



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور - الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم البيولوجية

Département de Biologie

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Ecologie animale Option :
Ecologie animale

Thème

*Biologie de quelques espèces de Scolytidae et
leurs ennemis naturels dans les pinèdes de Djelfa*

Présenté par : Maida Nacera
Rachedi Chima

Devant le jury :

Président : M. BENSAD Raouf

M.C.B à l'université de Djelfa

Promotrice : Mme BRAGUE BOURAGBA Nadia

Directrice de Recherche a l'I.N.R.F

Co-promotrice : AMRAOUI Sabrina

Doctorante a l'E.N.S.A

Examineur : Mme Dellouli saliha

MA à l'université de Djelfa

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements :

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu qui nous a aidé et nous a accordés de par sa volonté toute la force afin de poursuivre nos recherche sur notre projet de fin d'étude.

Au terme de ce travail, Nous aimerions d'abord remercier notre promotrice Mme Brague Bouragba Nadia Directrice de recherche à l'I.N.R.F, pour sa disponibilité, ses encouragements, conseils, orientations et critiques constructives qui nous ont permis de mener à bien cette étude. Ainsi que notre Co-promotrice Mme Amraoui Sabrina.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury qui vont évaluer notre travail, leurs remarques nous seront d'une grande utilité pour améliorer notre manuscrit.

Nous remercions également Mr Brague Ahmed inspecteur a l'I.N.R.F pour ses conseils avisés et sa contribution à la réalisation de cette étude.

Nous tenons à remercier Mme Maidi Leila, maitre conférences à l'université de Djelfa, pour son soutien moral et ses précieux conseils.

Un grand merci à tout le personnel de l'I.N.R.F spécialement Mme Benmlouka Aicha et Mme Missaoui Oumlkheir .

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants de la spécialité science Ecologie animale, ainsi qu'à nos familles respectives pour leurs l'aide morale et leurs soutien continu.

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à :

À nos chers Parents.

À nos frères et sœurs.

À nos nièces et neveux.

À toute la famille Maidi et Rachedi.

Introduction	1
Chapitre I : Dépérissement et scolytes	
1.1 Définition	2
1.2 Répartition dans le monde	2
1.3 Les Scolytes	3
1.3.1 Description des Scolytes	3
1.3.2 Mécanisme d'installation des Scolytes	4
1.3.3 Cycle de vie	5
1.3.4 La colonisation des arbres	6
1.3.4.1 L'attraction primaire	6
1.3.4.2 L'attraction secondaire et les phéromones d'agrégation	6
1.3.5 Dégâts causés	7
1.4 Moyens de lutte	7
1.4.1 Lutte biologique	7
1.4.2 Perspectives de restauration des écosystèmes souffreteux	8
Chapitre II : Milieu d'étude	
2.1. Les forêts dans la région de Djelfa	9
2.1.1. Les forêts naturelles	10
2.1.2. Les reboisements	10
2.1.3. Etat sanitaire des peuplements	10
2.2. Les stations d'étude	10
2.2.1. La forêt naturelle de Sénalba Chergui	11
2.2.2. La forêt naturelle de Bahrara	12
2.2.3. La forêt naturelle de Toughoursane	13
2.2.4. La forêt naturelle de Guotaya	14
2.2.5 Données climatiques	15
2.2.6 Données climatiques durant la période d'échantillonnage	16
2.3 Présentation de l'essence forestière étudiée	18
2.3.1 Position systématique du pin d'Alep	19
2.3.2 Caractéristiques dendrologiques	19
2.3.3 Distribution géographique du pin d'Alep	20
2.3.3.1. Dans le monde	20
2.3.3.2 En Algérie	21
Chapitre III : Matériel et méthodes	
3.1 Echantillonnage	22
3.1.1 Matériel utilisé	22
3.1.1.1 Sur le terrain	22
3.1.1.2 Au laboratoire	23
3.2 Méthodologie	24
3.2.1 Identification des arbres infestés	24
3.2.2 Abatage de l'arbre	25
3.2.3 Acheminement des rondins au laboratoire	26
3.2.4 Ecorçage	27
3.2.5 Le tri	27
3.2.6 Elevage des insectes	28
3.2.7 Identification des espèces	29
3.2.8 Les indices écologiques	29
3.2.8.1 Richesse spécifique totale (S)	29

3.2.8.2 La richesse moyenne.....	30
3.2.8.3 L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....	30
3.2.8.4 Abondance relative (A.R. %).....	30
Chapitre VI : Résultats et discussion	
4.1. Inventaire des espèces recueillies au cours de l'écorçage.....	31
4.1.2 L'arbre de Sénalba Chergui.....	31
4.1.2.1 Richesse totale (S).....	32
4.1.2.2 Richesse moyenne (Sm).....	32
4.1.2.3 Répartition des espèces recensées.....	32
4.1.2.4 Les résultats relatifs à la biodiversité de l'entomofaune inféodée au Pin d'Alep de la forêt de Senelba.....	33
4.1.2.5 Répartition des stades de vie de certains individus au cours de la période d'écorçage.....	34
4.1.3 L'arbre de Bahrara.....	34
4.1.3.1 Richesse totale (S).....	36
4.1.3.2 Richesse moyenne (Sm).....	36
4.1.3.3 Répartition des espèces recensées.....	37
4.1.3.4 Répartition des espèces recensées.....	37
4.1.3.5 Répartition des stades de vie de certains individus au cours de la période d'écorçage.....	38
4.2 Cycle de biologie de <i>Tomicus destruens</i>	39
4.3 Description des espèces rencontrées.....	41
4.3.1 Ordre des Coleoptera	41
4.3.1.1 <i>Orthotomicus erosus</i>	41
4.3.1.2 <i>Aulonium</i>	42
4.3.1.3 <i>Thanasimus formicarius</i>	42
4.3.1.4 <i>Rhizophagus</i>	43
4.3.1.5 <i>Rhyzobius</i> sp.....	43
4.3.2 Ordre Collembola.....	43
4.3.2.1 <i>Collembola</i> sp.....	43
4.3.3 Ordre Zygentoma.....	44
4.3.3.1 <i>Lepisma saccharina</i>	44
4.3.4 Ordre Diptera.....	44
4.3.4.1 Diptera sp.....	44
4.3.5 Ordre Isoptera.....	45
4.3.5.1 Isoptera sp.....	45
4.3.6 Ordre Hymenoptera	45
4.3.6.1 Hymenoptera sp.....	45
4.3.7 Ordre Hemiptera.....	46
4.3.7.2 Cochenille.....	46
4.3.7.3 Monophlebidae.....	47
4.3.8 Ordre Arachnida.....	47
4.3.8.1 Segestriidae sp.....	47
4.3.8.2 Gnaphosidae sp.....	47
4.3.8.3 Haplodrassus.....	48
4.3.8.4 Linyphiidae sp.....	48
4.3.8.5 Thomisidae sp.....	48
4.3.8.6 Salticidae sp.....	49
4.3.8.7 Pseudoscorpion.....	49

SOMMAIRE

Conclusion générale	51
Références bibliographiques.....	53
Annexes	

Figure 1 :Cycle biologique des scolytides.....	4
Figure 2 : La forêt naturelle de Sénalba Chergui.....	11
Figure 3 : Localisation du site d'étude de Sénalba Chergui (Photo Satellite Google Earth forêt, 2022)	12
Figure4 : La forêt naturelle de Bahrara.....	12
Figure 5 : Localisation du site d'étude de Bahrara (Photo Satellite Google Earth 2022).....	13
Figure 6 : Forêt de Toughersane.....	13
Figure 7 : Localisation du site d'étude de Toughersane (Photo Satellite Google Earth 2022).....	14
Figure 8 : Forêt de Guotaya.....	14
Figure 9: Localisation du site d'étude de Guotaya (Photo Satellite Google Earth 2022).....	15
Figure 10 : Diagramme ombrothermique établi pour la région de Djelfa pour la période (2011-2021).....	16
Figure 11 : Fluctuation des températures moyennes mensuelles durant la période de récolte.....	17
Figure 12: Variations mensuelles des précipitations durant la période d'échantillonnage.....	18
Figure 13: Situation de la région de Djelfa sur le Climagramme d'Emberger.....	19
Figure 14: Pinus halepensis Mill.....	20
Figure 15 : Aires de réparation du pin d'Alep dans le monde (Ghougali, 2020).....	21
Figure 16 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Berroukchhe A., 2014).....	22
Figure 17 : Matériel utilisé sur terrain.....	22
Figure 18 : Matériel utilisé au laboratoire.....	23
Figure 19 : loupe binoculaire.....	23
Figure 20 : Armoire en verre.....	23
Figure 21 : galeries de Scolyte sous l'écorce.....	24
Figure 22 : trous fait par les Scolytes dans l'écorce.....	24
Figure 23 : signe de dépérissement externe.....	25
Figure 24 : galeries forées par les scolytes.....	25
Figure 25 : Abatage et découpage en rondins.....	25
Figure 26 : Découpage et emballage des rondins.....	26
Figure 27 : Préparation des Rondins.....	26
Figure 28 : Recouvreage des rondins de sac plastique.....	26
Figure 29 : Ecorçage des rondins.....	27
Figure 30 : Piluliers contenant les espèces trouvées.....	28
Figure 31 : Stérilisation du sable à l'étuve à 80 °C.....	29
Figure 32 : Protocole de mise en élevage de l'espèce prédatrice (Aulonium sp.).....	29
Figure 33 : Abondance relative des ordres d'Arthropodes au niveau de l'arbre prélevé dans Sénalba.....	32
Figure 34 : abondance relative des espèces d'Arthropodes au niveau de l'arbre prélevé dans Sénalba.....	33
Figure 35 : Répartition des stades larvaires, jeunes adultes et adultes des espèces Tomicus destruens, Orthotomicus erosus, rencontrés dans l'arbre échantillon de la forêt de Senalba chergui.....	34
Figure 36 : Abondance relative des différents ordres rencontrés au niveau de l'arbre échantillon de la forêt de Bahrara.....	37

