Laaribya S., Gmira N., (2011).** Production, croissance et modèles de conduite sylvicoles des principales essences (le pin maritime et le pin d'Alep) de reboisement au Maroc. Journal of Forestry Faculty 11 : 68 - 84.
- Al-Ghaithi F., El-Ridi M.R., Adeghate E., Amiri M.H., (2004).** Biochemical effects of *Citrullus colocynthis* in normal and diabetic rats. Molecular and cellular biochemistry 261:143-149.
- Ammari Y., Sghaier T., Khaldi A., Garchi S., (2001).** Productivité du pin d'Alep en Tunisie : able d Production. Annales de L'INGREF N° Spécial : 239-246.
- Aouinty B., Oufara S., Mellouki F., Mahari S., (2006).** Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). Biotechnology Agronomic Society Environnement 10:67-71.
- Arahou M., (2008).** Catalogue de l'entomofaune du chêne vert du Moyen Atlas. Maroc. Document de l'Inst. Sci. Rabat : 22.
- Arnaldo P.S., Chacim S., Lopes D., (2010).** Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. iForest 3 :159-162.
- Askew R.R., (1984).** The biology of gall wasps. In: Ananthkrishnan, T.N., ed. Biology of galling insects. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Barbotin : 223-271.
- B.N.E.F., (1983).** Résultats de l'inventaire par série forêt dominale du Séalba Chergui (Wilaya de Djelfa) ; 213p.

- Bachir K., Tail G., Zamoum M., Aci L., Cherif H.S., Saidi F., (2017).** Infestation par *Thaumetopoea pityocampa* Den. et Schiff. Dans deux pineraies de la région de Djelfa (Algérie) et impact de *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea* sur la mortalité et la consommation des larves in vitro. *Revue Agrobiologia*. 2 : 412-426.
- Bakry M. et Abourouh M., (1996).** Nouvelles données sur le dépérissement du chêne-liège. (*Quercus suber* L.) au Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc* 29 : 24-39.
- Barbero M. et Loisel R., (1980).** le chêne vert en région méditerranéenne, *La revue forestière française* 32 (6) : 531-543.
- Barbero M. et Quezel P., (1976).** Les groupements forestiers de Grèce centroméridionale . *Ecologia mediterranea* 2 : 3-86.
- Barbaro M., Loisel R., Quezel P., (1992).** Biogéographie ,ecology and history of méditerranéenne *Quercus ilex* ecosystems .*Vegetatio* 99-100:19-34.
- Barry J.P. et Celles J.C. et Faurel L., (1976).** Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques - Feuille d'Alger au 1/1.000.000., *Soc. Hist. Nat. Nord, Alger* : 42p.
- Battisti A., Stastny M., Netherer S., Robinet C., Schopf A., Roques A., Larsson S., (2005).** Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological Applications*. 15 (6): 2084-2096.
- Belghazi M., Ezzahiri F., Romane F., (2000).** Productivité de peuplements naturels de pin d'Alep (*Pinus halpensis* Miller) dans la forêt de Tamga (haut Atlas, Maroc), *Cahier d'Agriculture*. 9 (1): 39-46.
- Benia F., (2010).** Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse de doctorat d'état de science, Département de biologie, Faculté des sciences, Université de Stif. Algérie : 250p.
- Benia F., Bounechada M., Khelil M.A., (2004).** Le chêne vert (*quercus ilex* l.) et ses ravageurs dans la région de sétif (nord- est algérien). *integrated protection in oakforests*. iobc.bull. 28 (8):111-112.
- Benjamaa M.H. et Hasnaoui B., (1996).** Le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L) en Tunisie.- *Ann. Rech For. Maroc*, numéro spécial 28: 1-10.
- Benjamaa M.L., Roque A., (1999).** Survey of Insect Impact on Seed Cones of Two Species of Cupressaceae, *Cupressus sempervirens* L. and *Tetraclinis articulata* Mast. in Tunisia. *Arab journal of plant protection* 2 : 107-112.
- Benjamin C., (2002).** Notes sur quelques espèces intéressantes de coléoptères rencontrés en Auvergne. *Arvernis* 21-22 : 8-11.

- Bentouati A., Oudjehih B., Alatou D., (2005).** Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'alep (*Pinus halepensis mill.*) dans le massif de ouled-yakoub et des benioudjana (khenchela –aures). Sciences & Technologie 23: 57-62.
- Bentouati A., (2006).** Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du massif d'Ouled Yagoub (Kenchela-Aurès). Thèse Doctorat, Batna, Algérie : 116p.
- Benyacoub S., (1993).** Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord- Est Algérien).thèse de Bourgogne. Dijon : 287p.
- Bonneau M., (2010).** Le nouveau dépérissement» des forêts symptômes, causes possibles importance éventuelle de la nature des sols, Association Française pour l'Etude du Sol 4 : 239-251.
- Bonneau P., (2008).** Mes pièges à insectes. <http://www.insecte.org/photos/archives> : 24p.
- Bouaziz K. et Roque A., (2006).** Biology of the chalcid wasp, *Megastimus wachtli*, and its relationship to colonization of cypress seeds by the tortricid moth, *Pseudococcyx tessulatana*, in Algeria. Journal of insect Science 6 (48):1-16.
- Bouchaour-Djabeur S., Benabdeli K., Bejamaa M.L. et Stiti B., (2011).** Déprédation des glands de chêne liège par les insectes et possibilités de germination et de croissance des semis, Geo-Eco-Trop 35 : 69-80.
- Bouchon J. et Toth J., (1971).** Étude préliminaire sur les pertes de production des pinèdes soumises aux attaques de la processionnaire du pin *Thaumetopoea Pityocampa* Schiff. Annals of Forest Science 28 (3): 323-340.
- Boudy P., (1952).** Guide de Forestier en Afrique du Nord. Paris, Maison Rustique : 509p.
- Boudy P., (1954).** L'Oeuvre Forestière Française au Maroc. Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et des Provinces de L'Est : 1-10.
- Boudy P., (1955).** Economie forestière Nord Africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Laroseedit, Paris : 483p.
- Bouguenna S., (2011).** Diagnostic écologique, mise en valeur et conservation des pineraies de *pinus halepensis* de la région de djerma (nord-est du parc national de belezma, batna). Thèse Doctorat. Université de Batna. Algérie : 175p.
- Bouhraoua R.T., (2003).** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest algérien: étude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse, Université de Tlemcen. Algérie ; 290p.
- Bouhraoua R.T., Villemant C., Khelil M.A., Bouchaour S., (2002).** Situation sanitaire de quelques subéraies de l'Ouest algérien : impact des xylophages, IOBC/wprs Bull. 25 (5): 85-92.
- 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.

- Brochiero F., Chandioux O., Ripert C., Vennetier M., (1999).** Auto-écologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. *Forêt méditerranéenne* 20 (2): 83-94.
- Cadieux E., (2010).** L'entomofaune des cônes de sapin baumier (*Abies balsamea (l.) mill*) et son impact sur la régénération. Thèse Doctorat. Université du Québec. Canada, 181p.
- Calamassi R., Falusi M., Tocci A., (1984).** Effet de la température et de la stratification sur la germination des semences de *Pinus halepensis* Mill. *Silvae genetica* 33 (4-5) : 133-139.
- Candau J.N., (2008).** Impacts du changement climatique sur les insectes ravageurs des forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne* 29 (2) : 145-154.
- Cardil A., Vepakomma U., Brotons L., (2017).** Assessing pine processionary moth defoliation using unmanned aerial systems. *Forests* 8: 1-13.
- Carus S., (2004).** Impact of Defoliation by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) on radial, height and volume growth of Calabrian pine (*Pinus brutia*) trees in Turkey. *Phytoparasitica* 32 (5): 459-469.
- Cetin H., Erler F., Yanikoglu A., (2006).** Toxicity of essential oils extracted from *Origanum onites* L. and *Citrus aurantium* L. against the pine processionary moth, *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams. *Folia biologica* 54:153-157.
- Cetin H., Erler F., Yanikoglu A., (2007).** A comparative evaluation of *Origanum onites* essential oil and its four major components as larvicides against the pine processionary moth, *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams. *Pest Management Science* 63:830-833.
- Chakali G., Attal-Bedreddine A. et Ouzani H., (2002).** Les insectes ravageurs des chênes, *Quercus suber* et *Q. ilex*, en Algérie, Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull 25(5): 93-100.
- Chakali G., (2007).** Stratégie d'attaque de l'hylésine *Tomicus destruens* (Wollaston1865) (Coleoptera : Scolytidae) sur le pin d'Alep en zone semi-aride (Algérie, Djelfa), *Annales de la Société Entomologique de France* 43 (2): 129-137.
- Chao Liu X., Long Liu Z., (2014).** Evaluation of insecticidal activity of *Nardostachys jatamansi* essential oil against some grain storage insects. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2 (4): 335-340.
- Chenchouni H., Zanati K., Rezougui A., Briki A., Arar A., (2010).** Population monitoring of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) by pheromone trapping at the southern limit of distribution of *Pinus halepensis* in Eastern Algeria, *Forest Science and Technology* 6 (2): 67-79.
- Ciancio O., Lovino F., Mendicino V., Menguzzato G., Nicolaci A., Nocentini S., (2007).** Structure and mangement of Aleppo pine forests. *Option Méditerranéenne* 75: 61-72.
- Colacci M., Kavallieratos N. G., Athanassiou C. G., Boukouvala M.C., Rumbos C.I., Kontodimas D.C., Pardo D., Sancho J., Benavent-Fernández E., Gálvez-Settier S., Sciarretta A., Trematerra P., (2018).** Management of the Pine Processionary Moth,

Thaumetopoea pityocampa (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in Urban and Suburban Areas: Trials With Trunk Barrier and Adhesive Barrier Trap Devices. Journal of Economic Entomology 111 (1): 227-238.

Colas G., (1974). Guide de l'Entomologie. Ed. Boubée et Cie. Paris : 323p.

Couherter B. et Duplatb P., (1993). Le pin d'Alep. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. Ed. INRA, les colloques Paris, 63 :125-147.

Cuisance D., Barré N., De Deken R., (1994). Ectoparasites des animaux : méthodes de lutte écologique, biologique, génétique et mécanique, Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.13 (4): 1305-1356.

Daas H., (2015). Étude des subéraies de haute et moyenne montagne : État sanitaire et interaction des facteurs écologiques dans la forêt de Ouled Bechih (Souk-Ahras). Thèse doctorat. Université d'Annaba. Algérie : 170p.

Dahmane M., (1986). Les produits du pin d'Alep en Tunisie. Options Méditerranéennes : 157-161.

Dahmani-Megrerouche M., (1984). Contribution à l'étude des groupements à chêne-vert (*Quercus rotundifolia* Lamk.) Des monts de Tlemcen (Ouest-Algérien) : Approche phytoécologique et phytosociologique. Thèse. Doc.3e Cycle, Inst.Biol.Univ. Sc.Tech.HouariBoumediène, Alger : 238p.

Dajoz R., (1980). Ecologie des insectes forestiers. Gauthier-Villars, Paris : 489 p.

Dajoz R., (1999) Les insectes des forêts. Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. Editions Tech. et Doc. : 594p.

Dalla Torre K.W. et Kieffer J.J., (1910). Cynipidae. *Das Tierreich*, 24. Berlin, Friedlander et Sohn : 891p.

Davis M.B., (1989). Lags in vegetation response to global warming. Climate Change 15: 75-82.

Delillis M. et Fontanella A., (1992). Comparative phenology and growth in different species of mediterranean maquis of central Italy. Vegetation 99/100 :83-96.

Demolin G., Millet A., (1981). Essais insecticides contre la Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) Action comparative de différentes spécialités commerciales Bactospeine, Dipel, Thuricide et Dimilin. Annales des Sciences Forestières 38:389-404.

Dilem A., (1995). Etude de quelques propriétés du bois de Chêne vert (*Quercus ilex*) dans la région d'El-Hassasna (Saida- Algérie) Forêt méditerranéenne 16 (1): 74-78.

Djebaili S., Djellouli Y., (1984). Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride. Cas de la Wilaya de Saïda, Bull. Soc. Bot. Fr. Actual. Bot. 131 (2-4) 249-264.

- Dobbertin M., Mayer P., Wohlgemuth T., Feldmeyer-Christe E., Graf U., Zimmermann N.E., Rigling A., (2005).** The Decline of *Pinus sylvestris* L. Forests in the Swiss Rhone Valley - a Result of Drought Stress. *Phyton (Austria)* 45 (4): 153-156.
- Dormont L., Roques A., Trosset L., (1996).** Insect damage to cones and other mortality factors limiting natural regeneration potential of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L) in the northern French Alps, *Annals Science Forest* 53: 153-158.
- Durkaya B., Durkaya S., Dal., (2009).** The effects of the pine processionary moth on the increment of crimean pine trees in Bartın, Turkey, *African Journal of Biotechnology*. 8 (10) 2356-2361.
- El Abidine A.Z., (2003).** Le dépérissement des forêts au Maroc: analyse des causes et stratégie de lutte. *Science et changements planétaires/Sécheresse* 14(4): 209-218.
- El Alaoui-El Fels M.A. et Roques A., (2005).** Overview of the Arthropode Fauna that colonises seed cones in the Mediterranean region. *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems* 1: 59-78.
- El Alaoui El Fels M.A., Yart A., Roques A., Arjouni Y., El Mercht S., Auger-Rozenberg M.A., Romane A., (2013).** Acariens et insectes ravageurs de deux cupressacées menacées au Maroc: le Genévrier thurifère et le cyprès de l'Atlas. *Ecologia Mediterranea* 1 (39):123-127.
- El Yousfi M., (1995).** Les contraintes exercées sur le chêne-liège au Maroc. Exemple de la Mamora. *IOBC WPRS Bulletin* 18: 43-43.
- Erler F., Cetin H., Saribasak H., Serttas A., (2010).** Laboratory and field evaluations of some botanical pesticides against the cedar leaf moth, *Acleris undulana*. *Journal of Pest Science* 83:265-272
- Faria J.M.S., Sena I., Ribeiro B., Rodrigues A.M., Maleita C.M.N., Abrantes I., Bennett R., Mota M. et da Silva Figueiredo A.C., (2016).** First report on *Meloidogyne chitwoodi* hatching inhibition activity of essential oils and essential oils fractions. *Journal of Pest Science* 89: 207-217.
- Filly A., Fernandez X., Minuti M., Visinoni F., Cravotto G., Chemat F., (2014).** Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: from laboratory to pilot and industrial scale. *Food chemistry* 150:193-198
- Finney, D. J., (1971).** The application of probit analysis to the results of mental tests. *Psychometrika* 9: 31-39.
- Fisher R.A. et Yates F., (1938).** Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. Oliver and Boyd. London : 8p.
- Flesch F., (2005).** Intoxications d'origine végétale. *EMC-médecine* 2: 532-546.
- Franceschini A., Maddau L., Serra S., Pulina M.A., (2002).** Methodological approaches to outline control strategies of cork oak decline in Sardinia (Italy). *IOBC wprs Bulletin* 25 (5): 17-20.