Liste des figures

Figure 37 : Abondance relative des Arthropodes au niveau du deuxième arbre. (Bahrara).....	38
Figure 38 : Répartition des stades larvaires, jeunes adultes et adultes des espèces Tomicus, Orthotomicus, Aulonium et Thanasimus rencontrés dans l'arbre échantillon de la forêt de Bahrara.....	39
Figure 39 : Cycle de vie de Tomicus destruens.....	40

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Description générale de la végétation dans les stations d'étude.....	15
Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles et pluviosités moyennes mensuelles pendant la période (2011-2021) (O.N.M. Djelfa, 2022).....	16
Tableau 3 : Données climatiques durant la période d'étude (O.N.M. Djelfa, 2022).....	17
Tableau 4 : Liste des espèces recensées au niveau de l'arbre coupé à Sénalba Chergui.....	31
Tableau 5: Liste des espèces recensées au niveau de l'arbre coupé à Bahrara.....	35

Liste des abréviations :

Fig	Figure
Tab	Tableau
<i>T. destruens</i>	<i>Tomicus destruens</i>
<i>O. erosus</i>	<i>Orthotomicus erosus</i>
<i>T. formicarius</i>	<i>Thanasimus formicarius</i>

Introduction générale

Introduction :

Il est maintenant largement reconnu que les forêts fournissent à la société un grand nombre de biens, aussi variés que le bois, les « menus produits forestiers » (liège, écorce...), les baies et autres fruits, les champignons, le gibier, etc., ainsi qu'une variété importante de services (accueil du public, protection de l'eau et des sols, diversité biologique...)(Despres A et Normandin D., 1998). Ces forêts sont toutefois menacées par divers dangers parmi lesquelles les scolytes.

La plupart des travaux consacrés à la faune associée à des Scolytides sont limités à quelques espèces nuisibles à des Conifères et ils n'apportent que peu de données quantitatives (Dajoz Roger, 1993). Des inventaires d'Arthropodes associés à diverses espèces de Scolytides des Conifères ont été réalisés en Amérique du Nord. Dans le cas du genre *Dendroctonus* on peut citer *D. ponderosae* étudié par De Leon D (1934) puis par Dahlsten et Stephen (1974) ; *D. adjunctus* par Chansler, (1967); *D. simplex* par Langor (1991); L'emploi possible des prédateurs, parasitoïdes et compétiteurs des Scolytides dans la lutte biologique contre ces insectes qui sont de dangereux ennemis des Conifères explique l'importance de ces recherches (Moeck & Safranyik, 1984). En Europe il existe également des études sur la faune associée à divers Scolytides dont deux espèces très nuisibles ont attiré l'attention : *Ips typographus* Lieutier, 1974 ; et *Dendroctonus micans* (Kobakhidze et al., 1973).

Dans les pinèdes de l'Atlas saharien où aucune étude de ce genre n'a encore été faite, nous avons effectué l'inventaire qualitatifs (listes d'espèces) et quantitatifs (abondance par unité de surface de milieu sous-cortical) des Arthropodes associés à des Scolytides se développant aux dépens du pin d'Alep.

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre qui décrit explique le dépérissement des forêts ;

Le deuxième chapitre qui décrit le milieu d'étude ;

Le troisième chapitre consiste à illustrer le matériel et les méthodes utilisées ;

Le quatrième chapitre est consacrée à la présentation et à la discussion des résultats obtenus ;

Enfin, cette étude s'achève par une conclusion générale et des perspectives futures.

Chapitre I :
Le dépérissement et
les Scolytes

1. Le dépérissement et les Scolytes:

1.1 Définition :

D'après Vuillermet, (2020), le dépérissement des forêts est un phénomène parfois naturel (sénescence des peuplements, concurrence intra et inter spécifique des sylvies...) mais le plus souvent provoqué par un ou plusieurs facteurs biotiques et abiotiques c'est-à-dire la résultante de l'interaction de plusieurs facteurs de stress de nature biotiques et abiotiques, qui agissent de façons consécutive ou concomitante provoquant l'affaiblissement de l'arbre et parfois même sa mort.

1.2 Répartition dans le monde :

D'après l'Office national des forêts, (2014) Quatre milliards d'hectares, soit 30% des terres émergées, sont recouvertes par la forêt dans le monde, selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Les trois pays les plus boisés sont la Russie, le Brésil et le Canada. Si on leur ajoute les Etats-Unis et la Chine, c'est plus de la moitié de la forêt mondiale qui est réunie dans ces cinq pays.

La forêt tropicale représente 52% des forêts du monde, suivie par la forêt boréale et polaire, dans l'hémisphère Nord, qui représente 25% de la superficie forestière mondiale. Seuls 36% des forêts sont restés primaires, c'est-à-dire composés d'espèces indigènes et sans trace d'activité humaine. Chaque année, 6 millions d'hectares de forêt primaire disparaissent, à cause de la déforestation ou de l'implantation d'activités humaines (**Office national des forêts, 2014**)

La déforestation a fait perdre chaque année, entre 2000 et 2005, 7,3 millions d'hectares de forêts. Si la perte nette se ralentit, notamment grâce à des efforts de préservation des forêts, certains continents ont connu un recul important de leur couvert forestier: moins 19% pour l'Amérique centrale entre 1990 et 2005, 9,1% de moins en Afrique et 6,6% pour l'Amérique du Sud. Bonne nouvelle en Europe: les forêts y ont progressé de 1,2% sur la même période. (**Office national des forêts, 2014**)

Les scolytes forestiers représentent un groupe d'insectes d'importance écologique, économique et sociale (**Raffa et al., 2015; Smith & Hulcr, 2015**) Une large proportion des espèces connues vivent dans la zone néo-tropicale (38% de la diversité mondiale des scolytes connue), où 79% de celles-ci occupent spécifiquement les écosystèmes forestiers tropicaux et subtropicaux (**Kirkendall et al., 2015**).

1.3 Les Scolytes :

1.3.1 Description des Scolytes :

Les scolytes sont des insectes de petite taille (entre 2 et 10 mm) dont plus de 6000 espèces ont été décrites dans le monde. La plupart ont une forme cylindrique et des denticules sur la déclivité apicale des élytres. Les antennes ont les derniers articles renflés en massue et fusionnés (sauf rares exceptions) (**Durand-Gillmann, 2014**). Les scolytes sont divisés en trois tribus (Balachowsky, 1949); la tribu des Scolytinae comprend les insectes trapus (2 à 2.5 fois plus longs que larges) dont les élytres n'englobent pas complètement l'abdomen. Le genre *Scolytus* renferme des espèces qui sont toutes liées aux feuillus en Europe. La tribu des Hylesinae comprend des insectes dont le bord antérieur des élytres est muni d'une ligne de granules saillantes qui sont distinctes de la rugosité générale des élytres (*Hylurgops*, *Dendroctonus*, *Tomicus*...), ils vivent majoritairement sur les conifères, la tribu des Ipinæ est formée d'espèces chez qui le bord antérieur des élytres n'est pas muni d'une rangée de granules. La plupart sont liées à des conifères (*Ips*, *Crypturgus*, *Orthotomicus*, *Xyleborus*, *Trypodendron*, *Pityophthorus*) (**Durand-Gillmann, 2014**).

Le groupe des scolytes est considéré comme un des principaux acteurs du dépérissement forestier mondial, ils peuvent causer des dégâts majeurs aux arbres en creusant des galeries sous écorce (**LIEUTIER & LEVIEUX, 1985**).

Les attaques des scolytes dans les peuplements forestiers résineux résultent de deux facteurs complémentaires : existence d'arbres affaiblis sous l'effet d'un stress et un certain niveau de population de ravageurs, toutefois les arbres en parfaite santé eux-mêmes peuvent succomber aux attaques alors denses et répétées des scolytidés (**LIEUTIER & LEVIEUX, 1985**).