- Franceschini A., Corda P., Maddau L., Sechi C., Ruiu P.A., (1999).** Manifestations de dépérissement du chêne-liège en Sardaigne. Integrated protection in oak forests. IOBC/wprs Bulletin 22 (3): 1-3.
- Fukumoto H. et Kajimura H., (2000).** Effects of insect predation on hypocotyls survival and germination success of mature quercus variabilis acorns. Journal of Forest Research 5(1): 31-34.
- Gagné R.J., (1989).** The plant - feeding gall midges of North America. Cornell University Press, Ithaca and London:356 p.
- Gagné R.J., (1994).** The gall midges of the Neotropical Region. Cornell University Press. Ithaca and London: 352 p.
- Gagné R.J., (2004).** A Catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world. Mem. Entomol. Soc. Wash: 408 p.
- Garolera E., (1988).** Problèmes et perspectives de la production de liège en Catalogne espagnole. Forêt méditerranéenne 10 (1) : 160-161.
- Ghanem R., (2014).** Les facteurs biotiques impliqués dans l'état sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Effet des insectes ravageurs sur les feuilles et les glands. Thèse Doc. Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Annaba, Algérie : 182p.
- Gimaret-Carpentier C., (1999).** Analyse de la biodiversité à partir d'une liste d'occurrences d'espèces: nouvelles méthodes d'ordination appliquées à l'étude de l'endémisme dans les Ghats occidentaux (Doctoral dissertation, Lyon : 210p.
- Gómez L., Allona I., Ramos A., Núñez P., Ibáñez C., Casado R., Aragoncillo C., (2004).** Molecular responses to thermal stress in woody plants. Invest Agrar: Sist. Recur. For., 14(3): 307-317.
- Grall J. et Hily C., (2003).** Traitement des données stationnelles (faune). Rebut. Rennes : Ifremer : 76 p.
- Guit A., Nadjimi B., Guibal F., Chakali G., (2015).** Dendroécologie du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en fonction des paramètres stationnels dans le massif forestier de Senalba (Djelfa -Algérie), Revue d'Ecologie (Terre et vie) 70 (1): 32- 43.
- Guit B., Nadjimi B., Chakali G., Guibal F., (2016).** Etat sanitaire des peuplements de pin d'alep (*Pinus halepensis* mill.) dans le massif forestier de Senalba (Djelfa, Algérie). Revue d'Écologie (Terre Vie) 71(2): 156-167.
- Harris K.M., (1994).** Gall midges (*Cecidomyiidae*): classification and biology: 201-211.
- Harris K.M., (2004).** Specialist and generalist cecidomyiid predators on aphids, mites, scale insects and other invertebrates. Entomologica, Bari, 38: 29-40. Hill, D. 1994: Agricultural Entomology. Timber Press, Oregon, USA: 635p.
- Hedlin A.F., (1967).** Cone insects of grand fir, *Abies grandis* (Douglas) Lindley, in British Columbia. Journal of the Entomological Society of British Columbia 64: 40-44.

Herbauts J., El Bayad J., Gruber W., (1998). L'impact de l'exploitation forestière mécanisée sur la dégradation physique des sols: le cas des sols limoneux acides de la forêt de Soignes (Belgique). *Revue forestière française* 50 (2) : 124-137.

Hoch G., Toffolo E.P., Netherer S., Battisti A., Schopf A., (2009). Survival at low temperature of larvae of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* from an area of range expansion, *Agric. Forest Entomol* 11: 313–320.

Hódar J. A., Castro J. et Zamora R., (2003). Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming, *Biological Conservation* 110 (1):123-129.

Hou X., Yi X., Yang Y., Liu W., (2010). Acorn germination and seedling survival of *Q. variabilis*: effects of cotyledon excision, *Ann. For. Sci.* 67 (711): 1-7.

Houamel A.C., (2012). Contribution à l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna (cas du parc national du Belezma), Thèse Doctorat. Université de Telemcen. Algérie : 116p.

Houard C., (1912). Les Zoocécidies du nord de l'Afrique. *Annales de la Société Entomologique de France* 81: 1-235.

Huchon H. et Démolin G., (1970). La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle - dispersion actuelle, *Revue forestière française* 15: 1220-234.

Inácio M. L., Naves P., Moreira M., Sousa E.M., (2002). Gall inducing insects associated with oak trees (*Quercus* spp.) in Portugal. In "Proceedings of the meeting" Integrated Protection in oak forest". IOBC wprs Bulletin 25: 159-162.

Jacquet J-S., Orazio C., Jactel H., (2012). Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review. *Annals of Forest Science.* 69 857-866.

Jactel H., Barbaro L., Battisti A., Bosc A., Branco M., Brockerhoff E., Castagneyrol B., Dulaurent A., Hódar J.A., Jacquet J-S., Mateus E., Paiva M-R., Roques A., Samalens J.C., Santos H., Schlyter F., (2015). Insect-Tree Interaction in *Thaumetopoea pityocampa*. in : Roque A., Processionary moths and climate change, ed., Springer, Netherlands, 2015: 265-310.

Jenkins F.P., (1963). Allergenic and toxic components of castor bean meal: Review of the literature and studies of the inactivation of these components. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 14:773-780.

Jiménez A., Soria F.J., Villagràn M., Ocete M.E., (2006). Seguimiento del ciclo biológico de *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Lepidoptera: Tortricidae) en un encinar del sur de España. *Bol. San. Veg. Plagas* 32 : 159-168.

Kadik B., (1983). Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Thèse doctorat, INA El Harach, Algérie, 574p.

Kadik B., (1987). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Office des publications universitaire (Alger). 585p.

- Kalender Y., Uzunhisarcikli M., Ogutcu A., Suludere Z., Kalender S., (2005).** Effects of endosulfan on *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) larvae. *Folia biologica* 53:229-233.
- Kanat M., Alma M.H., Sivrikaya F., (2005).** Effect of defoliation by *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of *Pinus brutia* Ten. in Turkey. *Annals of Forest Science* 62 : 91-94.
- Kanat M. et Mol T., (2008).** The Effect of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae) Feeding on the Pine Processionary Moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in the Laboratory. *Turkish Journal of Zoology* 32: 367-372.
- Kara-Peketi K., Atassime S., Kemkoï H., Robin H., Frimat P., (2009).** Évaluation du risque chimique et démarche de prévention chez les producteurs de coton au Togo. À propos d'un suivi longitudinal 2003–2008. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement* 70:634-641
- Karioti A., Tooulakou G., Bilia A. R., Psaras G.K., Karabourniotis G., Skaltsa H., (2010).** Erinea formation on *Quercus ilex* leaves: Anatomical, physiological and chemical responses of leaf trichomes against mite attack, *Phytochemistry* 72: 230–237.
- Kubilay E.R. M., Karadağ S., Mart C., (2007).** Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on *Thaumetopoea solitaria* Frey. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) larvae in laboratory conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 31:255-261
- Landmann G., Bonneau M., Adrian M., (1987).** Le dépérissement du sapin pectiné et de l'épicéa commun dans le massif vosgien best-il en relation avec l'état nutritionnel des peuplements ?. *Revue forestière française* 39 (1) : 05-11.
- Landmann G., (1994).** Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. *Revue Forestière Française* 5 : 405-415.
- Lemoine B., (1977).** Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au pin maritime dans les Landes de Gascogne, *Annals of Forest Science* 34: 205-214.
- Leraut P., (2003).** Le guide entomologique Plus de 5000 espèces européennes. Ed. Delachaux et Niestlé. Paris: 527p.
- Li S., Daudin J.J., Piou D., Robinet C., Jactel H., (2015).** Periodicity and synchrony of pine processionary moth outbreaks in France, *Forest Ecology and Management* 354: 309-317.
- Louni D., (1994).** Les forêts algériennes. *Forêts Méditerranéennes* 1: 59-63.
- Lurdes Inácio M., Naves P., Moreira M., Sousa E. M., (2002).** Gall inducing insects associated with oak trees (*Quercus* spp.) in Portugal. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bulletin* 25(5): 159-162.

- Marchesi P., Burri A., Cotty A., Fournier J., Sierro A., (2005).** Inventaire faunistique du site protégé de Montorge (Sion, Valais). Bulletin de la Murithienne 123: 61-84.
- Marras F., Franceschini A. et Maddau L., (1995).** Les principales maladies du chêne liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne (Italie). Integrated Protection in Cork-Oak Forests. IOBC/wprs Bulletin 18(6) : 8-13.
- Marzouk B., Marzouk Z., Fenina N., Bouraoui A., Aouni M., (2011).** Anti-inflammatory and analgesic activities of Tunisian *Citrullus colocynthis* Schrad. immature fruit and seed organic extracts. Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci 15:665-72.
- Mathey W., Dellasanta E., Wannenmacher C., (1984).** Manuel Pratique d'écologie. Ed: Payot, Lausanne. Suisse : 207p.
- Mecheri H., Kouidri M., Boukheroufa-Sakraoui F., Adamou A-E., (2018).** Variation du taux d'infestation par *Thaumetopoea pityocampa* du pin d'Alep : effet sur les paramètres dendrométriques dans les forêts de la région de Djelfa (Atlas saharien, Algérie). Comptes Rendus Biologies 341(7-8) : 380-386.
- Merabti B., Lebouz I., Adamou A-E., Ouakid M.L., (2015).** Effet toxique de l'extrait aqueux des fruits de *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad sur les larves des Culicidae. Revue des BioRessources 5:120-130.
- Méthot S., Blais L., Gravel J., Latrémouille I., St-Pierre S., Vézeau S., (2014).** Guide d'inventaire et d'échantillonnage en milieu forestier. Ed. Québec : 251p.
- Méthy M., Gillon D., Houssard C., (1997).** Temperature-induced changes of photosystem II activity in *Quercus ilex* and *Pinus halepensis*, Canadian Journal of Forest Research. 27(1): 31-38.
- Mezali M., (2003).** Rapport sur le secteur forestier en Algérie. In 3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts 7 : 39-46.
- Mirault J., Regad J., (1992).** Le point sur la situation phytosanitaire du pin d'Alep, Forêt méditerranéenne 13 (3) : 220-223.
- Mitsopoulos I.D., et Dimitrakopoulos A.P., (2007).** Canopy fuel characteristics and potential crown fire behaviour in Aleppo pine (*Pinus halepensis* mill.) forests. Annals of Forest Science 64 : 287-299.
- Moneville., (1944) in Harrieche O., (2004).** Impact du Cadmium et l'interaction Cadmium-Calcium sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Dest.,Variété Vitron). Effet sur la respiration des racines. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba :123p.
- Montero G., Canellas I., Ruis-Peinado R., (2001).** Growth and Yield models for *Pinus halepensis* Mill. Invest. Agr. Sist. Recur. For.10 (1): 24.
- Mouna M., (1994).** Etat des connaissances sur l'entomofaune du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica* Manetti) au Maroc. Ann. Rech. For. 27: 513-526.

- Nageleisen L-M., (1993).** Les dépérissements d'essences feuillues en France, La Revue forestière française 6 :605-620.
- Nageleisen L-M., (1994).** Dépérissement actuel des chênes, La Revue forestière française, 5 :504-511.
- Nageleisen L-M., (2005).** Dépérissement du Hêtre: présentation d'une méthode symptomatologique de suivi. Revue forestière française, 57 (2): 255-262.
- Nageleisen L-M. et Hett P., (1989).** Les problèmes entomologiques, pathologiques et physiologiques: Les feuillus. La Santé des Forêts, France, Min. Agri. Pêche : 14-16.
- Nahal B., (1962).** Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts, Nancy 19: 473-686.
- Nahal B., (1986).** Taxonomie et aire géographique des pins du groupe *halepensis* Option méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86 (1) : 1-9.
- Nicault A., Rathgeber C., Tessier L., Thomas A., (2001).** Observations sur la mise en place du cerne chez le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.): confrontation entre les mesures de croissance radiale, de densité et les facteurs climatiques, Annals of forest science 58 (7) : 769-784.
- Nichane M., Bouchikhi T. Z., Khelil M. A., (2013).** Contribution à l'étude de l'entomofaune de quelques espèces résineuses de la région des Traras occidentaux (Tlemcen – Algérie). Lebanese Science Journal 14 : 25-39.
- Nichane M., (2015).** Contribution à l'étude du dépérissement du Cyprès vert (*Cupressus sempervirens* L.) dans les monts des Traras Occidentaux (Wilaya de Tlemcen). Thèse Doctorat. Université de Tlemcen. Algérie : 247p.
- Nmila R., Gross R., Rchid H., Roye M., Manteghetti M., Petit P., Tijane M., Ribes G., Sauvaire Y., (2000).** Insulinotropic effect of *Citrullus colocynthis* fruit extracts. Planta medica 66:418-423
- O.N.M. D., (2015).** Office national de météorologie, Djelfa.
- Palacio S., Hernández R., Maestro-Martínez M., Camarero J.J., (2012).** Fast replenishment of initial carbon stores after defoliation by the pine processionary moth and its relationship to the re-growth ability of trees, Trees 26 (5): 1627-1640.
- Pasho D. et Alla A.Q., (2015).** Climate impacts on radial growth and vegetation activity of two co-existing Mediterranean pine species, Canadian Journal of Forest Research 45 (12):1748-1756.
- Paul I., Michel M. et Pierre K.J., (2001).** Larousse encyclopedie des plantes medicinales. Identifications, Préparations, Soins, VUEF, Paris : 335p.

- Pedel L. et Fabri M.C., (2012).** Etat de l'art sur les indices existants concernant l'Etat Ecologique des habitats benthiques du domaine profond. Ifremer : 12-22.
- Pereira R., Yuval B., Liedo P., Teal P.E.A., Shelly T.E., McInnis D.O., Hendrich J., (2013).** Improving sterile male performance in support of programmes integrating the sterile insect technique against fruit flies, *Journal of applied entomology* 137 (1): 178-190.
- Pérez-Contreras T., Soler J.J., Soler M., (2014).** Host selection by the pine processionary moth enhances larval performance: An experiment, *Acta Oecologica* 55: 15-22.
- Pérez-Contreras T. et Tierno de Figueroa J.M., (1997).** Estudio de la puesta de *Thaumetopoea pityocampa*, Schiff. 1775 (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) en relación al pino parasitado. *Boletim de la Associacioàn Espanõola de Entomologõaa* 21: 119-125.
- Polge H., (1992).** Le bois de pi n d'Alep, *Forêt méditerranéenne* 13 (03) : 234-237.
- Ponel P. et Moragues G., (1983).** Contribution à la connaissance de la faune entomologique du Var : Caraboidea (suite). *Annales de la Société des Sciences Naturelles et d'Archéologie de Toulon et du Var* 35(4): 213-226.
- Pouget M., (1980).** Les relations sol-plantes dans les steppes sud algéroises, ed., ORSTOM, Paris, 569p.
- Prévosto C., (2013).** Le pin d'Alep en France. Ed. Quae. Paris : 160p.
- Prévosto C., Ripert G., Favand J.M., Lopez R., Esteve W. et Martin A. N'Diaye, (2009).** Régénération du pin d'Alep en Basse Provence. Impact des traitements du sol, de la végétation et des rémanents, *Forêt méditerranéenne* 30 (1) 3-12.
- Pujade-Villar J., (1991).** Contribució al coneixement dels cinípids cecidògens dels arbres i arbusts de Catalunya, dels cinípids associats a aquests i dels seus paràsits. Tèse doctorat. Universitat de Barcelona. Espagne: 1128 p.
- Pujade-Villar J., Kwast E., Thuroczy C. et Bellido D. (2002).** Gall wasps and their associated fauna collected in Greece, with some taxonomic changes and description of a new species (Hymenoptera: Cynipidae, Chalcidoidea). *Acta zoologica cracoviensia*. Kraków 45(4): 351-364
- Pujade-Villar J., Boukreris F., Saimi F., Bouhafs F., 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. *Bol. Assoc. Esp. Ent.* 34: 183-198.
- Pujade-Villar J., Mata-Casanova N., Ben-Jamâa M. L., Grami M., Ouakid M., 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). *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs. Bulletin* 76: 225-232.