Si, de tous les insectes ravageurs forestiers, les scolytes sont sans doute les plus dangereux, il faut en rechercher l'explication à deux niveaux :

- **À l'échelle de l'arbre**, l'installation réussie de ces insectes est toujours mortelle pour l'hôte, ce qui n'est pas le cas des phyllophages, même en cas de défoliation totale.
- **À l'échelle du massif forestier**, les Scolytes, contrairement aux défoliateurs, ont la possibilité de maintenir et même de multiplier leurs populations souvent de façon

inaperçue sur : les chablis, les rémanents de coupes, le bois morts, c'est-à-dire ailleurs que sur les arbres qui subissent leurs dégâts.

Pour ces raisons les Scolytes sont, depuis très longtemps et dans toutes les régions du monde, très redoutés des forestiers. Leurs dégâts peuvent être considérables.

1.3.2 Mécanisme d'installation des Scolytes

Généralement les Scolytes sont toujours des ravageurs qui s'installent de préférence sur des arbres à la physiologie déficiente. Les causes de la déficience, qui se manifestent toujours par un déséquilibre hydrique de l'arbre peuvent être nombreuses : le stress hydrique est la principale cause. Mauvaise adaptation au sol ou au climat, incendies, méthodes sylvicoles inadaptées, dégâts de défoliateurs primaires (Chenille processionnaire), pollution.

Néanmoins, en cas de surpopulation, quand les Scolytes ne trouvent plus assez d'arbres déficients, ils sont capables de s'attaquer à des arbres parfaitement sains.

Une attaque réussie des Scolytes provoque souvent la mort de l'arbre (en 2 ou 3 ans), cette attaque n'apparaît que tardivement, lorsque l'arbre est condamné. L'arbre totalement détruit se dessèche sur pied et facilite la propagation des incendies.

1.3.3 Cycle de vie :

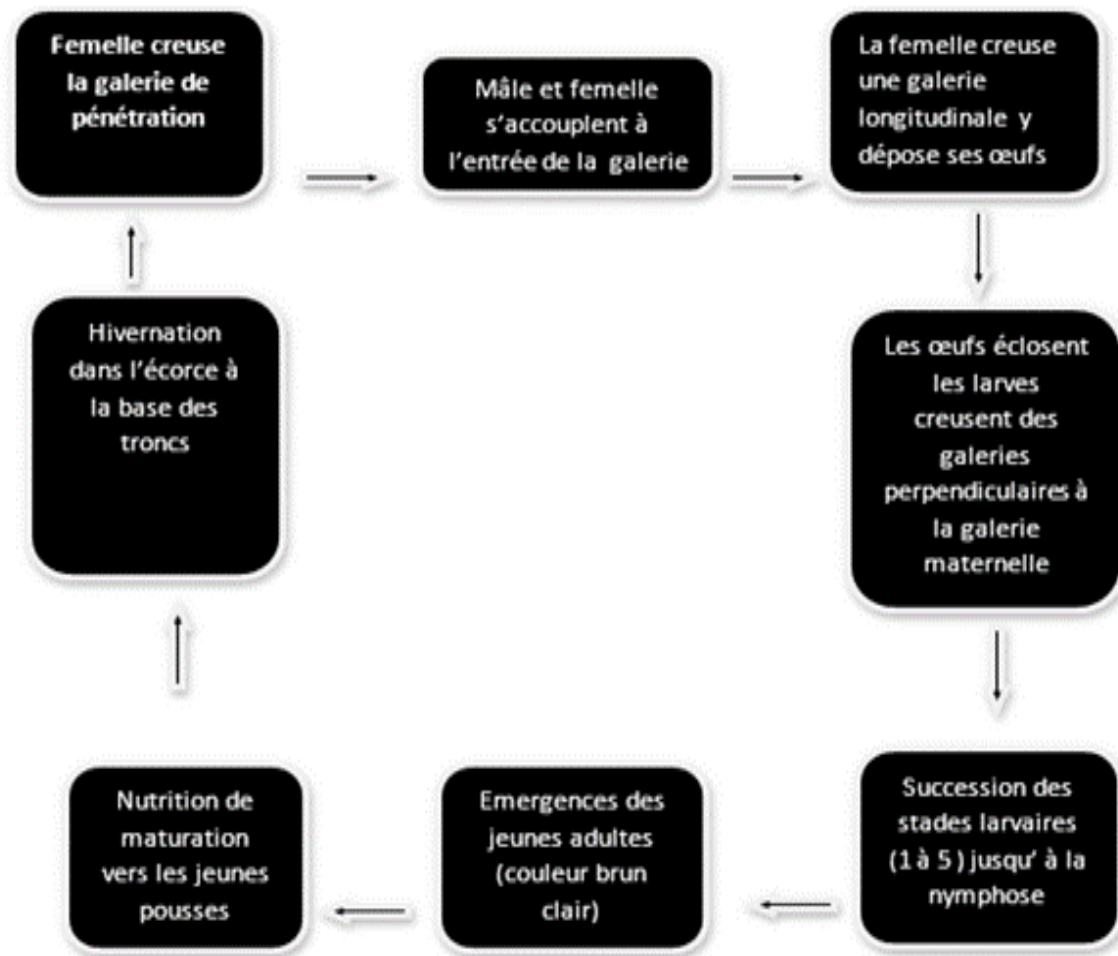


Fig 1 : Cycle biologique des scolytides.

1.3.4 La colonisation des arbres :

Deux théories générales existent sur la recherche d'hôtes favorables. La première théorie est basée sur l'attraction exercée par la plante-hôte, c'est l'attraction primaire. Les scolytes trouvent les hôtes favorables en s'orientant grâce aux composés volatils émis par ces hôtes, la deuxième théorie est basée sur la production de phéromones d'agrégation par les individus pionniers, c'est l'attraction secondaire. Ces deux théories ne sont pas mutuellement exclusives (**Durand-Gillmann, 2014**).

1.3.4.1 L'attraction primaire :

L'attraction principale est l'attraction chimique résultant des composés volatils (terpènes) libérés par l'hôte. Lors des attaques de scolytes, la perforation des galeries par les insectes pionniers entraîne la fuite de résine et la libération de composés volatils. Dans d'autres cas, la sélection des arbres par les précurseurs est aléatoire, les capacités de défenses de l'arbre et les stimuli gustatifs par morsure de nutrition déterminent alors l'acceptation ou le rejet de l'hôte (**LIEUTIER & LEVIEUX, 1985**). Tous les arbres ne sont pas attractifs pour les scolytes, seuls le sont ceux qui se trouvent en état de déficience physiologique à la suite de blessures, de sécheresses, d'incendies ou ceux qui sont renversés par le vent ou fraîchement coupés. L'attaque d'arbres sains est rare sauf lors des pullulations, où la forte densité d'insectes oblige certains insectes à attaquer les arbres sains puisque tous les arbres déficients sont envahis (**Durand-Gillmann, 2014**).

1.3.4.2 L'attraction secondaire et les phéromones d'agrégation :

L'attraction secondaire, via l'utilisation des phéromones d'agrégation, est consécutive à l'installation des individus pionniers et elle se traduit par une colonisation massive et rapide qui permet aux insectes de surpasser les défenses de l'arbre. La production de phéromones d'agrégation est une adaptation à l'exploitation de milieux rares et dispersés, constitués par des arbres malades ou dépérissant qui sont isolés (**Durand-Gillmann, 2014**).

1.3.5 Dégâts causés :

Les symptômes de l'attaque sur les pousses de la plante sont particulièrement visibles à la fin de l'été et se manifestent par le plissement plus ou moins prononcé des pousses et la décoloration des feuilles.

L'infestation des troncs par les adultes en phase de reproduction est rendue visible par la présence de trous circulaires dans l'écorce d'où émerge une décoloration rosée de couleur paille ou rougeâtre. Si la plante réagit en émettant de la résine, les cercles caractéristiques présents à l'embouchure de nombreuses galeries se forment lorsque la résine durcit, en retirant l'écorce avec des outils appropriés, les systèmes reproducteurs excavés dans la zone sous-corticale peuvent être révélés au niveau des trous (**Di et al., 2013**).

Les galeries maternelles, de 6 à 25 cm de long, s'étendent verticalement le long de la tige, tandis que les galeries larvaires, de 4 à 9 cm de long, s'étendent perpendiculairement aux galeries maternelles. *T. destruens* peut s'attaquer à la partie supérieure du tronc et aux grosses branches de vieux spécimens de *Pinus* spp. à l'écorce épaisse, ou à l'ensemble du tronc de jeunes arbres à l'écorce fine (**Ciesla, 2003**).

1.4 Moyens de lutte :

- **A titre préventif**, elle vise d'une part, à maintenir les peuplements en bonne santé grâce à des techniques sylvicoles bien adaptées (éclaircies bien conduites, choix d'essence adaptées à la station, d'autre part à éviter tout facteur propice à la multiplication des Scolytes (**écorçage des grumes, élimination des rémanents de coupes et des chablis...**)
- **A titre curatif**, la lutte active consiste à éliminer les arbres porteurs de larves et écorcer les bois sur place si l'évacuation est impossible. (**B. Boutte, 2012**). Par la suite il faut installer des arbres pièges pour capturer les scolytes lors de leur essaimage. Pour cela des rondins sains sont abattus, ils présentent rapidement toutes les caractéristiques de sujets déficients et deviennent donc très attractifs pour les Scolytes, si le lieu et l'époque sont bien choisis, en fonction de la date d'essaimage, les insectes s'installeront en masse sur ces pièges et **devront être détruits**.