- Quezel P., (1986).** Les pins du groupe « halepensis » : Ecologie, Végétation, Ecophysiologie. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86 (1): 11-24.
- Quezel P., Barbero M., (1992).** Le pin d'Alep et les espèces voisines : répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. Forêt méditerranéenne 13 (3): 158-170.
- Quézel P., Médail F., Loisel R. et Barbero M., (1999).** Biodiversity and conservation of forest species in the Mediterranean basin. Unasyuva-Fao: 21-28.
- Quézel P., Médail F., (2003).** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Lavoisier. Paris : 571p.
- Quézel P., Santa S., (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS. Paris: 1170p.
- Rahuman A.A., Venkatesan P., Gopalakrishnan G., (2008).** Mosquito larvicidal activity of oleic and linoleic acids isolated from *Citrullus colocynthis* (Linn.) Schrad. Parasitology research 103: 1383-1390.
- Ramade F., (1984).** Elément d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Me Graw-Hill, Paris, 397 p.
- Ramade F., (1997).** La conservation des écosystèmes méditerranéens, aménagement et nature 121: 24-32.
- Rathgeber C., (2006).** Impact des changements climatiques et de l'augmentation du taux de CO₂ atmosphérique sur la productivité des écosystèmes forestiers: exemple du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Provence calcaire (France). Thèse Doctorat. Université d'Aix-Marseille III. France: 288p.
- Régolini M., Castagneyrol B., Dulaurent-Mercadal A.M., Piou D., Samalens J.C., Jactel H., (2014).** Effect of host tree density and apparency on the probability of attack by the pine processionary moth. Forest ecology and management 334:185-192.
- Rioux J.A., Golvan Y.J., Croset H., Houin R., Juminer B., Bain O., Tour S., (1967).** Ecologie des Leishmanioses dans le sud de la France. 1-Les Phlébotomes Echantillonnage-Ethologie. Annales de Parasitologie 42 :561-603.
- Robinet C., Laparie M., Rousselet J., (2015).** Looking Beyond the Large Scale Effects of Global Change: Local Phenologies Can Result in Critical Heterogeneity in the Pine Processionary Moth. Frontiers in Physiology 6:1-5.
- Robinson A.S., (2005).** Genetic basis of the sterile insect technique. In Sterile Insect Technique. Springer. Dordrecht : 95-114.
- Rondeux J., (1999).** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux.. Edition TECODOC, 511p.

Rondeux J., (2002). Inventaires forestiers et biodiversité. Les Cahiers forestiers de Gembloux 6 : 3-20.

Roque A., Mbarkalas S., Raoux G., Paan Y-Z., Saun J-h., Raimbault J-P., (1999). Impact of insects damaging seed cones of cypress, *Cupressus sempervirens*, in natural stands and plantations of southeastern Europe, *Ann. Sci. For.* 56: 167-177.

Roques A., (1983). Les insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France. INRA Versailles, France : 138p.

Roques A., (1991). Structure, specificity and evolution of insect guilds related to cones of conifers in Western Europe in Baranchikov YN, Mattson WJ, Hain FP, Payne TL, Eds. 1991. Forest Insect Guilds: Patterns of Interaction with Host Trees. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report 11: 300-315.

Roques J., Rousselet M., Avci D.N., Avtzis A., Basso A., Battisti M.L., Ben Jamaa A., Bensidi L., Berardi W., Berretima M., Branco G., Chakali E., Çota M., Dautbašić H., Delb M. A., El Alaoui El Fels S., El Mercht M., El Mokhefi B., Forster J., Garcia G., Georgiev M.M., Glavendekić F., Goussard P., Halbig L., Henke R., Hernández J.A., Hódar K., İpekdağ M., Jurc D., Klimetzek M., Laparie S., Larsson E., Mateus D., Matošević F., Meier Z., Mendel N., Meurisse L., Mihajlović P., Mirchev S., Nasceski C., Nussbaumer M-R., Paiva I., Papazova J., Pino J., Podlesnik J., Poirot A., Protasov N., Rahim G., Sánchez Peña H., Santos D., Sauvard A., Schopf M., Simonato G., Tsankov E., Wagenhoff A., Yart R., Zamora M., Zamoum C., Robinet C., (2015). Climate warming and past and present distribution of the processionary moths (*Thaumetopoea* spp.) in Europe, Asia Minor and North Africa, in : **Roques A., (2015).** Processionary moths and climate change, Springer, Netherlands: 81-161.

Rouault G., Candau J-N., Lieutier F., Nageleisen L-M., Martin J-C., Warzée N., (2006). Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe, *Annals of Forest Science* 63: 613-624.

Sakthivadivel M. et Daniel T., (2008). Evaluation of certain insecticidal plants for the control of vector mosquitoes viz. *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles stephensi* and *Aedes aegypti*. *Applied Entomology and Zoology* 43:57-63.

Sanchez-Salguero R., Navarro-Cerrillo R. M., Camarero J.J. et Fernandez-Cancio A., (2010). Drought-induced growth decline of Aleppo and maritime pine forests in south-eastern Spain. *Forest Systems* 19 (3): 458-469.

Sbabdji M., El Hadi O., Haddad A., Kadik B., Lambs L., (2009). Cedar tree growth (*Cedrus atlantica* Manetti) in Chréa national park, Algeria, and the influence of defoliation by the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). *Revue Écologie (Terre et vie)* 64: 323-332.

- Sbaddji M., Lambs L., Haddad A., Kadik B., (2015).** Effect of periodic defoliations by *Thaumetopoea pityocampa* schiff. On radial growth in cedar woodland in Chr  a, Algeria. *Revue Ecologie (Terre et Vie)* 70 (4): 1-16.
- Scarpa A. et Guerci A., (1982).** Various uses of the castor oil plant (*Ricinus communis* L.) a review. *Journal of Ethnopharmacology* 5:117-137.
- Schnell R., (2014).** La polycladie chez le balai de sorcière du pin maritime. *Bulletin de la Société Botanique de France* 86 (4) : 393-395.
- Schvester D., (1990).** Protection phytosanitaire de la forêt méditerranéenne: les insectes : 248-256.
- Schvester D., (1967).** Observations générales sur le dépérissement du pin maritime dans les Maures. *Revue Forestière Française* 6 : 373-385.
- Scurlock J.H., Mitchell R.G., Ching K.K., (1982).** Insects and others factors affecting noble fir seed production at two sites in Oregon. *Northwest Science* 56: 101-107.
- 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): 5-12.
- Seigue A., (1985).** La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et La rose. Paris. France : 502p.
- Seltzer P., (1946).** Le climat d'Algérie. Inst. M  t  orol. Phys. du Globe. Alger : 219p.
- Semiz G., Cetin H., Isik K., Yanikoglu A., (2006).** Effectiveness of a naturally derived insecticide, spinosad, against the pine processionary moth *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) under laboratory conditions. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science* 62:452-455.
- Sghair T. et Ammari Y., (2012).** Croissance et production du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Tunisie. *Forêt méditerranéenne* 38 (1) : 39-57.
- Skuhrav   M., Skuhrav   V., Brewer J.W., (1984).** Biology of gall midges. Pp. 169-222. In: Ananthakrishnan T. N.: *Biology of Gall Insects*. Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi. Bombay. Calcutta, 362 pp.
- 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.
- Skuhrav   M. et Skuhrav   V., (2004).** Gall midges (Cecidomyiidae, Diptera) of Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Bolet  n de la Asociación Española de Entomolog  a* 28 (1-2) :105-119.
- Skuhrava M. et Skuhrav   V., (2009).** Species richness of gall midges(Diptera: Cecidomyiidae) in Europe(West Palaearctic): biogeography and coevolution with host plants. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 73 (3-4): 87-156.

- Sousa E.M.R., (1995).** Les principaux ravageurs du chêne-liège au Portugal. Leurs relations avec le déclin des peuplements. IOBC/ wprs Bulletin 18 : 18-23.
- Souttou K., Sekour M., Ababsa L., Guezoul O., Bakouka., Doumandji S., (2011).** Arthropodofaune recensées par la technique des Pots Barber dans un reboisement de Pin d'Alep à Sahy Guebly (Djelfa). Revue Des Bioressources 1 (2): 19-26p.
- Stadlmann J., Taubenschmid J., Wenzel D., Gattinger A., Dürnberger G., Dusberger F., Elling U., Mach L., Mechtler K., Penninger J.M., (2017).** Comparative glycoproteomics of stem cells identifies new players in ricin toxicity. Nature 549:538-542.
- Stadnitskiy G.W., (1971).** Characteristics of cones of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) as a habitat and the complex of insects infesting them. Entomological Review 50 (1): 50-55.
- Stechmann B., Bai S.K., Gobbo E., Lopez R., Merer G., Pinchard S., Panigai L., Tenza D., Raposo G., Beaumelle B., Sauvaire D., Gillet D., Johannes L., Barbier J., (2010).** Inhibition of retrograde transport protects mice from lethal ricin challenge. Cell 141:231-242.
- Stork A.L. et Wüest J., (1996).** Galles à *Aceria ilicis* (Acari: Eriophyoidea) sur inflorescences de *Quercus ilex* (Fagaceae) en Bretagne (France). Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie: 25-34.
- Swaroop S., Gilroy A.B., Uemura K., (1966).** Statistical Methods in Malaria Eradication. Monograph Series World Health Organization 51:1-164.
- Tchibozo S. et Braet Y., (2004).** Note préliminaire sur les insectes terrestres de la forêt classée de Lama et de ses alentours (République du Bénin), Bulletin S.R.B.E./K.B.V.E. 140 : 157-162.
- Turgeon J.J., Roques A., Degroot P., (1994).** Insect fauna of coniferous seed cones: diversity, host plant interactions, and management. Annual Review of Entomology 39 : 179-212.
- Turgeon J.J., Stoks R., Thum R.A., Brown J.M., Mcpeek M.A., (2005).** Simultaneous Quaternary radiations of three damselfly clades across the Holarctic. The American Naturalist 165: 78-107.
- Vennetier M., Ripert C., Brochiéro F., Rathgeber C.B.K., Chandioux O., Estève R., (2010).** Évaluation de la productivité du pin d'Alep en région méditerranéenne française, Revue Forestière française 5: 503-524.
- Villagrán M., Jiménez A., Soria F.J., Ocete M.E., (2002).** Muestreo aleatorio simple y muestreo sistemático de las poblaciones de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col: curculionidae) y *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Lep: tortricidae) en encinas. Bol. San. Veg. Plagas 28: 59-66.
- Villemant C. et Fraval A., (1993).** La faune entomologique du chêne-liège en forêt de la Mamora (Maroc). Ecologia mediterranea 19 (3-4): 89-98.

Vilmorin J.B., (2003). Histoires d'arbres. Ed. Jean-paul Gisserot. Paris : 185p.

White F., (1986). La Vegetation de L'Afrique (The Vegetation of Africa). Ed. IRD, 384p.

Zamoum M., Martin J-C., Bensidi A., Bahmane R., (2016). Immediate and delayed mortality of the pine processionary moth treated by *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* 3a 3b in the sub-Saharan pine reforestations. Turkish Journal of Forestry 17: 76-79.

Zartaloudis Z.D., Kalapanida M.D. et Navrozidis E.I., (2009). Efficacy and speed of action of selected plant protection products on *Lymantria dispar* in laboratory conditions, Entomologia Hellenica 18: 62-73.

Zeraia L., (1978). La forêt Algérienne, Approche socio-écologique. Bull publié par l'union des Ingénieurs Algériens. El Hindessa 2 : 48-61.

Ziouche S., Baali F., Moutassem D., Djazouli Z-E., (2017). Stratégies de choix de l'emplacement des nids d'hiver de *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775) au Niveau de trois pinèdes dans la région de Bordj Bou Arreridj (Algérie). Revue Agrobiologia 7(2): 412-426.

Annexes

Annexe 1 (2 Publications)

C. R. Biologies 341 (2018) 380–386



Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Biologies

www.sciencedirect.com



Biologie et pathologie végétales/Animal biology and pathology

Variation du taux d'infestation par *Thaumetopoea pityocampa* du pin d'Alep : effet sur les paramètres dendrométriques dans les forêts de la région de Djelfa (Atlas saharien, Algérie)



Variation in Thaumetopoea pityocampa infestation rate of Aleppo pine: Effect on dendrometric parameters in the Djelfa region forests (Saharan Atlas, Algeria)

Hadjer Mecheri^a, Mohamed Kouidri^b, Feriel Boukheroufa-Sakraoui^c, Ala-Eddine Adamou^{b,*}

^a Département de biologie, faculté des sciences, université Badji-Mokhtar-Annaba, BP 12, 23000 Annaba, Algérie

^b Équipe « Désertification et climat », laboratoire de mécanique, université Amar-Telidji-Laghouat, BP 37, 03000 Laghouat, Algérie

^c Laboratoire des sols et développement durable, université Badji-Mokhtar-Annaba, BP 12, 23000 Annaba, Algérie

INFO ARTICLE

Historique de l'article :

Reçu le 1^{er} juillet 2018

Accepté après révision le 20 août 2018

Disponible sur internet le 31 août 2018

Mots clés :

Chenille processionnaire

Pin d'Alep

Paramètres dendrométriques

Atlas saharien

Conditions climatiques

R É S U M É

Les forêts de l'Atlas saharien représentent la bordure sud des aires de distribution naturelle du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Elles sont exposées à un stress climatique lié à la sécheresse et aux attaques de la chenille processionnaire (CP, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). L'objet de notre travail consiste à étudier la variation du taux d'infestation par la CP et la densité de celle-ci en utilisant des facteurs climatiques et les paramètres dendrométriques. Le taux d'infestation par la CP (7,82 %) et la densité de celle-ci ($2,74 \pm 2,61$ nids/arbre) ont été moins importants dans nos pinèdes que dans celles du nord. Il est apparu que les attaques de CP augmentent principalement avec la baisse du nombre de jours de gelée et de canicule. Les paramètres dendrométriques ont été négativement corrélés avec la densité de CP par arbre. En revanche, cette dernière a été positivement corrélée avec le taux de défoliation. Les résultats ont été discutés dans un cadre biogéographique à la lumière des connaissances sur la répartition de la CP du pin d'Alep et en relation avec les conditions climatiques.

© 2018 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

A B S T R A C T

The forests of the Saharan Atlas represent the southern edge of the natural range of the Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.). These are exposed to climatic stress in relation to drought and attacks of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff., denoted by CP in the French text). The purpose of our work is to study the variation of the infestation rate by the pine processionary moth and its density with climatic factors and dendrometric parameters. The infestation rate (7.82%) by the pine processionary moth and its density (2.74 ± 2.61 nests/tree) were lower in our pine forests than in the northern ones. It

Keywords:

Pine processionary moth

Aleppo pine

Dendrometric parameters

Saharan Atlas

Climatic conditions

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : hadjer_mecheri@gmail.com (H. Mecheri), kouidri_moh@yahoo.fr (M. Kouidri), ferielboukheroufa@yahoo.fr (F. Boukheroufa-Sakraoui), adamou_alaa@yahoo.fr (A.-E. Adamou).

<https://doi.org/10.1016/j.crvi.2018.08.002>

1631-0691/© 2018 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

appeared that the attacks of the moth increase mainly with the number of days of frost and heatwave. The dendrometric parameters were negatively correlated with the moth's density per tree. On the other hand, the latter was positively correlated with the defoliation rate. The results were discussed in a biogeographic framework in the light of the current knowledge of the distribution of the pine processionary moth in the Aleppo pine, in relation with the climatic conditions.