1.4.1 Lutte biologique

Plusieurs espèces sont de véritables ennemis des Scolytes, parmi ces parasitoïdes on peut citer :

Le clairon des fourmis (*Thanasimus formicarius*) fait partie des ennemis les plus notables des scolytes. Le coléoptère adulte capture des scolytes sur la surface de l'écorce tandis que sa larve dévore leur ponte sous l'écorce (**Beat Wermelinger & Doris Schneider Mathis, 2021**).

Il a été démontré que les adultes du rhizophage *Rhizophagus grandis* Gyll se nourrissent à la fois d'œufs et de larves du scolyte (**King et al., 1991**) selon (**Laclos, 2006**) La présence de *Rhizophagus* en compagnie de scolytes est assez constante et leur forme allongée, cylindrique

ou plus ou moins aplatie dénote bien une activité sous-corticale associée aux galeries des premiers.

Aulonium sp. est un prédateur qui peut se nourrir de tous les stades immatures des scolytes (Podoler et al., 1990) L'hôte d'*A. ruficorne* comprenait *Ips acuminatus* (Gyll.), *I. sexdentatus* (Boern.), *Orthotomicus erosus* (Woll.), *O. tridentatus* Eggers, *Phloesinus aubei* Perr., *Pityogenes bidentatus* (Herbst), *P. calcaratus* (Eichh.), *Pityokteines curvidens* (Germ.) et *Tomicus destruens* (Woll.) (Cebeci & Baydemir, 2018).

Des mesures de surveillance et de lutte contre le dépérissement des forêts ont été mises en place, notamment par des protocoles européens de réduction des émissions de CO₂. Il s'agit également de restaurer le potentiel nutritif des sols, qui sont devenus très acides. La lutte contre le réchauffement climatique est aussi un facteur indispensable à la bonne santé des forêts, la sécheresse ayant une grande responsabilité dans son dépérissement. Une bonne gestion sylvicole est également un point essentiel.

1.4.2 Perspectives de restauration des écosystèmes souffreteux :

- Repeuplement des forêts dégradées
- Augmentation des reboisements
- Multiplication des espaces verts, avec des espèces choisies
- Réhabilitation des steppes
- Mise en défens

Chapitre II :

Milieu d'étude

2.1. Les forêts dans la région de Djelfa :

La wilaya de Djelfa occupe une place stratégique dans la relation entre le Nord et le Sud. Située à 300 Km au Sud de la capitale, elle couvre une superficie de 32.256,35 Km², issue du découpage administratif de 1974. Elle est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au-delà des piémonts Sud de l'Atlas Tellien en venant du Nord, elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord (**DPTA, 2003**). Elle est limitée par les wilayas de :

- Au Nord : Médéa et Tissemsilt
- Au Sud : Ouergla et Ghardaia
- A l'Est : M'Sila et Biskra
- A l'Ouest : Loughouat et Tiaret

La wilaya de DJELFA, par son immensité territoriale, occupe une place stratégique au cœur des hauts plateaux, malgré sa diversité de ses panoramas, elle reste dominée par le biotope steppique qui couvre les trois quarts de son territoire. (**D.S.A., 2017**). C'est une des rares wilayas steppiques, possédant un patrimoine forestier assez important. Il constitue un rempart de lutte contre l'avancée du désert, et contribue dans l'équilibre écologique de la région, et dans la protection du milieu naturel). 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**).

Les sols sont constitués de calcaire et de marne du crétacé qui forment en général le cadre montagneux avec quelques appointements triasiques. Au niveau des plaines, les ruptures de paysage sont formées de roche tertiaire (grés) assez dure. Cependant la quasi-totalité de ces régions basses est formée par des dépôts quaternaires provenant des roches tendres (marnes et argile rouge) arrachées par l'érosion de zones montagneuses. Aussi la présence de sels (calcaire, gypse et sels solubles) a des conséquences sur la composition des eaux superficielles et souterraines, cas de Oued Mellah (**D.P.T.A., 2003**).

Le climat de Djelfa est de type méditerranéen. La wilaya de Djelfa jouit d'un climat semi-aride caractérisé par des hivers froids et rigoureux et des étés chauds et secs. Le climat est semi-aride dans les zones situées dans les parties du centre et du Nord de la wilaya et aride dans toute la zone située dans la partie Sud de la wilaya.

2.1.1. Les forêts naturelles :

La superficie des forêts naturelles est de 152.753.06 ha (B.N.E.D.E.R., 2022), elles sont constituées principalement de pin d'Alep, de chêne vert et de genévrier (B.N.E.D.E.R., 2022).

2.1.2. Les reboisements :

La superficie des reboisements est de 57.717 ha (B.N.E.D.E.R., 2022), les espèces qui ont été utilisées dans les zones steppiques sont : *Tamarix articulata*, *Retama retam*, *Atriplex canescens*, *Atriplex nummularia*, *Elaeagnus angustifolia*, *Medicago arboria* et pour les arbres majoritairement *Pinus halepensis* Mill., *Quercus ilex*; *Quercus suber* (Djaballah, 2008).

2.1.3. Etat sanitaire des peuplements :

Les peuplements voient ces dernières années des attaques assez importantes de la chenille processionnaire du pin d'Alep (*Thaumetopea pityocampa* shiff) surtout dans les reboisements, on note également la présence de la tordeuse des pousses de pin (*Evetria bioliana* shiff). Les scolytes également sont présents à des degrés assez importants, parmi lesquels *Tomicus destruens* et *Orthotomicus erosus*.

2.2. Les stations d'étude :

Notre étude a été réalisée dans des forêts de pin d'Alep de la région de Djelfa (la forêt de Sénalba Chergui, la forêt de Bahrara, la forêt de Toughoursane et la forêt de Goutaya). Le choix est porté sur ces stations parce qu'elles sont les plus importantes forêts naturelles de la région et voient un taux de dépérissement très important.

2.2.1. La forêt naturelle de Sénalba Chergui :

La forêt de Sénalba chergui (Fig. 2) se localise sur les hauteurs des forêts des Ouled Naïl. Le massif du Sénalba chergui est considéré comme la principale chaîne de ces montagnes. Elle se localise à 7 km de la ville de Djelfa. La forêt de Sénalba 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'altitude avec une superficie totale de 17494,52 ha (B.E.N.F., 1983). La zone d'échantillonnage est localisée selon les coordonnées géographiques G.P.S. 34,655047° N et 3,173817° E à 1326 m d'altitude (Fig. 3).



Fig 2 : La forêt naturelle de Sénalba Chergui.



Fig 3 : Localisation du site d'étude de Sénalba Chergui (Photo Satellite Google Earth forêt, 2022)

2.2.2. La forêt naturelle de Bahrara :

La forêt domaniale de Séhary Guebli (Fig 4) qui est l'un des massifs forestiers les plus importants de Djelfa, faisant partie des montagnes des Ouleds Nail dans l'Atlas Saharien, située à 280 km au sud d'Alger, à 17 Km au Nord du Djelfa et à 35Km au sud de Hassi Bahbah. La forêt de Séhary Guebli dont fait partie la réserve de chasse de Djelfa est limitée au

Nord par les terrains collectifs ou archs et terrains communaux, au sud par le reboisement de Chbika, à l'ouest par la commune de Ain Maâbed et à l'est par Dar Chioukh (R.C.D., 2002). Notre échantillonnage a été effectué dans la région de Bahrara, zone de Ain el Aatata, qui est située à une altitude de 1126 m, et localisée selon les coordonnées géographiques G.P.S. 34,830692° N et 3,219811° E (Fig. 5).



Fig 4 : La forêt naturelle de Bahrara



Fig 5 : Localisation du site d'étude de Bahrara (Photo Satellite Google Earth 2022).

2.2.3. La forêt naturelle de Toughoursane :

La forêt domaniale de Séalba Gharbi (Fig 6), est située au sud du Zahrez-Gharbi et au sud-ouest du mont Séalba Gharbi, elle est comprise entre 2° et 3° 5' de longitude est et 34° 38' et 34° 20' de latitude nord, une superficie estimée à 24.791,40 Ha. La zone

d'échantillonnage est localisée selon les coordonnées géographiques G.P.S. 34,492859° N et 2,966936° E à 1405 m d'altitude (**Fig 7**).