© 2018 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

1. Introduction

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une essence du pourtour méditerranéen [1,2]. De par ses vastes étendues, il s'adapte à plusieurs types de sols et d'altitudes [3,4]. Dans le Sud de l'Europe, il occupe des altitudes qui varient de 0 à 1000 m. En revanche, en Afrique du Nord, il culmine jusqu'à 2000 m d'altitude dans les reliquats des forêts de l'Atlas saharien [3], témoignant ainsi d'une grande plasticité climatique [1,5] : il est observé depuis les chaînes littorales de Catalogne, en Espagne, avec un climat humide, jusqu'aux limites du Sahara en Afrique du Nord, avec un climat semi-aride [6,7]. Entre ces larges étendues méditerranéennes, le pin d'Alep peut refléter une grande variation démographique et dendrométriques liée aux caractéristiques stationnels de chaque région [1].

En plus du stress climatique lié à l'exposition à des hautes températures [8,9], le pin d'Alep est exposé à un ennemi biologique agressif, en l'occurrence la chenille processionnaire (CP, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Lepidoptera, Notodontidae), qui en est le principal ravageur [10,11]. Elle est responsable de la défoliation de la cime [12,13], elle réduit la croissance radiale et la croissance en hauteur de plusieurs espèces de conifères [14,15]. Elle diminue, de ce fait, la productivité du bois [16,17], et elle affecte les paramètres de reproduction [11]. La plupart des études [2,17–19] se focalisent ainsi sur l'effet de ce ravageur sur l'état de santé des espèces du genre *Pinus* et du genre *Cedrus* et sur son impact sur la croissance et la productivité sylvicole.

Bien que la distribution du pin d'Alep soit strictement méditerranéenne, la CP est présente bien au-delà de cette région climatique, car elle s'attaque à d'autres essences de pin (pin noir, pin maritime et pin sylvestre) largement présents en Europe [20]. De plus, le réchauffement climatique lui permet de progresser vers le nord et en altitude [21]. Le climat a toujours été impliqué dans les pullulations de la CP [11,22], même sur les hautes pinèdes frontalières, au Sahara notamment, avec l'augmentation de la température globale plus palpable sur les zones désertiques [23]. En effet, avec le réchauffement climatique actuel, les précipitations sont de plus en plus faibles et les températures maximales de l'été sont plus élevées, en particulier dans les limites sud des aires de distribution du pin d'Alep. Ce qui suppose (i) que ces pinèdes exposées à la sécheresse deviennent moins favorables pour la CP que les autres pinèdes du Nord, (ii) que la forte intensité de la présence de la CP peut modifier quelques caractéristiques dendrométriques des arbres les plus attaqués.

Dans cette étude, une attention particulière est portée, d'une part, à la variation du taux d'infestation par la CP et de sa densité chez le pin d'Alep avec les facteurs climatiques (augmentation de la température, baisse des précipitations) et, d'autre part, à l'effet de la CP sur les paramètres dendrométriques des pinèdes isolées et stressées dans les hauteurs des limites sud de ses aires de distribution biogéographique.

2. Matériel et méthodes

L'étude a été menée dans trois pinèdes naturelles et claires de la région de Djelfa (forêt de Djellal, Senalba Chergui et Senalba Gharbi), dans les hauts plateaux de l'Atlas saharien (987 à 1536 m d'altitude). Ces forêts sont situées aussi sur la bordure sud des aires de répartition biogéographique du pin d'Alep et les limites méridionales de la région méditerranéenne [1]. L'action anthropique est représentée par les travaux sylvicoles (taille, élagage) et les travaux d'aménagement assurés par les services de la conservation des forêts, en plus des coupes illicites, des incendies et du surpâturage pratiqué par les riverains.

Dans la zone d'étude, le pin d'Alep forme des populations dominantes, clairsemées, mais plus fréquemment en mélange avec le chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.), le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *rufescens* LK) comme sous-bois [24]. Les données climatiques de la station de Djelfa (1144 m d'altitude) indiquent que cette région prédésertique se caractérise par un bioclimat semi-aride, chaud et sec en été et froid en hiver avec un indice d'aridité de De Martonne de 12,93. La température moyenne annuelle se situe autour de 14,63 °C et les précipitations sont irrégulières (la moyenne du cumul des précipitations annuelles est d'environ 318 mm).

Dans cette étude, nous avons considéré le mois de septembre comme le début du cycle de la CP, correspondant à la période de la ponte et au début de l'éclosion [20]. De ce fait, nous avons considéré que l'année commence depuis le mois de septembre de l'année précédente pour s'achever au mois d'août de l'année en cours. Les jours de canicule représentent, pour notre cas, les jours où la température maximale a été supérieure à 32 °C, une température considérée dangereuse pour les œufs en incubation et pour les chenilles en cours d'évolution [20].

Un total de 300 arbres a été mesuré dans des parcelles échantillonnées afin de caractériser quelques paramètres dendrométriques (circonférence à 1,30 m du sol, hauteur totale, hauteur de la première branche, rayon du houppier)

et d'estimer le nombre des nids de CP chaque année entre 2013 et 2015. Le choix des arbres a été réalisé sans tenir compte de leur état sanitaire apparent. À partir du premier arbre sain marqué comme référence dans chaque pinède, le reste des arbres a été sélectionné par la méthode du plus proche voisin [25].

L'effet de l'action de la CP sur nos pinèdes a été étudié à partir des mesures dendrométriques, de la détermination du taux d'infestation par la CP (pourcentage des pins infestés) et de la densité de celle-ci par arbre et par hectare [15,26].

De plus, l'effet de la défoliation par la CP a été étudié sur les arbres mesurés. Le degré de défoliation a été évalué visuellement [14] en s'appuyant sur le volume des aiguilles perdues par rapport aux aiguilles attachées sur les rameaux.

Les analyses de variance (One-Way Anova) ont été réalisées par le test Kruskal–Wallis, afin de tester la différence entre la densité de CP par arbre d'une année à une autre, et la variation des classes du rayon du houppier avec la hauteur totale. Le test χ^2 a été appliqué pour analyser la variation des moyennes annuelles des températures, le nombre de jours de gelée et de canicule et le cumul des précipitations. Les corrélations de Pearson ont été utilisées pour mesurer le degré de liaison entre la densité des nids de CP par arbre avec les paramètres dendrométriques considérés. Pour l'étude de tous ces paramètres, nous avons utilisé le logiciel Statistix-8.

3. Résultats

Le taux d'infestation par la CP de pin d'Alep a été en moyenne de 7,82 %. Il a été significativement variable d'une année à une autre ($\chi^2 = 10,13$; $P = 0,0062$) ; il a été plus élevé en 2013–2014 (14,72 %) qu'en 2012–2013 (2,33 %) et 2014–2015 (6,40 %). La moyenne de la densité de CP par arbre a été de $2,74 \pm 2,61$ nids/arbre. Elle varie de 1 à 18 nids d'un arbre à un autre. Le test de Kruskal–Wallis indique que la densité de CP par arbre n'a pas été significativement variable d'une année à une autre ($H^2 = 3,01$; $ddl = 65$; $P = 0,2252$),

même si la densité a été légèrement plus élevée en 2013–2014 (2,91 nids/arbre). En revanche, la densité des nids de CP par hectare a été significativement variable entre les trois années étudiées ($\chi^2 = 32,28$; $P = 0,0001$). La densité de CP par hectare a été largement plus élevée au cours de l'année 2013–2014 (40,63 nids/ha) par rapport à l'année 2012–2013 (4,22 nids/ha) et l'année 2014–2015 (17,15 nids/ha) (Fig. 1).

Les facteurs climatiques (cumul de précipitation, nombre de jours de gelée, nombre de jours de canicule et moyenne des températures minimales et maximales annuelles) ont varié significativement avec la densité de CP par hectare (Tableau 1). Au cours de l'année 2013–2014, les précipitations (310,72 mm) étaient significativement plus élevées que les années précédente (219,20 mm) et suivante (204,74 mm). Pourtant, ces dernières présentent des cumuls plus faibles que la moyenne (318,46 mm). De même, l'année 2013–2014 présente moins de jours de gelée que 2012–2013 et 2014–2015 (Tableau 1). En revanche, les moyennes des températures minimales et maximales annuelles affichent une augmentation continue (Tableau 1).

La densité de CP par arbre a été significativement et positivement corrélée avec le taux de défoliation ($r = 0,1179$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0001$) (Fig. 2).

En outre, les paramètres dendrométriques ont été auto-corrélés, d'une part, avec la densité de CP par arbre et, d'autre part, avec le taux de défoliation. La densité de CP par arbre a été significativement et négativement corrélée avec l'ensemble des paramètres dendrométriques étudiés : elle a été significativement et négativement corrélée avec la hauteur des arbres ($r = -0,1054$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0001$), avec la hauteur de la première branche ($r = -0,1280$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0001$) et avec le rayon du houppier ($r = -0,0687$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0081$). Cette dernière relation a été exposée par la formule de la régression linéaire RH (rayon du houppier) = $1,86 - 0,05 \times CP$.

Par ailleurs, la défoliation a été négativement et significativement corrélée avec le rayon du houppier ($r = -0,0538$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0375$), mais elle a été positivement et significativement corrélée avec la hauteur

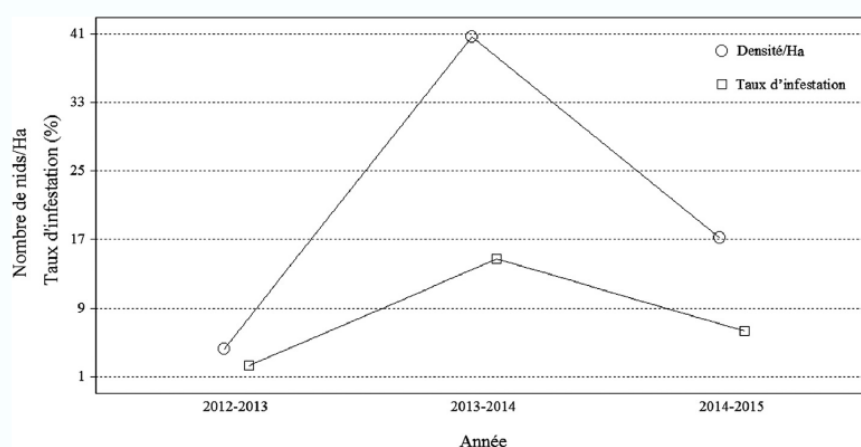


Fig. 1. Variation interannuelle du taux d'infestation par la CP et densité de la chenille par hectare.

Tableau 1
Variation interannuelle des facteurs climatiques dans la région de Djelfa.

Année (septembre–août)	Cumul de précipitations (mm)	Nombre de jours de gelée	Moyenne des températures minimales (°C)	Moyenne des températures maximales (°C)	Nombre de jours de canicule
2012–2013	219,20	49	8,85	20,43	78
2013–2014	310,72	24	9,28	21,09	55
2014–2015	204,74	33	9,41	21,32	60
Test	$\chi^2 = 17,83$; $P = 0,0001$	$\chi^2 = 37,96$; $P \leq 0,0001$	$\chi^2 = 11,13$; $P = 0,0038$	$\chi^2 = 17$; $P = 0,0002$	$\chi^2 = 33,65$; $P \leq 0,0001$

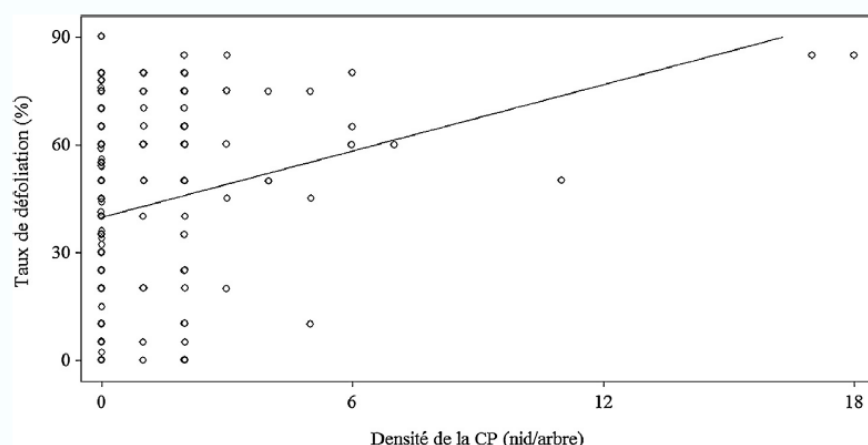


Fig. 2. Relation entre la densité de la chenille processionnaire par arbre et le taux de défoliation du houppier du pin d'Alep dans la région de Djelfa (Algérie).

totale des arbres ($r = 0,1751$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0001$) et la hauteur de la première branche ($r = 0,0527$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0415$).

Le test de Kruskal–Wallis indique que le rayon du houppier a varié significativement avec les classes de densité de CP par arbre ($H^2 = 8,50$; $ddl = 297$; $P = 0,0143$). De même, la hauteur totale a varié significativement avec les classes de densité de CP par arbre ($H^2 = 25,01$; $ddl = 297$; $P \leq 0,0001$) (Fig. 3).

4. Discussion

L'état de santé du pin d'Alep a été essentiellement lié à la CP, son principal ravageur [11], qui se nourrit de ses aiguilles à différents stades et provoque une défoliation considérable [14,27]. Des dommages peuvent également être induits par l'hylésine *Tomicus destruens* Woll. (Coleoptera, Scolytidae) sur le pin d'Alep de notre région, ce qui peut entraîner le dépérissement des pins attaqués [28].

Le taux d'infestation du pin d'Alep par la CP de la région semi-aride de Djelfa a été largement plus faible que chez les autres populations de pins d'Europe (Tableau 2), notamment dans les plantations de pin maritime du parc naturel régional des Landes de Gascogne, en France, sur les côtes atlantiques, [26], et plus faible aussi que dans les pinèdes de la Catalogne [27] et celles du Sud de l'Espagne, sur les côtes méditerranéennes [15]. Il a été plus faible encore qu'au niveau du peuplement du pin noir de la forêt de Bartin, sur la mer Noire, en Turquie [18]. Il semble que le

climat subhumide à hiver doux est le plus favorable pour l'infestation des arbres de conifères par la CP, notamment dans les forêts de la Turquie et d'Espagne (37,29 à 64,43 %), qui se trouvent dans le centre latitudinal de la région Méditerranéenne. En revanche, dans ses limites nord (France, 14,86 %) et sud (Algérie, 7,82 %), le taux d'infestation tend à diminuer. Le climat, qui constitue un facteur limitant pour la croissance des conifères [29], présente un effet complexe sur l'ajustement de la CP [30].

L'infestation du pin d'Alep de notre région par la CP a été variable d'une année à une autre. Le taux le plus élevé (14,72 %) a été enregistré en 2013–2014, une année relativement plus humide avec un hiver plus chaud, ce qui témoigne que la prévalence de la chenille est étroitement liée aux conditions climatiques, notamment la température [31,32], en plus de l'affinité de la chenille pour l'espèce hôte [15].