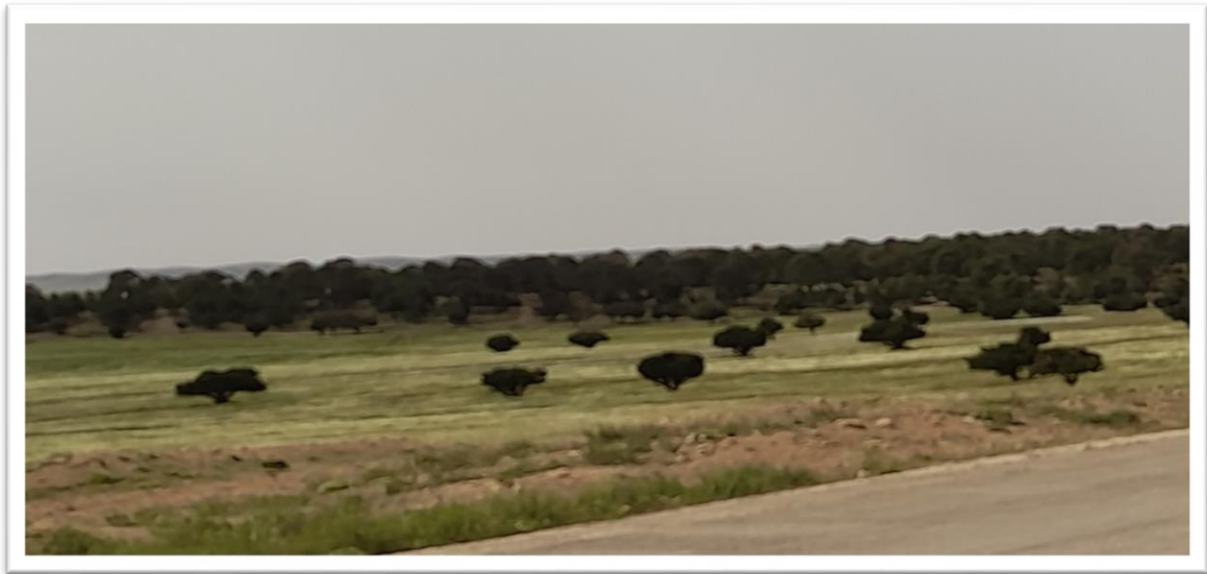


Fig 6 : Forêt de Toughersane.

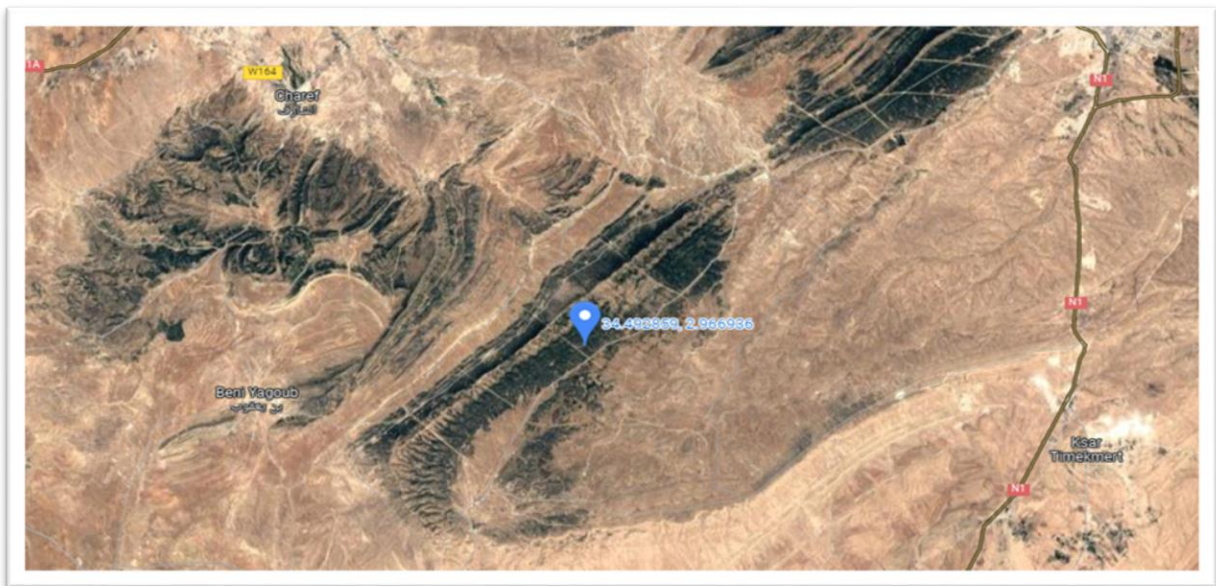


Fig 7 : Localisation du site d'étude de Toughersane (Photo Satellite Google Earth 2022).

2.2.4. La forêt naturelle de Guotaya :

La forêt de Guotaya (**Fig 8**) est située dans la série 13 à l'intérieur de Sénalba chergui, cette dernière couvre une superficie de 2707,5 Ha. Guotaya a une superficie de 1805 Ha. La zone d'échantillonnage est localisée selon les coordonnées géographiques G.P.S. 34,550716 ° N et 2,796436° E à 1290 m d'altitude (**Fig 9**).



Fig 8 : Forêt de Guotaya.



Fig 9: Localisation du site d'étude de Guotaya (Photo Satellite Google Earth 2022).

Dans le **(tab. 1)**, ci-dessous, nous avons résumé les données décrivant les stations d'étude, avec les recouvrements des différentes strates végétales, c'est le pin d'Alep qui domine la strate arborescente dans toutes les stations, à l'exception de la station de Guotaya.

Tableau 1 : Description générale de la végétation dans les stations d'étude

N° de Station	Altitude	Position	Espèces présentes (hauteur moyenne m)	Recouvrement (%)
Sénalba Chergui	1326 m	34,655047° Nord 3,173817° Est	Strate arborescente : <i>Pinus halepensis</i> L : 5-25 m Strate arbustive : <i>Quercus ilex</i> : 205-3 m <i>Juniperus oxycedrus</i> : 2-2.5 m <i>Juniperus phoenicea</i> : 2-2.5 m	50 % 3 % 1 % 1 %
Bahrara	1126 m	34,830692° Nord 3,219811° Est	Strate arborescente : <i>Pinus halepensis</i> L : 6-7 m Strate arbustive : <i>Pistacia terebinthus</i> : 0.4-1 m <i>Quercus ilex</i> : 0.5-0.6 m	70 % 10 % 1 %
Toughoursane	1405 m	34,492859° Nord 2,966936° Est	Strate arborescente : <i>Pinus halepensis</i> L : Absent Strate arbustive : <i>Juniperus oxycedrus</i> : 1-2 m <i>Pinus halepensis</i> L : 2-2.5 m <i>Quercus ilex</i> : 50-80 cm	0 % 3 % 1 % 5 %
Guotaya	1290 m	34,550716° Nord 2,796436° Est	Strate arborescente : <i>Pinus halepensis</i> L : 1.5-5m Strate arbustive : <i>Juniperus oxycedrus</i> : 1.5 m	80 % < 1 %

2.2.5 Données climatiques :

La région de Djelfa à climat méditerranéen, caractérisé par une longue saison estivale sèche et chaude et une saison hivernale peu pluvieuse et froide. Les précipitations sont faibles et variables d'une année à une autre du point de vue quantité et répartition. Les régimes thermiques sont relativement homogènes et traduisent un climat de type continental (Amraoui, 2011).

Les données météorologiques durant la période (2011- 2021), sont communiquées par l'Office National de Météorologie (O.N.M) de la station de Djelfa (Tab. 2). C'est au mois de février qu'est notée la moyenne des températures la plus basse avec -6,12°C, la moyenne des températures la plus haute est enregistrée au mois de juillet.

Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles et pluviosités moyennes mensuelles pendant la période (2011-2021) (O.N.M. Djelfa, 2022).

Mois	Janv.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Sommes
P (mm)	19,51	12,12	20,56	29,87	19,22	11,40	3,79	13,67	20,86	30,02	22,99	16,52	220,23
m (°C)	-5,6	-6,12	-3,74	-0,84	0,68	5,67	11,05	14,19	9,26	0,03	-1,85	-4,71	
M (°C)	22,51	24,2	26,13	30,71	37,35	40,65	42,34	41,08	37,46	33,32	26,6	20,92	
T (°C)	8,45	9,04	11,19	14,93	19,01	23,16	26,69	27,63	23,36	16,67	12,37	8,1	

M : moyenne des maximas de T° en °C ; **m** : moyenne des minimas de T° en °C ; **P** : pluviométrie en mm ; **T** : moyenne de la température de chaque mois en °C.

Le diagramme ombrothermique établi pour la période 2011-2021 indique une période sèche s'étalant de la fin mai jusqu'au début octobre (Fig. 10)

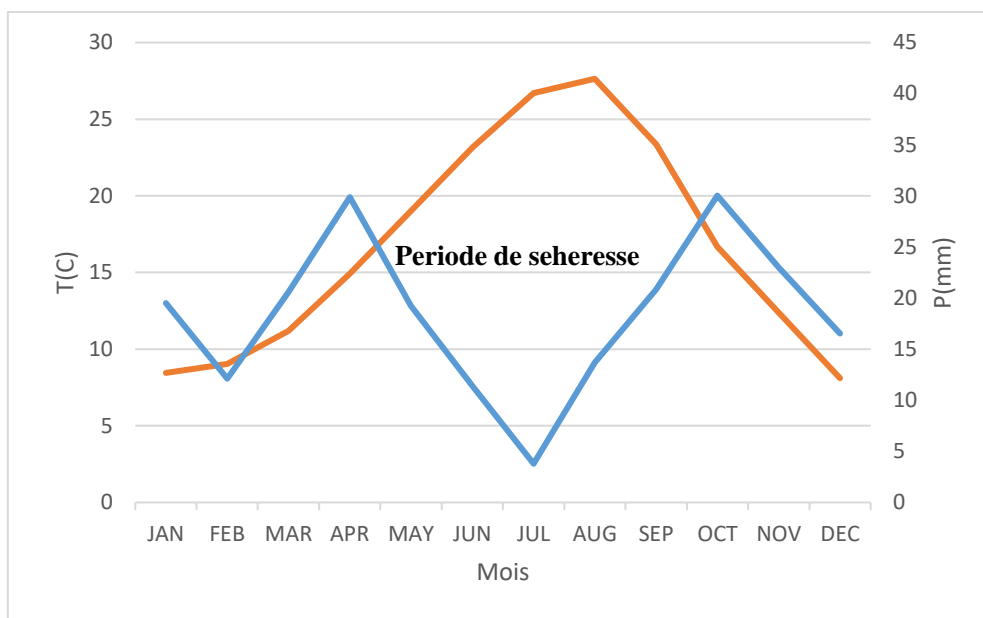


Fig 10 : Diagramme ombrothermique établi pour la région de Djelfa pour la période (2011-2021).

2.2.6 Données climatiques durant la période d'échantillonnage :

Dans le tableau ci-dessous nous avons résumé les données climatiques durant la période de récolte de notre matériel biologique. Le mois le plus froid est janvier avec une moyenne des températures de $-0,38^{\circ}\text{C}$, le mois le plus chaud est juillet avec une moyenne des températures de $36,31^{\circ}\text{C}$ (Tab.3).

Tableau 3 : Données climatiques durant la période d'étude (O.N.M. Djelfa, 2022).

Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.
m (°C)	-0,38	2,78	3,66	6,23	11,2	19,2	21,62
M (°C)	17,97	16,23	21,05	19,17	26,09	35,4	36,31
T (°C)	10,22	9,5	12,35	12,7	18,64	27,3	28,96
P (mm)	2,51	12,44	86,74	50,74	44,56	0,51	0,08

M : moyenne des maxima de T° en $^{\circ}\text{C}$; **m** : moyenne des minima de T° en $^{\circ}\text{C}$; **P** : pluviométrie en mm ;
T : moyenne de la température de chaque mois en $^{\circ}\text{C}$.

Au mois de mars la moyenne des températures dépasse légèrement 12°C (**Fig.11**), elle correspond au début de la sortie des jeunes adultes que nous avons trouvé dans les rondins. Et c'est également au mois de mars que la pluviométrie est la plus importante (**Fig. 12**)

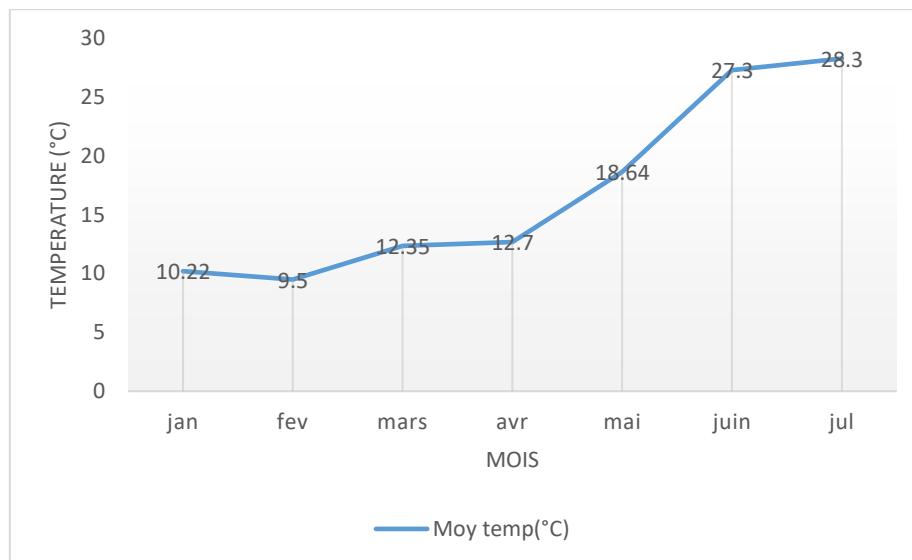


Fig 11 : Fluctuation des températures moyennes mensuelles durant la période de récolte.

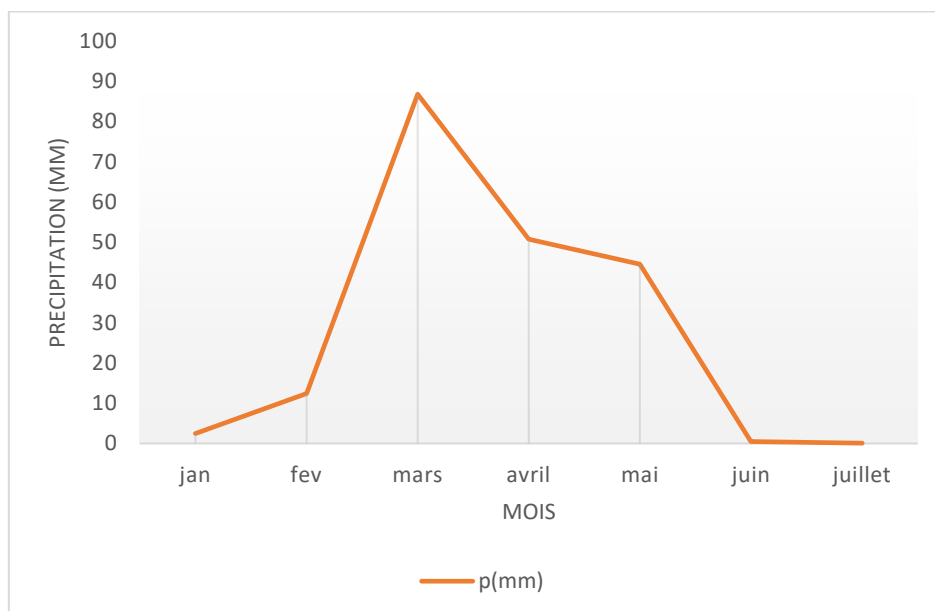


Fig 12: Variations mensuelles des précipitations durant la période d'échantillonnage.

Dans le climagramme d'Emberger, Djelfa est située dans l'étage bioclimatique semi aride à hiver frais (**Fig. 13**).

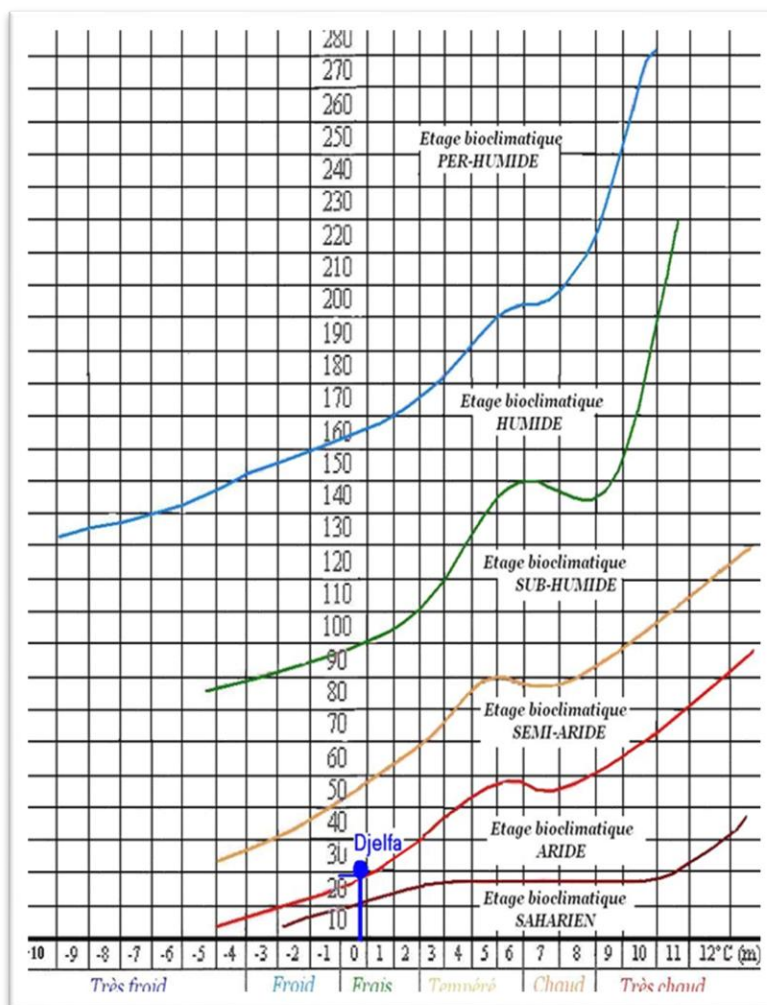


Fig 13: Situation de la région de Djelfa sur le Climagramme d'Emberger.