De plus, les pinèdes de notre région se trouvent, sur la bordure sud de la Méditerranée, exposées aux influences climatiques du désert (canicules et vent de sirocco en été). Elles sont de plus en plus isolées dans les hauteurs, où les conditions climatiques sont moins favorables que dans l'aire optimale [33]. D'après Jacquet et al. [13], la densité de CP par arbre baisse avec l'altitude. Effectivement, la densité des nids par arbre dans nos forêts semi-arides a été plus faible (0,37 à 2,74 nids/arbre) par rapport à la cédraie de Chréa, dans le Nord de l'Algérie (5,96 nids/arbre), sous un climat subhumide [34]. Elle a été également plus faible que celles des pinèdes du centre de la Méditerranée (2,88 à 5,75 nids/arbre) et comparable à celles des pinèdes du Sud

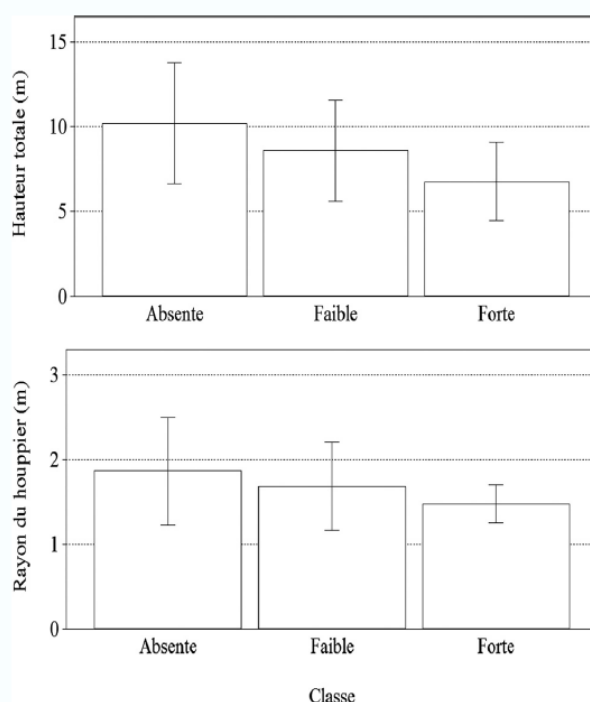


Fig. 3. Variation de la hauteur totale (en haut) et de rayon du houppier (en bas) des arbres selon les classes de densité des nids de la CP par arbre (absente : 0 nid ; faible : 1–5 nids ; forte > 5 nids).

de la France (1,36 nids/arbre) (Tableau 2). Ainsi, il semble que la densité de CP est plus élevée dans le centre de la région méditerranéenne que dans les forêts des extrêmes limites nord et sud. La synthèse du Tableau 2 montre aussi que la CP présente une large adaptation climatique ; depuis l'étage bioclimatique semi-aride dans le sud jusqu'à l'étage humide dans le Nord de ses aires de répartition, et depuis les basses pinèdes côtières à hiver doux jusqu'aux pinèdes d'altitude à hiver froid.

En plus des gradients latitudinal et altitudinal, la densité des arbres et la diversité des essences forestières peuvent faire varier le taux d'infestation par la CP et la densité de celle-ci, avec une préférence pour les arbres isolés et de crête [20] et pour ceux de la périphérie [35]. Bien que la CP possède un cycle plus ou moins régulier

(sept à neuf ans) dans les régions tempérées [36], l'augmentation des températures estivales dans la bordure sud peut prolonger la diapause de plusieurs années [20], ce qui peut expliquer la variation interannuelle du taux d'infestation par la CP et de la densité de celle-ci dans notre région.

Dans les parcelles étudiées, le pin d'Alep dominant se trouve à des altitudes qui oscillent de 900 à 1600 m. Ainsi, l'élévation en altitude dans l'Atlas saharien conduit à une augmentation des précipitations et à une baisse de la température [37], malgré la résistance de la CP à de très basses températures en hiver [20]. Effectivement, selon Hoch et al. [38], des larves de CP survivent individuellement à une température de -7°C , et peuvent résister jusqu'à -17°C , regroupées dans leurs nids.

Tableau 2

Taux d'infestation (TI) des conifères du pourtour méditerranéen par la chenille processionnaire et densité de ses nids (D) par arbre.

Pays	Région (ville)	Bioclimat (Emberger)	TI	D	Référence
France	Landes de Gascogne	Humide à hiver doux	14,86	1,36	[26]
Italie	Campobasso, Molise	Subhumide à hiver frais	–	2,88	[41]
Espagne	Lleida, Catalogne	Subhumide à hiver doux	65,43	3,40	[27]
	Mora de Rubielos	Subhumide à hiver froid	–	3,00	[19]
	Hoya de Guadix	Semi-aride à hiver frais	55,62	3,18	[15]
Turquie	Kahramanmaras District	Subhumide à hiver froid	–	5,75	[42]
	Bartın	Humide à hiver doux	37,29	–	[18]
Algérie	Chrèa	Subhumide à hiver doux	–	5,96	[34]
	Bordj Bou Arreridj	Semi-aride à hiver froid et été sec	–	1,60	[43]
	Djelfa	Reboisement	–	2,60	[44]
		Forêt naturelle	–	1,43	[45]
			–	0,37	[45]
			7,82	2,74	Ce travail

L'effet du climat sur la CP reste plus complexe [30] ; il a été montré que la hausse des moyennes des températures minimales durant les mois les plus froids permettait à la CP de mieux survivre à la limite nord de son aire de distribution et à sa limite altitudinale en Europe, ce qui lui permet de se propager [20,30]. Les mêmes auteurs indiquent que les températures maximales de l'été peuvent avoir un effet négatif sur la CP.

Les corrélations négatives entre la densité de la CP et les paramètres dendrométriques pourraient traduire l'effet de celle-ci sur la croissance verticale et horizontale du pin d'Alep et vice-versa, d'où l'impact probable des attaques sur la réduction du rayon du houppier, qui recule de 5 cm avec l'augmentation de chaque nid de CP. Dans ce contexte, Arnaldo et al. [14] rapportent que la baisse de l'accroissement de la biomasse a été liée à l'intensité des attaques, avec des pertes de croissance en volume et en hauteur jusqu'à 31 % [39]. De plus, Carus [17] ajoute que la réduction de la croissance radiale de *Pinus brutia* par la CP a été associée au climat.

Le taux d'infestation est également à l'image des efforts d'entretien et d'élimination mécanique des nids de CP par les services locaux des forêts. Ce qui influencerait le choix des femelles pour l'endroit de la ponte sur les arbres. Il semble, dans notre cas, que les arbres les plus hauts, ou du moins ceux dont la première branche est très élevée par rapport au sol, présentent moins de nids de CP. D'après Huchon et Démolin [20], les femelles gravides effectuent un choix sélectif à l'intérieur du peuplement, en comparant le diamètre et la structure des aiguilles. Pérez-Contreras et al. [15] affirment que le choix des arbres pour la ponte est lié à leur état de santé, et les femelles adultes préfèrent l'extrémité du houppier la plus exposée à la lumière pour la ponte. De plus, le choix des femelles est lié à leur taille ; les plus petites sélectionnent les pins les plus courts et les plus grandes choisissent ceux les plus élevés [40].

En outre, la densité des nids de CP a été négativement corrélée avec la hauteur de la première branche. Cette relation laisse supposer, d'une part, que les arbres les plus hauts et dont les premières branches sont le plus soulevées du sol échappent considérablement aux papillons gravides au cours de la ponte, qui choisissent les branches les plus basses [15,40] et que, d'autre part, ce choix des adultes pour la ponte, puis la pullulation des chenilles à différents stades, conduit probablement ces derniers à définir un profil d'arbre de plus en plus élané.

D'une façon globale, en absence d'informations sur les possibilités de diapause prolongées dans nos pinèdes, la variation du taux d'infestation par la CP et de la densité de celle-ci au cours des trois années d'étude pourrait éventuellement être le résultat d'une période de latence du cycle de pullulation. Des études diachroniques prolongées sur le taux d'infestation par la CP et la densité de celle-ci pourront mieux expliquer cette variation.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui de la conservation des forêts de Djelfa, de l'université de Annaba et de l'université de Laghouat. Les auteurs tiennent à remercier

le Dr C. Robinet (Inra, France) et le Dr H. Mouissa (université de Djelfa), ainsi que les évaluateurs anonymes pour leurs critiques constructives.

Références

- [1] P. Quézel, F. Médail, Écologie et biogéographie des forêts du Bassin méditerranéen, Lavoisier, Paris, 2003.
- [2] M. Vennetier, C. Ripert, F. Brochiéro, C.B.K. Rathgeber, O. Chandioux, R. Estève, Évaluation de la productivité du pin d'Alep en région méditerranéenne française, *Rev. Forêts Fr.* 5 (2010) 503–524.
- [3] I. Nahal, Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole, *Ann. Ecole Nat. Eaux Forêts, Nancy* 19 (1962) 473–686.
- [4] B. Prévosto, C. Ripert, G. Favand, J.-M. Lopez, R. Estève, W. Martin, A. N'Diaye, Régénération du pin d'Alep en basse Provence. Impact des traitements du sol, de la végétation et des rémanents, *Forêt. Méditerr.* 30 (1) (2009) 3–12.
- [5] F. Brochiero, O. Chandioux, C. Ripert, M. Vennetier, Auto-écologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire, *Forêt Méditerr.* 20 (2) (1999) 83–94.
- [6] B. Belghazi, M. Ezzahiri, F. Romane, Productivité de peuplements naturels de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) dans la forêt de Tamga (haut Atlas, Maroc), *Cah. Agric.* 9 (2000) 39–46.
- [7] B. Prévosto, Le pin d'Alep en France, Quae, Paris, 2013.
- [8] M. Méthy, D. Gillon, C. Houssard, Temperature-induced changes of photosystem II activity in *Quercus ilex* and *Pinus halepensis*, *Can. J. Forest Res.* 27 (1) (1997) 31–38.
- [9] E. Pasho, A.Q. Alla, Climate impacts on radial growth and vegetation activity of two co-existing Mediterranean pine species, *Can. J. Forest Res.* 45 (12) (2015) 1748–1756.
- [10] J. Bouchon, J. Toth, Étude préliminaire sur les pertes de production des pinèdes soumises aux attaques de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff, *Ann. Forest Sci.* 28 (3) (1971) 323–340.
- [11] J.A. Hódar, J. Castro, R. Zamora, Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming, *Biol. Conserv.* 110 (1) (2003) 123–129.
- [12] H. Chenchouni, K. Zanati, A. Rezougui, A. Briki, A. Arar, Population monitoring of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) by pheromone trapping at the southern limit of distribution of *Pinus halepensis* in Eastern Algeria, *Forest. Sci. Technol.* 6 (2) (2010) 67–79.
- [13] J.-S. Jacquet, C. Orazio, H. Jactel, Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review, *Ann. Forest Sci.* 69 (2012) 857–866.
- [14] P.S. Arnaldo, S. Chacim, D. Lopes, Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal, *iForest* 3 (2010) 159–162.
- [15] T. Pérez-Contreras, J.J. Soler, M. Soler, Host selection by the pine processionary moth enhances larval performance: an experiment, *Acta Oecol.* 55 (2014) 15–22.
- [16] J. Mirault, J. Regad, Le point sur la situation phytosanitaire du pin d'Alep, *Forêt Méditerr.* 13 (3) (1992) 220–223.
- [17] S. Carus, Impact of defoliation by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) on radial, height and volume growth of Calabrian pine (*Pinus brutia*) trees in Turkey, *Phytoparasitica* 32 (5) (2004) 459–469.
- [18] A. Durkaya, B. Durkaya, S. Dal, The effects of the pine processionary moth on the increment of Crimean pine trees in Bartın, Turkey, *Afr. J. Biotechnol.* 8 (10) (2009) 2356–2361.
- [19] S. Palacio, R. Hernández, M. Maestro-Martínez, J.J. Camarero, Fast replenishment of initial carbon stores after defoliation by the pine processionary moth and its relationship to the re-growth ability of trees, *Trees* 26 (5) (2012) 1627–1640.
- [20] H. Huchon, G. Démolin, La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle – dispersion actuelle, *Rev. Forest. Fr.* 151 (1970) 220–234.
- [21] A. Roques, J. Rousselet, M. Avci, D.N. Avtzi, A. Basso, A. Battisti, M.L. Ben Jamaa, A. Bensidi, L. Berardi, W. Berretima, M. Branco, G. Chakali, E. Çota, M. Dautbašić, H. Delb, M.A. El Alaoui El Fels, S. El Mercht, M. El Mokhefi, B. Forster, J. Garcia, G. Georgiev, M.M. Glavendekić, F. Gousard, P. Halbig, L. Henke, R. Hernández, J.A. Hódar, K. İpekdağ, M. Jurc, D. Klimetzek, M. Laparie, S. Larsson, E. Mateus, D. Matošević, F. Meier, Z. Mendel, N. Meurisse, L. Mihajlović, P. Mirchev, S. Nascieski, C. Nussbaumer, M.-R. Paiva, I. Papazova, J. Pino, J. Podlesnik, J. Poirot, A. Protasov, N. Rahim, G. Sánchez Peña, H. Santos, D. Sauvard, A. Schopf, M. Simonato, G. Tsankov, E. Wagenhoff, A. Yart, R. Zamora, M. Zamoum, C. Robinet, Climate warming and past and present distribution of the