2.3 Présentation de l'essence forestière étudiée :

Après avoir présenté les stations d'étude et leurs caractéristiques biotiques et abiotiques, nous donnons un aperçu sur l'espèce principale menacée par les scolytes.

Le Pin d'Alep est l'essence résineuse la plus répandue dans le bassin méditerranéen et surtout en Algérie, elle est également la plus rustique et capable de s'adapter sur plusieurs types de sol et aux climats les plus variés. On compte près de 881 000 ha de Pin d'Alep en Algérie issus d'un reboisement (généralement depuis l'époque coloniale) ou trouvé à l'état

naturel, cette essence ne cesse de régresser suite à des incendies répétés ou des pacages non contrôlés (**Daoui et al., 2007**).

2.3.1 Position systématique du pin d'Alep :

La classification du pin d'Alep se fait comme suit (**Nahal, 1962**)

Embranchement : Gymnospermes

Ordre : Coniferales

Sous-ordre : Abietales

Famille : Pinacées

Genre : *Pinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

Nom Vulgaire : Snouber el-halab (arabe) ou Tayda (Barbère)

2.3.2 Caractéristiques dendrologiques :

Le Pin d'Alep (**Fig 14**) est un arbre de taille moyenne pouvant atteindre une hauteur de 25 à 27 mètres (**Nahal, 1962**). En Algérie le Pin d'Alep est un arbre de seconde grandeur, sa hauteur dépasse rarement les 20 mètres. Cependant, il existe quelques sujets dépassant 25 mètres dans les Aurès et les monts des Ouled Naïl où se trouvent les plus belles futaies de Pin d'Alep au fût élancé et droit (**Leutrech, 1981**). Sa longévité est estimée à 150 ans avec une moyenne de 100 à 120 ans (**Kadik, 1987**). L'écorce des jeunes sujets est lisse et gris argenté ; alors que chez les arbres adultes, elle est épaisse, crevassée de couleur noirâtre ou rougeâtre.

Cette écorce riche en tanins est très inflammable (**Kadik, 1987**). Les feuilles sont très fines (moins de 1 mm), de 5 à 10 cm de long. Elles sont réunies par 2 rarement par 3 dans une même gaine, elles durent 2 à 3 ans et sont de couleur vert-jaunâtre ; ces feuilles ou aiguilles sont groupées en pinceau à l'extrémité des rameaux (**Nahal, 1962**). Les cônes de *Pinus halepensis* Mill sont très pédonculés et réfléchis vers la base du rameau (**Nahal, 1962**), ils sont isolés ou par paires rarement verticilles, la forme de ces cônes est conique et allongée (de 8 à 12 cm de n long). Ces cônes persistent sur l'arbre après avoir perdu leurs graines, ils murissent au cours de la deuxième année et libèrent leurs graines au cours de la troisième année (**Boudy, 1952**).



Fig 14: *Pinus halepensis* Mill

2.3.3 Distribution géographique du pin d'Alep :

2.3.3.1. Dans le monde :

P. halepensis Mill. occupe la zone la plus méridionale des pins méditerranéens, il est très répandu dans la partie occidentale du bassin méditerranéen (allant de 45° à 31° N), y compris en Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye), au sud de la France, en Italie, Espagne, Grèce et Malte. Il est également présent dans les zones côtières de la Croatie et de l'Albanie. On trouve des populations naturelles et artificielles en Turquie, en Jordanie, Palestine, Liban et Syrie (d'où le nom de pin d'Alep). La couverture forestière totale est estimée à environ 3,5 millions d'hectares (**Ghougali, 2020**). La répartition du pin d'Alep est représentée dans la (**Fig 15**) ci-dessous.

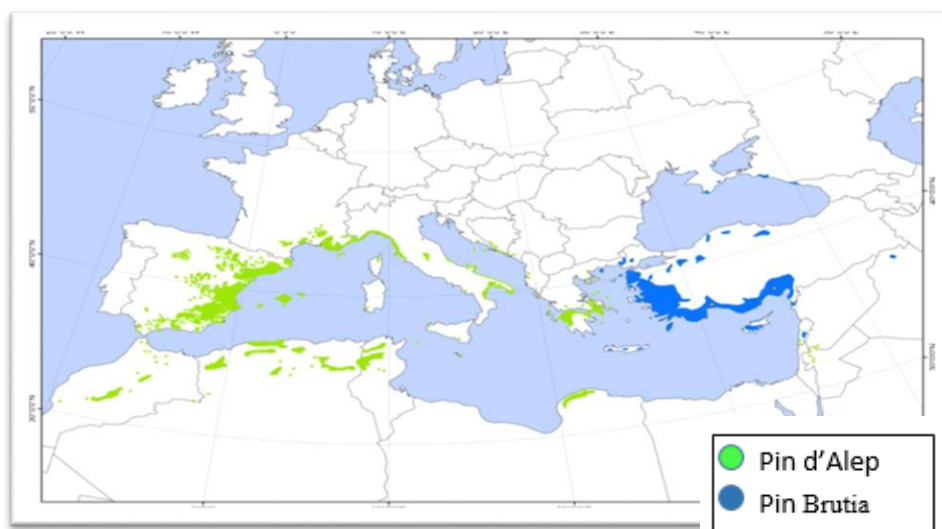


Fig 15 : Aires de répartition du pin d'Alep dans le monde (Ghougali, 2020).

2.3.3.2 En Algérie :

En Algérie et en Tunisie, le pin d'Alep est très fréquent sur tous les massifs montagneux, du Tell littoral à l'Atlas Saharien, et s'il a souvent été fort maltraité par l'homme, il en reste néanmoins de vastes peuplements en Oranie (régions de Bel Abbès, Saida, Ouarsenis), dans l'Algérois (Médéa Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail), et dans le Constantinois (Aurès, région de Tébessa surtout) (Kadik, 1987). La répartition du pin d'Alep en Algérie est représentée sur la (Fig 16).

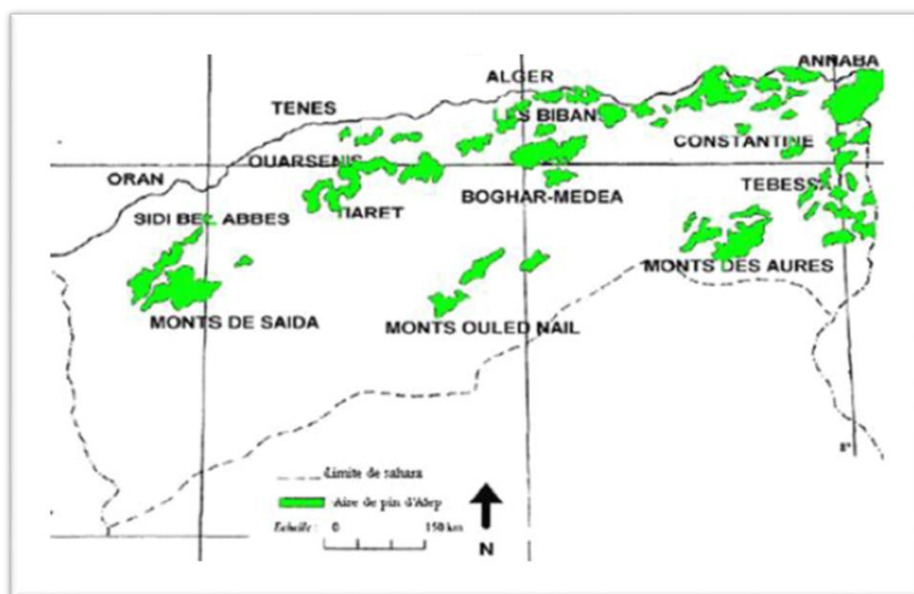


Fig 16 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Berroukchhe A., 2014).

Chapitre III :

Matériel et méthodes

3.1 Echantillonnage :

Afin d'étudier la faune présente dans les arbres infestés, nous avons choisi des sujets échantillons de Pin d'Alep dépérissant. Ces derniers sont reconnaissables à la coloration de leur houppier qui vire du vert au roux ensuite au jaune. Dans nos stations d'étude, les arbres dépérissant forment des taches éparses, certains d'entre eux sont déjà morts depuis quelques années et ne contiennent plus de Scolytes. Deux sujets ont été choisis, le premier dans la forêt de Sénalba chergui et le deuxième dans la forêt de Bahrara.

3.1.1 Matériel utilisé :

Pour mener à bien ce travail, nous avons utilisé un important matériel au terrain et au laboratoire.

3.1.1.1 Sur le terrain :

Une tronçonneuse pour couper les arbres et les rondins, un sécateur, une essette de couvreur, un ruban mètre, des jumelles, des marqueurs, un couteau, une plane qui sert à écorcer les arbres, une loupe de poche, pinces, alcool, piluliers, boîtes de pétri, étiquettes pour les prélèvements et la conservation des insectes et des sacs en plastiques.