- processionary moths (*Thaumetopoea* spp.) in Europe, Asia Minor and North Africa, in : A. Roques (Ed.), *Processionary moths and climate change*, Springer, The Netherlands, 2015, pp. 81–161.
- [22] J.A. Hódar, R. Zamora, Herbivory and climatic warming: a Mediterranean outbreaking caterpillar attacks a relict, boreal pine species, *Biodivers. Conserv.* 13 (3) (2004) 493–500.
- [23] A. Opere, D. Olago, E. Chidumayo, B. Osman-Elasha, Processus et impact du changement climatique, in : E. Chidumayo, D. Okali, G. Kowero, M. Larwanou (Eds.), *Forêts, faune sauvage et changement climatique en Afrique*, African Forest Forum, Nairobi, Kenya, 2011, pp. 10–34.
- [24] M. Pouget, *Les relations sol-plantes dans les steppes sud algéroises*, Éditions de l'Orstom, Paris, 1980.
- [25] A.R. Fraser, Triangle based probability polygons for forest sampling, *Forest Sci.* 23 (1) (1977) 111–121.
- [26] M. Régolini, B. Castagneyrol, A.M. Dulaurent-Mercadal, D. Piou, J.C. Samalens, H. Jactel, Effect of host tree density and apparency on the probability of attack by the pine processionary moth, *Forest Ecol. Manage.* 334 (2014) 185–192.
- [27] A. Cardil, U. Vepakomma, L. Brotons, Assessing pine processionary moth defoliation using unmanned aerial systems, *Forests* 8 (2017) 1–13.
- [28] G. Chakali, Stratégie d'attaque de l'hylésine *Tomicus destruens* (Wollaston 1865) (Coleoptera: Scolytidae) sur le pin d'Alep en zone semi-aride (Algérie, Djelfa), *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 43 (2) (2007) 129–137.
- [29] A. Nicault, C. Rathgeber, L. Tessier, A. Thomas, Observations sur la mise en place du cerne chez le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) : confrontation entre les mesures de croissance radiale, de densité et les facteurs climatiques, *Ann. Forest Sci.* 58 (7) (2001) 769–784.
- [30] C. Robinet, M. Laparie, J. Rousselet, Looking beyond the large scale effects of global change: local phenologies can result in critical heterogeneity in the pine processionary moth, *Front. Physiol.* 6 (334) (2015), <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2015.00334>.
- [31] A. Battisti, M. Stastny, S. Netherer, C. Robinet, A. Schopf, A. Roques, S. Larsson, Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures, *Ecol. Appl.* 15 (6) (2005) 2084–2096.
- [32] G. Rouault, J.-N. Candau, F. Lieutier, L.-M. Nageleisen, J.-C. Martin, N. Warzée, Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe, *Ann. Forest Sci.* 63 (2006) 613–624.
- [33] B. Guit, B. Nedjimi, F. Guibal, G. Chakali, Dendroécologie du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en fonction des paramètres stationnels dans le massif forestier de Senalba (Djelfa–Algérie), *Rev. Ecol. Terre Vie* 70 (1) (2015) 32–43.
- [34] M. Sbadji, O. El Hadi, A. Haddad, B. Kadi, L. Lambs, Cedar tree growth (*Cedrus atlantica* Manetti) in Chréa national park, Algeria, and the influence of defoliation by the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.), *Rev. Ecol. Terre Vie* 64 (2009) 323–332.
- [35] H. Jactel, L. Barbaro, A. Battisti, A. Bosc, M. Branco, E. Brockerhoff, B. Castagneyrol, A. Dulaurent, J.A. Hódar, J.-S. Jacquet, E. Mateus, M.-R. Paiva, A. Roques, J.C. Samalens, H. Santos, F. Schlyter, Insect-Tree Interaction in *Thaumetopoea pityocampa*, in : A. Roques (Ed.), *Processionary moths and climate change*, Springer, The Netherlands, 2015, pp. 265–310.
- [36] S. Li, J.J. Daudin, D. Piou, C. Robinet, H. Jactel, Periodicity and synchrony of pine processionary moth outbreaks in France, *Forest Ecol. Manage.* 354 (2015) 309–317.
- [37] Y. Djellouli, S. Djebaili, Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride. Cas de la Wilaya de Saïda, *Bull. Soc. Bot. Fr. Actual. Bot.* 131 (2–4) (1984) 249–264.
- [38] G. Hoch, E.P. Toffolo, S. Netherer, A. Battisti, A. Schopf, Survival at low temperature of larvae of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* from an area of range expansion, *Agric. Forest Entomol.* 11 (2009) 313–320.
- [39] B. Lemoine, Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au pin maritime dans les Landes de Gascogne, *Ann. Forest Sci.* 34 (1977) 205–214.
- [40] T. Pérez-Contreras, J.M. Tierno de Figueroa, Estudio de la puesta de *Thaumetopoea pityocampa*, Schiff. 1775 (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) en relación al pino parasitado, *Bolet. Asoc. Esp. Entomol.* 21 (1997) 119–125.
- [41] M. Colacci, N.G. Kavallieratos, C.G. Athanassiou, M.C. Boukouvala, C.I. Rumbos, D.C. Kontodimas, D. Pardo, J. Sancho, E. Benavent-Fernández, S. Gálvez-Settier, A. Sciarretta, P. Trematerra, Management of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in urban and suburban areas: trials with trunk barrier and adhesive barrier trap devices, *J. Econ. Entomol.* 111 (1) (2017) 227–238.
- [42] M. Kanat, M.H. Alma, F. Sivrikaya, Effect of defoliation by *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of *Pinus brutia* Ten. in Turkey, *Ann. Forest Sci.* 62 (2005) 91–94.
- [43] S. Ziouche, F. Baali, D. Moutassem, Z.-E. Djazouli, Stratégies de choix de l'emplacement des nids d'hiver de *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775) au niveau de trois pinèdes dans la région de Bordj Bou Arreridj (Algérie), *Rev. Agrobiol.* 7 (2) (2017) 412–426.
- [44] M. Zamoum, J.-C. Martin, A. Bensidi, R. Bahmane, Immediate and delayed mortality of the pine processionary moth treated by *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* 3a 3b in the sub-Saharan pine reforestations, *Turk. J. Forest* 17 (2016) 76–79.
- [45] K. Bachir, G. Tail, M. Zamoum, L. Aci, H.S. Cherif, F. Saïdi, Infestation par *Thaumetopoea pityocampa* Den. et Schiff. dans deux pineraies de la région de Djelfa (Algérie) et impact de *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea* sur la mortalité et la consommation des larves in vitro, *Rev. Agrobiol.* 2 (2017) 412–426.



Les Coléoptères des pinèdes des zones semi-arides en Algérie. Beetles pine forests in semi-arid areas in Algeria

Authors: MecheriHadjer²; GhanemRym¹; AdjamiYasmine¹; MasnaFatiha²; Ouakid Mohamed Laid¹

Affiliation :

1- Laboratoire de neuro-Endocrinologie Appliquée. Département de biologie, BP 12, Faculté des sciences, Université Badji- Mokhtar 23000 Annaba, Algérie.

2- Equipe de laboratoire de désertification et climat, Département de mécanique, 37 route de Ghardaïa. Laghouat, Algérie.

Contact: hadjer_mecheri@ymail.com

Résumé _

En Algérie, la connaissance de l'entomofaune des régions semi-arides et arides des différents milieux steppiques reste limitée. Notre étude propose un inventaire des Coléoptères des pinèdes en milieu semi-aride de la région de Djelfa. Pour cette étude, nous avons choisi la forêt de Djellale. L'échantillonnage a été réalisé grâce à plusieurs types de pièges ; la chasse à vue (récolte à la main), piège aérien, le piège fosse (pot Barber) et le bac jaune (récipient coloré). Nos résultats révèlent la présence de 29 espèces réparties sur 11 familles (Géotrupidae, Carabidae, coccinellidae, Curculionidae, Meloidae, Scarabidae, Cetoniinae, Buprestidae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Trogidae).

Mots clés : Zones semi-arides, Djelfa, inventaire, Entomofaune, Coléoptères.

Abstract _

In Algeria, the knowledge of the insect fauna of the semi-arid and arid regions of different steppes remains limited. Our study provides an inventory of pine beetles in semi-arid region of Djelfa. For this study, we have chosen the forest Djellal. Sampling was achieved through several types of traps: (hand harvesting), air trap, the pit trap (pot Barber) and the yellow bin (colored container). Our results reveal the existence of 29 species distributed around 11 families (Géotrupidae, Carabidae, Coccinellidae, Curculionidae, Meloidae, Scarabidae, Cetoniinae, Buprestidae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Trogidae).

Keywords: Semi-arid Zones; Djelfa; inventory; Entomofauna; Beetles.

1. Introduction

L'écosystème forestier est une unité fonctionnelle dont la dynamique repose sur des interactions entre plusieurs espèces d'animaux, de végétaux et de micro-organismes. Les forêts hébergent une importante faune dont les insectes, une classe extrêmement diversifiée et d'une grande importance pour les écosystèmes (Wiggins, 1983 ; Finamore, 1996). Ils participent à toute la gamme des processus naturels essentiels au maintien des systèmes biologiques, et représentent aujourd'hui plus de 75 % des espèces animales connues (Wiggins *et al.*, 1991).

En Algérie, le pin d'Alep constitue l'essence principale des formations forestières, il occupe plus de 35% de la superficie forestière globale du pays. Les forêts de pin d'Alep, connaissent depuis plusieurs années d'importants problèmes phytosanitaires. Il est évident que le facteur causal est le manque de sylviculture appropriée et le non-respect des méthodes de reboisement. Dans ce type de forêts, les insectes ravageurs constituent les principales sources de perturbation forestière (Khouss & Gachi, 1996).

Les inventaires ont toutefois évolué et les travaux de détection, de suivi et de control sont maintenant axés sur les insectes dont l'impact économique ou social est reconnu. Effectuer un inventaire entomologique est fondamental non seulement pour comprendre la diversité et l'état de la santé d'une

MecheriHadjer; GhanemRym; AdjamiYasmine; MasnaFatiha et Ouakid Mohamed Laid

forêt, mais aussi pour pouvoir comprendre le fonctionnement et la complexité des interactions entre les organismes dans l'écosystème forestier.

En Algérie plusieurs études sont réalisées sur l'inventaire des arthropodes en général et de l'entomofaune en particulier dans les milieux forestiers. Nous citons les travaux de Fritah (1984) dans la cédraie de Belezma, les travaux de Benkhelil *et al.* (1992) sur la composition et la structure du peuplement de Coléoptères dans le Parc National de Babor, ceux de Mehenni (1994) dans la cédraie du Parc National de Chrèa et Ghanem (2014) dans les subéraies du Parc National d'El-Kala.

Notre travail tente d'évaluer l'abondance des Coléoptères à travers un inventaire préliminaire des différentes espèces d'insectes inféodées aux pinèdes en milieu semi-aride de la région de Djelfa. Pour cette étude nous avons choisi la forêt de Djellal, localisée au Nord de l'Atlas saharien.

2. Matériel et méthodes :

2.1. Présentation de la région d'étude

La Wilaya de Djelfa est comprise dans un étage bioclimatique semi-aride, elle est localisée au sud de la capitale d'Algérie (Alger) et au nord de l'Atlas saharien. Nous avons choisi la forêt de Djellal pour réaliser notre inventaire. Elle est située sur les monts des Ouled Naïl, à environ 4 km au sud-est de la ville de Djelfa. (Tab. 1)(Fig. 1).

Tableau 1 : Caractéristiques du site d'étude

Forêt	Superficie (hec)	Altitude (m)	latitude	longitude	Essence principal
Djellal	7,374	978	34°33' N	3°21' E	pin d'Alep



Figure1.-Localisation géographique de la région d'étude (carte à 1/400000) modifiée

2.2. Méthodologie appliquée sur terrain et au laboratoire

L'échantillonnage du peuplement des Coléoptères est réalisé grâce à plusieurs types de pièges :

Récolte à vue

En général la chasse à vue est assez délicate. Selon Martin (1983), la chasse à vue permet de mieux découvrir quelle espèce est associée à telle plante. Les récoltes ont été effectuées entre Mars, Avril et Mai, elles ont impliqués des observations minutieuses de la surface des troncs des arbres. Tous les adultes présents entre le collet et les premières branches ont été prélevés et mis dans des boîtes en plastiques aérées.

Pièges Barber

Le piégeage a été effectué par l'utilisation de pièges d'interception ou pots Barber. Ces derniers occupent une grande place dans l'étude quantitative des différentes caractéristiques du peuplement animal (Mathey *et al.*, 1984). Les pièges sont constitués de gobelets en polystyrène (20 Cl) enterrés jusqu'au bord supérieur de façon à créer un puit dans lequel les insectes marcheurs vont choir. Une plaque (pierre, tuile ou écorce), disposée à un centimètre au-dessus du bord supérieur du piège, protège de l'eau de pluie. Ces pièges ont été rendus attractifs par l'addition de 4 cl de l'eau vinaigrée et de sel (conservateur).

Pièges aériens

Les pièges aériens permettent de capturer les coléoptères en vol. Ces pièges sont constitués de bouteilles en plastique de 5L qu'on accroche à une branche d'arbre à l'aide d'un cordon ou une ficelle. Une ouverture de 10cm X 10cm est taillée sur l'une des faces du piège pour permettre l'entrée des insectes. Le même mélange vinaigre-sel utilisé dans les pots barber est utilisé également dans les pièges aériens.

Récipients colorés

Bacs de congélation aluminium de 0.5 litre, peints en jaune orangé à la bombe, remplis de 4 cl de vinaigre et du sel pour un plus long délai de conservation. Ce système de piégeage se pratique aussi avec des bacs peints 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.

Au laboratoire

Les insectes récoltés ont été prélevés à l'aide d'une pince souple et conservés immédiatement dans des tubes à essai contenant de l'éthanol à 70°. Sur chaque tube nous avons marqué le nom de site, la date et le nom du piège utilisé. L'identification des espèces a été réalisée au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire (G x 4) et stéréoscope. La distinction des différents ordres, les familles et les espèces a été basée sur les clés d'identification des caractères morphologiques externes. Les identifications ont été confirmées par le laboratoire entomologique de Barcelone.

2.3. Indices écologiques

Nous avons procédé au calcul des indices écologiques les plus pertinents pour caractériser ce peuplement

Richesse totale : ou spécifique(S) d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la compose dans la région d'étude.

Indice de Shannon-Weaver (La diversité spécifique) : Le degré d'organisation de tout peuplement se traduit par un certain spectre de fréquence de l'espèce la plus rare et de celle la plus abondante. Du point de vue écologique la diversité spécifique s'explique par la répartition inégale des individus entre les espèces. Selon (Ramade, 1984), l'indice de Shannon-Weaver (H') permet de calculer la diversité spécifique, cet indice s'exprime en bits par individu.

$$H' = - \sum_{i=0}^S \frac{Q_i}{Q} \log_2 \frac{Q_i}{Q}$$

Qi : nombres des individus de l'espèce « i »

Q : nombre totales des individus des espèces échantillonnées

H_{max} = log₂ (S) dont « S » : Richesse totale de l'échantillon.

Équitabilité : L'indice de Shannon-Weaver est complété par l'indice de l'Équitabilité qui est le rapport de la diversité spécifique à la diversité maximale (Barbault, 1981), représenté par la formule suivante : $E = \frac{H'}{\log_2 S}$

3. Résultats :

Les Coléoptères inventoriés totalisent pour l'instant une liste de 29 espèces. Ces derniers sont répartis entre 11 familles systématiques.

La figure ci-dessous, met en évidence l'importance des différentes familles. Les plus représentatifs sont les Carabidae en premier avec 11 espèces soit un taux de 37,93%, ensuite vient en deuxième position la famille des Tenebrionidae, la famille des Staphylinidae, la famille des Buprestidae et la famille des Curculionidae avec 3 espèces chacune ce qui représente un taux de 10,34%. Le reste des Coléoptères sont réparti entre 6 familles contenant une seule espèce, en l'occurrence les Coccinellidae, Cetoniinae, Trogidae, Meliodae, Géotrupidae, Scarabaeidae, soit un pourcentage de 3,45% (Fig. 2).

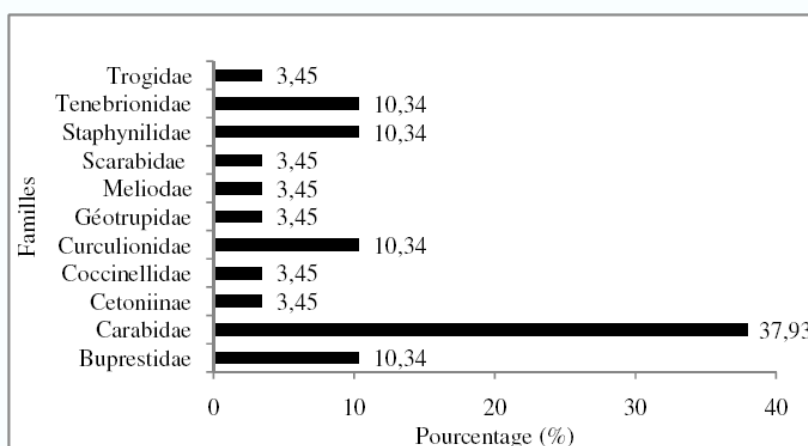


Figure2. Taux d'espèces représentant chaque famille des Coléoptères

Le peuplement des Coléoptères de la région de Djelfa est caractérisé par une dominance d'espèces appartenant à la famille des Carabidae, elle est représentée essentiellement par *Calathus luctuosus* (Latreille 1804), *Duvalius sp* (Delarouze, 1859), *Cychrus angustatus* (Hoppe & Hornschuch, 1825), *Amara equestris zabriodes* (Duftschmid, 1812), *Calathus sp* (Latreille 1804), *Ophonus rufipes* (Degeer, 1774), *Bembidion fulvipes* (Sturm, 1827), *Harpalus sp* (Degeer, 1774), *Ophonus sp* (Degeer, 1774) et *Carabidae sp*.

La famille des Tenebrionidae est représentée par trois espèces, *Pimelia sp* (Khig 1830), *Tentyria curculionides interrupta* (Latreille, 1807) et *Blaps gigas* (Linnaeus, 1767). Chacune des familles Meloidae, Elatridae, Staphylinidae, Buprestidae, Curculionidae dénombrent également trois espèces.

Les familles restantes (Coccinellidae, Géotrupidae, Meliodae, Scarabidae, Trogidae) comptent une espèce chacune (Tab. 2).

Tableau 2 : Composition du peuplement de Coléoptères récolté dans les pinèdes de Djelfa

Familles	Espèces	Familles	Espèces
Buprestidae	<i>Anthaxia funerula</i> (Illiger, 1803)	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Anthaxia semicuprea</i> (Küster, 1852)	Curculionidae	<i>Ceutorhynchus sp</i> (Germar, 1824)
	<i>Acmaeodera sp</i>		<i>Sitona longulus</i>

	(Eschscholtz, 1829)		(Gyllenhal, 1834)
Carabidae	<i>Amara equestris zabriodes</i> (Duftschmid, 1812)		<i>Anthonomuspedicularius</i> (Germar, 1817)
	<i>Bembidion fulvipes</i> (Sturm, 1827)	Géotrupidae	<i>Trypocopriss vernalis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Calathus luctuosus</i> (Latreille1804)	Meliodae	<i>Meloe majalis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Calathus sp</i> (Latreille1804)	Scarabidae	<i>Amphimallon sp</i> (Berthold, 1827)
	<i>Cychrus angustatus</i> (Hoppe & Hornschuch, 1825)	Staphynilidae	<i>Staphynilidae sp</i>
	<i>Duvalius sp</i> (Delarouzee, 1859)		<i>Quedius lateralis</i> (Bernhauer, 1908)
	<i>Harpalus sp</i> (Latreille, 1802)		<i>Ocypus sp</i> (Leach, 1819)
	<i>Ophonus rufipes</i> (Degeer, 1774)	Tenebrionidae	<i>Pimelia sp</i> (Khig 1830)
	<i>Ophonus sp</i> (Degeer, 1774)		<i>Tentyria curculionides interrupta</i> (Latreille, 1807)
	<i>Carabidaes sp1</i>		<i>Blaps gigas</i> (Linnaeus, 1767)
	<i>Carabidaes sp2</i>	Trogidae	<i>Trox scaber</i> (Linnaeus, 1767)

L'indice de Shannon-Weaver (**H'**) calculé montre que la valeur obtenue est élevée, 2,910 bits à Djellal. Ce qui permet de qualifier ce biotope de favorable à l'installation de diverses espèces où le climat est tolérable et les ressources alimentaires sont suffisamment disponibles.

Pour l'Équitabilité (**E**), elle est proche de 1, il y a la quasi-totalité des espèces, donc notre diversité observée est proche de la diversité maximale. Elle traduit alors une distribution d'abondance proche de l'équilibre et le milieu est favorable pour la biodiversité (Tab.3).

Tableau 3 : Valeurs des indices écologiques calculés

Richesse Spécifique	Indice de Shannon (H)	Indice de Shannon théorique (H max)	Équitabilité (E)
29	2,91	4,95	0,59

4. Discussion

Les insectes comme tous les êtres vivants participent à l'équilibre des écosystèmes. Ils existent environ deux millions d'espèces qui sont actuellement décrites, ce qui représente 90% de toutes les espèces animales connues (Hoffman & Vaughan, 2003).

Les Coléoptères représentent le groupe le plus riche en espèces d'insectes dans le monde, qui se caractérisent par un mode de vie très diversifié (phytophages, décomposeurs, auxiliaire, xylophages, prédateurs....etc.) (Leraut, 2003) qui leurs permet de jouer un rôle écologique dans les écosystèmes forestiers.

L'inventaire des Coléoptères que nous avons réalisé au niveau des pinèdes de Djellal, compte 396 individus appartenant à 29 espèces, réparties sur 11 familles dont la majorité appartient à la famille des Carabidae.

Les Carabidae trouvés dans notre site d'étude sont représentés par 11 espèces. Plus de 1 000 espèces ont été inventoriées. 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 sont relativement importants si on les compare à ceux d'autres inventaires effectués dans le même étage bioclimatique (semi-aride). Parmi ces inventaires, nous citerons celui de Dellouli (2006) dans les forêts de Senalba Chargui (Djelfa) dont les principales essences forestières est celui de pin l'Alp et le chêne-vert, cet inventaire met en évidence la présence de 42 espèces de Coléoptères repartis sur 15 familles avec l'abondance des Ténébrionidae, les Curculionidae, les Carabidae et Scarabaeidae. L'inventaire de Bouragba (2007) dans la même région, (reboisement de Moudjbarails) présente 8 familles avec la dominance des mêmes espèces que nous citons.

Selon les travaux de Benia (2010) dans la forêt du chêne vert de Tafat à Sétif (Nord-Est Algérien), dans un étage bioclimatique semi-aride à sub-humide, 71 espèces de Coléoptères ont été inventorié avec la dominance de la famille de Curculionidae. Dans l'ouest Algérien dans la région de Tlemcen, Nichane *et al.* (2013) ont récoltés 30 espèces de Coléoptères réparties entre 9 familles.

On allant vers l'étage bioclimatique sub-humide, dans la région d'El-Kala, Ghanem (2014) a dénombré 68 espèces de coléoptères réparties entre 10 familles. La famille des Scarabidae est la plus riche avec 15 espèces.

Selon cette diversité des travaux réalisés en Algérie dans les différents étages bioclimatiques, on remarque que chaque étage bioclimatique est caractérisé par l'abondance de certaines familles.

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).

D'après Dajoz (1980), les conditions climatiques ambiantes (températures, précipitations atmosphériques, etc....) exercent une action cinétique directe sur les grandes fonctions physiologique et les réactions comportementales des insectes. Ainsi 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 constaté ces derniers temps, les espèces tendent à déplacer leurs aires vers des latitudes et des altitudes plus élevées (Davis, 1989).

L'indice de Shannon-Weaver calculé, permet d'estimer la diversité des Coléoptères dans les pinèdes Djellal, il a également indiqué un biotope favorable à l'installation de diverses espèces où le climat est tolérable et les ressources alimentaires semblent disponibles.

5. Références bibliographiques :

Barbault, R., 1981.- Ecologie des populations et des peuplements. Ed. Masson, Paris, 200 p.

Benia F., 2010. - Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse de doctorat d'état de science, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Ferhat Abbas, Sétif. Algérie, 250 p.

BENKHELIL M. et DOUMANDJI S., 1992. - Notes écologiques sur la composition et la structure du peuplement des Coléoptères dans le parc national de Babor (Algérie). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, vol. 57 : 617 - 621.

Bouragba N., 2007.- Systématique et écologie de quelques groupes d'Arthropodes associés à diverse formation végétale en zone semi-aride. Thèse de doctorat d'état en Science de la nature, Université science technique, Houaria Boumediène, Bab Ezzouar (U.S.T.H.B.), 180 p.

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

DAVIS M.B., 1989.- Lags in vegetation response to global warming. *Climate Change*, vol. 15: 75-82.

Dellouli S., 2006.- Ecologie de quelques groupes de macro-Arthropodes (Coléoptères- Araneae) associés à la composition floristique en fonction des paramètres : altitude-exposition, cas de la forêt de Senalba Chargui (Djelfa). Thèse de Magister, centre universitaire Djelfa, 105 p.

Finnamore A-T., 1996.-The advantages of using arthropods in ecosystem management. A brief from the Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), 11 p.

Fritah S., 1984. - Etude de l'entomofaune du cèdre de l'Atlas Cedrus atlantica dans la région de Batna et Khenchela. Mémoire ingénieur, Institut Nationale d'agronomie, El Harrach, 73 p.

Ghanem R., 2014.- Facteurs biotiques impliqués dans l'état sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Effet des insectes ravageurs sur les feuilles et les glands. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 159 p.

Hoffman B S & Vaughan D.M., 2003.- Endangered insects. Dans : Resh, V. H. et R. T. Carde (edir). *The Encyclopedia of insects*. Academic Press, San Diego, 364-369.

KHOUS M. & GACHI M., 1996.-Les problèmes entomologiques de nos forêts. *Revue d'information « la forêt algérienne »*, vol. 01 :11-13.

Leraut P., 2003.- Le guide entomologique Plus de 5000 espèces européennes. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 527 p.

Martin, J.E.H., 1983.- Les Insectes et les Arachnides du Canada. 1ère partie : Récolte, préparation et conservation des insectes, des acariens et des araignées. *Canada Agriculture*, 11- 86.

Mathey W., Dellasanta E. & Wannenmacher C., 1984.- Manuel Pratique d'écologie. Ed: Payot, Lausanne, Suisse, 207 p.

Mehenni M.T., 1994.- Recherches écologiques et biologiques sur les Coléoptères des cédraies algériennes. Thèse de doctorat en sciences naturel. Université science technique, Houaria Boumediène, Bab Ezzouar (U.S.T.H.B.), 320 p.

NICHANE M., BOUCHIKHI T. Z., KHELIL M. A., 2013.- Contribution à l'étude de l'entomofaune de quelques espèces résineuses de la région des Traras occidentaux (Tlemcen – Algérie). *Lebanese Science Journal*, vol. 14 : 25-39.

Pena M., 2001.- Les Carabidae (Colioptera) des hauts sommets de Charlevoix : Assemblages et cycles d'activité dans les environnements alpin, subalpin et forestier. Mémoire DES, Université Québec, Rimouski, 59 p.

Ramade F., 1984.- Elément d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Me Graw-Hill, Paris, 397 p.

RICARD J.M., BOREAUDE ROINCE C., Garcin A., Jay M., Mandrin J.F., Lavigne C., Bouvier J.C., Mille M., 2011.- Fonctionnalité des arthropodes du sol dans le contrôle des ravageurs du pommier (2e partie). *Infos-Ctifl*, vol. 273: 24-29.

WIGGINS G.B., 1983.- Entomology and society. *Bulletin of the Entomological Society of America*, vol. 29: 27-29.

WIGGINS G.B., MARSHALL S.A., DOWNES J.A., 1991.- The importance of research collections of terrestrial arthropods. A brief. Bulletin of the Entomological Society of Canada, vol. 23(2): 16.

Annexe 2 (Quelques espèces inventoriées et identifiées) :



Potosia opaca (x4)



Duvalius sp1(x8)



Silpha carinata (x2)



Carabidae sp (x2)



Trypocopris vernalis (x2)



Amphimallon sp (x2)



Sepidium sp (x2)



Sitona longulus (x8)



Ceutorhynchus sp (x8)



Anthaxia funerula (x8)



Tentyria curculionides interrupta(x2)



Acmaeodera bipunctata (x8)



Bembidion tetragrammum (x8)



Meloe majalis



Forficula auricularia (x4)



Oulema melanopus (x8)



Quedius lateralis (x8)



Vespula vulgaris



Crematogaster sp (x4)



Lasius sp (x4)



Drosophila melanogaster (x4)



Isoptera sp (Solda) (x8)



Calliphora sp (x2)



Dziriblatta nigriventris (x4)



Dziriblatta stenoptera (x4)



Phyllodromica sp (x4)



Lepisma sp (x4)



Liposcelis bostrychophila (x12)



Orsillus sp (x8)



Lygaeus pandurus (x2)



Anthocoris sp



Damaeidae sp (x20)



Euzetidae sp (x20)



Bdella sp1(x20)



Bdella sp2 (x20)



Erythraeidae sp (x20)



Phytoseiidae sp (x20)

Annexe 3 (Communications internationales et nationales)

Communications Internationales 24 :

Mecheri H.; Masna F. ; Laroui A.; Sebaa S.; Tiar G.- 1^{er} Congrès Méditerranéen, Biodiversité Animal et Ecologie de la Santé, intitulée : « Structure et démographie d'une population de Turtue mauresque (Testudo Graeca L. 1758) dans un climat semi-aride à Aflou », déroulée le 15 au 18 Octobre 2011 à Annaba – Algérie.

Mecheri H.; Masna F. ; Adjami Y.; Ghanem R.; Ouakid M.L.; Adamou A-E.- 2^{ème} Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR), intitulée : «Biodiversité de l'entomofaune des forêts de la région semi-aride de Djelfa », déroulé le 18-20 Mars 2014, Tabatka, Tunisie.

Masna F. ; Habbachi W. ; Elbah D. ; **Mecheri H.** ; Ouakid M.L.; Adamou A-E.- IIème Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR), intitulée : «Effets des extraits des feuilles de chene-liege (Quercus suber l.) Et d'eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis, Eucalyptus globulus) sur l'attractivite alimentaire de lobopectera decipiens (Dictyoptera ; Blattellidae) », déroulé le 18 au 20 Mars 2014 à Tbarka, Tunisie.

Mecheri H.; Adjami Y. ; Masna F.; Ghanem R.; Daas H. ; Ouakid M. L. ;Adamou A-E. - 4^{ème} congrès franco-maghrébin de zoologie & 5^{ème} journées franco-tunisiennes de zoologie, intitulée : « Biodiversite de l'entomofaune des forets de la region semi-aride de Djelfa associee a la composition floristique du chên vert (quercus ilex)», déroulé le 13-17novembre 2014 à Korba, Tunisie.

Masna F. ; Habbachi W. ; **Mecheri H.** ; Ouakid M.L. & Adamou A-E - 4^{ème} congrès franco-maghrébin de zoologie & 5^{ème} journées franco-tunisiennes de zoologie, intitulée : «Repartition du genre Lobopectera (Dictyoptera : Blattellidae): activité des blattes dans les forêts algériennes », déroulé le 13-17novembre 2014 à Korba, Tunisie.

Mecheri H.; Adjami Y.; Ghanem R.; Masna F.; Daas H. Benhissen S.; Ouakid M.L. et Adamou A-E. - 1^{er} Congrès International sur le Milieu Aride (CIMA 2014) «Ressources, Biodiversité, Environnement», intitulée : « Les Coléoptères des pinèdes des zones semi-arides en Algérie », déroulé le 09, 10 et 11 Décembre 2014, Ghardaïa, Algérie.

Mecheri H. ; Ghanem R.; Masna F.; Daas H. Adjami Y.; Ouakid M.L. et Adamou A-E. – III ème congrès international de biotechnologie et valorisation des bio-Ressources (AT-BVBR) « Inventaire de l'entomofaune forestière inféodée a deux essences (pin d'Alep et chêne vert) de la forêt de Benyacoub dans la région semi-aride de Djelfa » déroulé le 20 au 23 mars 2015, Tabarka, Tunisie.

Mecheri H. ; Ghalem R. ; Adjami Y. Adamou A-E. et Ouakid M. L. – 1^{er} Congrès International de la biodiversité végétale (CIBV) « Evaluation de l'état sanitaire des pinèdes de la forêt Djellal (Djelfa) Sud Algérien » déroulé le 09 au 11 Octobre 2015, Marrakech, Maroc

Masna F.; Habbachi W. ; **Mecheri H.** ; Benhissen S.; Ouakid M.L.; Adamou A-E - 1^{er} Congrès International sur le Milieu Aride (CIMA 2014) Ressources, Biodiversité, Environnement», intitulée : « Inventaire des Blattes forestières (Dictyoptera) dans les des zones arides d'Aflou (Laghouat) », déroulé le 09, 10 et 11 Décembre 2014, Ghardaïa, Algérie.

Masna F.; Habbachi W. **Mecheri H.** ; Benhissen S.; Ouakid M.L.; Adamou A.E - The second international conference on natural health (ICONAHE), intitulé «activité toxique d'un biopesticidee l'Azadirachtinsur Blattella germanica (Dictyoptera: Blattellidae) », déroulé le 27 octobre 2014 Mostaganem, Algérie.

Benhissen S. ; Habbachi W. ; Masna F. ; **Mecheri H.** ; Ouakid M.L. et Bairy A. - 1^{er} Congrès International sur le Milieu Aride (CIMA 2014) «Ressources, Biodiversité, Environnement», intitulée : « fécondité, fertilité et comportement d'oviposition des femelles gravides de culex pipiens (Diptera : culicidae) », déroulé le 09, 10 et 11 Décembre 2014, Ghardaïa, Algérie.

Ghanem R. ; Adjami Y.; Daas H.; **Mecheri H.**; Elbah D.et Ouakid M.L. - 1^{er} Congrès International sur le Milieu Aride (CIMA 2014) «Ressources, Biodiversité, Environnement», intitulée : « Biodiversité d'un peuplement de coléoptères des forêts du nord-est Algérien », déroulé le 09, 10 et 11 Décembre 2014, Ghardaïa, Algérie.

Ghanem R. ; Adjami Y; Daas H; **Mecheri H.** et Ouakid M.L. - 4^{ème} congrès franco-maghrébin de zoologie & 5^{ème} journées franco-tunisiennes de zoologie, intitulée : « Biodiversité de l'entomofaune dans les différents écosystèmes du Parc National d'El Kala (PNEK) », déroulé le 13-17novembre 2014 à Korba, Tunisie.

Ghanem R; Daas H ; Adjami Y; **Mecheri H.** et Ouakid M.L. - 2^{ème} Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR), intitulée : «Effet d'un biopesticide, le Spinosad sur les larves des Carpophages des glands de chêne-liège récoltés dans la forêt de l'Edough (Serai-di-Annaba) », déroulé le 18-20 Mars 2014, Tabatka, Tunisie.

Daas H; Ghanem R; Adjami Y; **Mecheri H.** ; Ouakid ML et Tahraoui A. - 4^{ème} congrès franco-maghrébin de zoologie & 5^{ème} journées franco-tunisiennes de zoologie, intitulée : « Résultats préliminaires de la biodiversité entomologique des subéraies de Souk-Ahras », déroulé le 13-17novembre 2014 à Korba, Tunisie.

Daas H; Ghanem R ; Adjami Y ; **Mecheri H.** ; Bairy A. - 2^{ème} Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR), intitulée : « Effet d'un bioinsecticide (spinosad) sur la germination et la croissance des plantules issues des glands de chêne-liège », déroulé le 18-20 Mars 2014, Tabatka, Tunisie.

Adjami Y ; Ghanem R; Daas H; **Mecheri H.** ; Ouakid ML ; Tahraoui A. - 2^{ème} Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR), intitulée : « Toxicité d'un IGRS (InsectGrowthRegulator) le Rh-0345 à l'égard des Carpophages des glands du chêne-liège », déroulé le 18-20 Mars 2014, Tabatka, Tunisie.

Adjami Y., **Mecheri H.**, Ghanem R., Sedira K. ; Ouakid M.L. & PujadeVillar J.; 1^{er} Congrès International de la biodiversité végétale (CIBV) « L'évaluation phytosanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien (El-Kala) au cours des années 2005 -2011» déroulé le 09 au 11 Octobre 2015, Marrakech, Maroc.

Adjami Y. ; Daas H.; Ghanem R.; **Mecheri H.**; Sedira K.; Ouakid M.L. & PujadeVillar J.; 4^{ème} Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR) intitulée : « Effet d'un bio-pesticide, le spinosad sur la mortalité des carpophages des glands de chêne-liège récoltés dans la forêt de l'Edough (Annaba)», déroulé le 24-27 Mars 2016, Hammamet, Tunisie.

Ghalem R ; Sedira K; **Mecheri H.**; Daas H;Adjami Y&Ouakid ML: 2016- La defoliation dans les subéraies du Nord-Est Algérien: Casdes forêts de l'Edough (Annaba), OuledBechih (Souk-Ahras) et El Kala (El Taref). IV^{ème} congrès international de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (AT-BVRB). (Hammamet-Tunisie 2016).

Sedira K. ; Adjami Y ; Ghanem R; Daas H; **Mecheri H.** ; Elbah D. ; Tadjer W. ; Ouakid ML ; Tahraoui A ; 4^{ème} Congrès Inrtnational de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR) intitulée : « Influence de l'infestation des glands de chêne-liège par le carpophage et l'attaque fongique sur la germination », déroulé le 24-27 Mars 2016, Hammamet, Tunisie.

Elbah D. ; Daas H.; Habbachi W.; Matoug H.; Tadjer W.; **Mecheri H.**; Sedira K.; Ouakid ML ; Tahraoui A ; 4^{ème} Congrès Inrtnational de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR) intitulée : « Activité insecticide d'extraits aqueux d'une plante médicinale Peganum harmala (Zygophyllaceae) sur la blatte germanique Blattella Germanica (Dictyoptera : Blattellidae) » déroulé le 24-27 Mars 2016, Hammamet, Tunisie.

Gouri M ; Dourbani S ; Adjami Y ; Sedira K ; Daas H ; **Mecheri H.** & Ouakid ML. ; 4^{ème} Congrès Inrtnational de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR) intitulée : « Etude de l'infestation des feuilles du chêne-liège dans les subéraies de l'Edough (Annaba-Algérie) » déroulé le 24-27 Mars 2016, Hammamet, Tunisie.

Rouaïnia L, Djoumaat K, Adjami Y, **Mecheri H.**, Sedira K, Ouakid M.L. ; 4^{ème} Congrès Inrtnational de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources (BVBR) intitulée : «Contribution à l'inventaire des araignées dans les subéraies de Nord-Est Algérien (L'EDOUGH) » déroulé le 24-27 Mars 2016, Hammamet, Tunisie.

Communications nationales 05 :

Mecheri H.; Sedira K. ; Ghalem R. ; Adjami Y.; Elbah D.; Tadjer W.; Ouakid M.L.; Colloque national sur Biodiversité en Algérie: connaissance, valorisation et conservation intitulée : « Evaluation de l'état sanitaire des cônes de pinèdes dans une région semi-aride (Djelfa) », déroulé le 22 Mai à Batna, Algérie.

Benhissen S. ; Habbachi w.; Masna F. ; **Mecheri H.** ; Ouakid M.L.& Bairi A. ; young chemists and biochemists, intitulé: « effets toxiques des extraits aqueux des feuilles de Daphné gnidium (Thyméléacées) sur le développement de culex pipiens (Diptera : Culicidae) »,déroulé le 21au 23 Octobre 2014, Bechar , Algérie.

Daas H. ; Sedira K. **Mecheri H.**; Ghalem R. ; Adjami Y.; Ouakid M.L.; Colloque national sur Biodiversité en Algérie: connaissance, valorisation et conservation intitulée : «Les coléoptères des subéraies du nord-est Algérien. Cas des subéraies de Souk-ahras», déroulé le 22 Mai 2016 à Batna, Algérie.

Gouri M. ; Dourbani S. ; Adjami Y.; Rouaïnia L. ; Sedira K. ; Daas H.; **Mecheri H.**; et Ouakid M.L. ; Colloque national sur Biodiversité en Algérie: connaissance, valorisation et conservation intitulée : « Etat sanitaire des feuilles du chêne-zeen dans les zeenaies de L'Edough (Annaba, Algérie) » déroulé le 22 Mai 2016 à Batna, Algérie.

Djoumaat K. ; Rouaïnia L. ; Adjami Y.; **Mecheri H.**; Sedira K. et Ouakid M.L.; Colloque national sur Biodiversité en Algérie: connaissance, valorisation et conservation intitulée : « Biodiversité des araignées recensé dans la forêt du chêne-liège d'El-barouaga (l'Edough, Algérie) » déroulé le 22 Mai 2016 à Batna, Algérie.

Résumé

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) et le chêne vert (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* Lam.) constituent les principales essences forestières dans la région de la bordure sud de la Méditerranée (Atlas saharien-Algérie). Dans ce sens, notre étude s'est fixé pour objectif d'évaluer l'état de santé du peuplement naturel de trois forêts dégradées dans la région de Djelfa (Senalba Chergui et Gharbi, Djellal Chergui) durant trois années (2012, 2013 et 2015). Les arbres échantillonnés ont fait l'objet d'une étude dendrométrique. Aussi, nous avons utilisé différents type de pièges pour collecter les insectes au niveau de la litière, du tronc, de la cime et du fruit (glands ou cônes), afin d'explorer la biodiversité entomologique et de caractériser les principaux ravageurs. La vigueur des peuplements a été appréciée par le biais de la défoliation, de la décoloration et de l'indice de dépérissement (ID) qui exprime l'état général des peuplements. Enfin nous avons testé l'effet bioinsecticide de trois extraits d'origine végétale (*Citrullus colocynthis* et *Ricinus communis*) sur la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) par application sur les deux stades larvaires (L2 et L3).

Les résultats obtenus illustrent une hétérogénéité des paramètres dendrométriques des trois forêts étudiées, associée à une variation de la biodiversité de l'entomofaune; dans la forêt d'altitude de Senalba Gharbi, le peuplement a été clairsemé, plus âgé avec des arbres très hauts, une faible richesse entomologique (45 espèces) et un bon état de santé. La forêt de Senalba Chergui de moyenne altitude a présenté un peuplement jeune plus haut et plus dense avec une forte richesse entomologique (86 espèces) et une faible dégradation. La forêt clairsemée de Djellal Chergui d'altitude relativement basse a été occupée par un peuplement moins âgé avec une faible hauteur et une biodiversité considérable (67 espèces) mais avec une forte dégradation. Nos résultats mettent également en évidence des corrélations positives et significatives entre la défoliation et le taux d'infestation des arbres par la chenille processionnaire. Enfin, les résultats des traitements montrent que le stade L3 de cette dernière a été plus résistant que le stade L2. L'extrait des fruits de *C. colocynthis* et l'extrait des feuilles de *R. communis* ont enregistré les concentrations létales (CL50 CL90) les plus faibles que l'extrait des graines de *R. communis* chez les larves (L2).

Mots clés : Climat semi-aride, Pin d'Alep, Chêne vert, Entomofaune, Chenille processionnaire, Bio-insecticide.

Abstract

Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) And holm oak (*Quercus ilex* subsp *rotundifolia* Lam.) Are the main forest species in the southern edge of the Mediterranean region (Saharan Atlas-Algeria). In this sense, our study aimed to evaluate the health status of the natural stand of three degraded forests in the Djelfa region (Senalba Chergui and Gharbi, Djellal Chergui) for three years (2012, 2013 and 2015). The sampled trees were the subject of a dendrometric study. We also used different types of traps to collect insects in the litter, trunk, crown and fruit (acorns or cones), in order to explore the entomological biodiversity and characterize the main pests. Stand vigour was assessed through defoliation, fading, and dieback index (ID), which expresses the general state of the stands. Finally, we tested the bioinsecticide effect of three plant extracts (*Citrullus colocynthis* and *Ricinus communis*) on the processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) By application on the two larval stages (2nd and 3rd instar larvae).

The results obtained illustrate an heterogeneity of the dendrometric parameters of the three studied forests, associated with a variation of the entomofauna biodiversity; in the high altitude forest of Senalba Gharbi, the stand was sparse, older with very tall trees, low entomological richness (45 species) and a good health. The Senalba Chergui a mid-altitude forest has a higher and denser young stand with high entomological richness (86 species) and low degradation. The open forest of Djellal Chergui at a relatively low altitude has been occupied by a younger population with a low height and a considerable biodiversity (67 species) but with an important degradation. Our results also highlight positive and significant correlations between defoliation and tree infestation rate by the processionary caterpillar. Finally, treatment results show that the 3rd instar larvae of this latter was more resistant than the 2nd. The fruit extract of *C. colocynthis* and the leaf extract of *R. communis* recorded the lowest lethal concentrations (LC50 CL90) that the *R. communis* seed extract in the 2nd instar larvae.

Keywords: Semi-arid climate, Aleppo pine, Holm oak, Entomofauna, Processionary caterpillar, Bio-insecticide.

ملخص :

الصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis* Mill.) والبلوط الأخضر (*Quercus ilex* subsp. *rotundifoli*) تشكل أنواع الأشجار الغابية الرئيسية في الحافة الجنوبية لمنطقة حوض المتوسط (الأطلس الصحراوي، الجزائر). على ضوء ذلك، تهدف دراستنا لتقييم الحالة الصحية للمجموعة الطبيعية لأشجار ثلاث غابات متدهورة في منطقة الجلفة، سن الباء الغربي، سن الباء الشرقي و جلال الشرقي على مدى ثلاث سنوات (2013، 2014 و 2015). أجريت على عينات الأشجار في هذه الغابات دراسة بيومترية (الجذع، الأوراق والثمرة). أيضا إستعملنا أنواع مختلفة من الفخاخ (وعاء الصيد، والمصيدة الهوائية والمصيدة الملونة) لجمع الحشرات على مستوى سطح التربة، الجذع، التاج والثمار (البلوط أو المخاريط)، من أجل استكشاف التنوع البيولوجي للحشرات وتحديد خصائص الحشرات الضارة الرئيسية، ونشاط المجموعات من خلال تساقط الأوراق وتغير لونها و من خلال مؤشر التدهور (ID) الذي يعبر عن الحالة العامة لصحة المجموعة. و أخيرا، اختبرنا علاج ليرقة الصنوبر (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) بثلاثة مستخلصات من أصل نباتي، نبات الحنظل ونبات الخروع (*Citrullus colocynthis* et *Ricinus communis*) طبقت على مرحلتين لليرقات م2 و م3 كمبيدات بيولوجية.

توضح النتائج التي تم الحصول عليها على عدم تجانس معالم الشجرة في الغابات الثلاث المدروسة، متبوعة بتغير في التنوع البيولوجي للحشرات: في غابة سن الباء الغربي وعلى ارتفاع عال، كانت مجموعة الأشجار متفرقة، والأكبر سنا مع أشجار طويلة، مع تنوع بيولوجي منخفض (45 نوعًا) وذات صحة جيدة. غابة سن الباء الشرقي ذات علو متوسط وتحتوي على أشجار فنية عالية جدا وكثيفة مع غنى عالي بالتنوع البيولوجي (86 نوعا)، وتدهور منخفض لحالتها الصحية. الغابة المتناثرة لجلال الشرقي ذات علو منخفض نسبيا، تبلغ أشجارها متوسط العمر مع طول منخفض و تنوع بيولوجي معتبر (67 نوعا) ولكن مع تدهور حاد لحالتها الصحية. تسلط نتائجنا أيضا الضوء على علاقات موجبة وهامة بين تساقط الأوراق ومعدل الإصابة بيرقة الصنوبر. في النهاية، تظهر نتائج العلاج أن مرحلة م3 كانت أكثر مقاومة من المرحلة م2. كما سجل مستخلص ثمرة الحنظل *C. colocynthis* ومستخلص أوراق الخروع *R. Communis* أقوى جرعة قاتلة (CL9 CL50) مقارنة بمستخلص بذور الخروع في يرقات م2.

كلمات البحث: مناخ شبه جاف، الصنوبر الحلبي، البلوط الأخضر، Entomofaune، يرقة الصنوبر *Thaumetopoea pityocampa*، المبيدات البيولوجية.