Fig 17 : Matériel utilisé sur terrain.

3.1.1.2 Au laboratoire :

Une grande partie du matériel utilisé au terrain et une autre partie tels que la loupe binoculaire, l'étuve, une armoire en verre, du sable tamisé sont utilisés au laboratoire pour la poursuite des manipulations.



Fig 18 : Matériel utilisé au laboratoire.



Fig 19 : loupe binoculaire.



Fig 20 : Armoire en verre.

3.2 Méthodologie :

3.2.1 Identification des arbres infestés :

Nous avons remarqué un virement des aiguilles vers une couleur orange et la présence de perforations avec des exsudats résineux sous forme de grumeaux dans l'écorce au niveau du tronc (les trous correspondent à la pénétration du scolyte). Pour confirmer la présence du scolyte nous avons dû écorcer légèrement le tronc à la recherche de galeries et d'insectes de différentes espèces et de différents stades.



Fig 21 : galeries de Scolyte sous l'écorce **Fig 22 :** trous fait par les Scolytes dans l'écorce

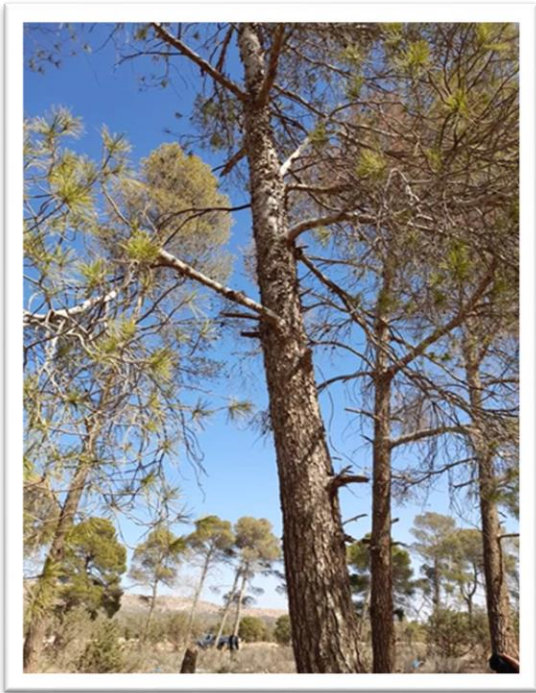


Fig 23 : signe de dépérissement externe



Fig 24 : galeries forées par les scolytes

3.2.2 Abatage de l'arbre :

Avec l'aide d'un garde forestier nous avons entamé la coupe au niveau du collet de l'arbre cible avec une tronçonneuse, puis nous avons découpé le tronc en plusieurs rondins et les avons numéroté (14 rondins pour le premier arbre et 9 pour le deuxième).



Fig 25 : Abatage et découpage en rondins.

3.2.3 Acheminement des rondins au laboratoire :

Nous avons emballé les rondins dans des sacs plastiques afin d'éviter que des insectes ne s'échappent au cours de leurs acheminement au laboratoire de l'I.N.R.F. Une fois arrivés au laboratoire, nous avons déchargé les troncs et les avons mis dans des seaux et recouvert la partie supérieure de parafilm afin que la sève ne se dessèche pas. Nous avons accroché des branches de pin d'Alep aux rondins pour que les jeunes adultes puissent s'y nicher et recouvert le tout d'un grand sac plastique.



Fig 26 : Découpage et emballage des rondins



Fig 27 : Préparation des Rondins



Fig 28 : Recouvrement des rondins de sac plastique

3.2.4 Ecorçage :

Pour la partie de l'écorçage nous avons dû étendre un drap blanc sur la surface de travail et à l'aide d'une plane et d'un couteau chaque rondin a été soigneusement écorcé, les galeries maternelles verticales et les galeries horizontales perpendiculaires aux premières sont les galeries larvaires, elles ont été dépoussiérées avec un pinceau afin de récolter minutieusement tous les insectes qui s'y trouvent.



Fig 29 : Ecorçage des rondins.

3.2.5 Le tri :

Après l'écorçage des rondins, les espèces trouvées sont prélevées à l'aide d'une pince puis triées.

Dans un premier temps nous séparons en deux groupes notre récolte : les scolytes forment le premier groupe et le reste des espèces récoltées forment le deuxième groupe et sont conservées dans des piluliers contenant de l'alcool. Les Scolytes ont été séparés par la suite en deux : *Tomicus destruens* et *Orthotomicus erosus*, ces deux espèces sont ensuite classées par leurs stade de vie (Larve, Nymphe, Jeune adulte et enfin Adulte). Et sont conservées dans des petits flacons étiquetés et référenciés renfermant de l'éthanol 70°.



Fig 30 : Piluliers contenant les espèces trouvées.

3.2.6 Elevage des insectes :

Un essai d'élevage de certaines espèces rencontrées est effectué au laboratoire, pour ce faire, nous avons eu recours à la méthodologie de Orman Bölge Müdürlüğü, (2013), il s'agit de tamiser du sable ensuite le mettre à l'étuve à 80 °C. Un rondin est mis dans une bassine en plastique sur du sable stérilisé. Des individus adultes et larves des espèces prédatrices (*Aulonium sp.* et *Thanasimus formicarius*) et l'espèce nuisible (*Tomicus destruens*) sont insérés dans des encoches creusées dans le rondin, ce dernier est couvert en haut par du parafilm afin de limiter sa dessiccation, le sable est humidifié régulièrement. De jeunes pousses avec leurs rameaux sont attachées au rondin. Enfin nous avons enfermé le rondin dans une vitrine pour empêcher les insectes de s'échapper et pour permettre l'observation du processus nous avons également introduit un récipient contenant l'Alpha-pinène, qui est attractif pour les scolytes.



Fig 31 : Stérilisation du sable à l'étuve à 80 °C



Fig 32 : Protocole de mise en élevage de l'espèce prédatrice (*Aulonium* sp.)

3.2.7 Identification des espèces :

L'identification est parfois réalisable sur le terrain, mais nécessite presque toujours l'utilisation d'une loupe binoculaire et des ouvrages de déterminations spécifiques auxquels nous avons eu recours, parmi eux : Guide des araignées de France et d'Europe (**Michel J.Robert 2009**), les insectes et la forêt (**Roger Dajoz 1998**), La Faune de la France partie 1 et 2 (**1926**).

3.2.8 Les indices écologiques :

3.2.8.1 Richesse spécifique totale (S) :

La richesse totale spécifique d'une biocénose correspond à la totalité (le nombre total) des espèces qui la compose (**Ramade, 1984**).

3.2.8.2 La richesse moyenne :

La richesse moyenne est le nombre moyen des individus par espèces présentes dans le milieu considéré (**Ramade, 1984**). Elle est égale à N/S «N» étant le nombre d'individus total pour toutes espèces confondues et «S» le nombre insectes trouvés.

3.2.8.3 L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') :

L'indice de Shannon-Weaver est la qualité d'information apportée pour un échantillon sur les structures de la population dont provient l'échantillon sur la façon dont les individus sont répartis (**Barbault, 1981**). L'indice de diversité de Shannon-Weaver reflète l'équilibre dynamique de la biocénose. Il est calculé par la formule suivante (**Blondel, 1979**).

$$H' = -\sum P_i \cdot \log_2 P_i$$

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver exprimé en unité bits.

P_i : la probabilité de rencontre de l'espèce (i) « $P_i = n_i / N$ »

N : nombre total des individus de l'espèce (i).

3.2.8.4 Abondance relative (A.R. %) :

L'abondance relative (A.R. %) est le rapport du nombre des individus d'une espèce ou d'une catégorie, d'une classe ou d'un ordre n_i au nombre total des individus de toutes les espèces confondues N (**DAJOZ, 1970; ZAIME et GAUTIER, 1989**). Elle est calculée selon la formule suivante :

$$A.R. = (n_i * 100) / N$$

A.R.% : est l'abondance relative.

n_i : est le nombre des individus de l'espèce prise en considération.

N : est le nombre total des individus de toutes les espèces présentes confondues.

Chapitre VI :

Résultats et discussion

4.1. Inventaire des espèces recueillies au cours de l'écorçage :

Après écorçage complet des rondins, coupés à partir des arbres échantillons prélevés dans les deux stations Sénalba et Bahrara, nous avons récolté différentes espèces appartenant à l'embranchement des arthropodes.

4.1.2 L'arbre de Sénalba Chergui :

Les résultats obtenus sur l'arbre de Sénalba a permis d'inventorier 10 espèces regroupées en quatre ordres qui sont : Coleoptera, Collembola, Lepismatidae et Araneae. Sont regroupé dans le tableau si dessous. (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Liste des espèces recensées au niveau de l'arbre coupé à Sénalba Chergui.

		rondins	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	Totaux	
Longueur		52 cm	51 cm	50 cm	49 cm	51 cm	53 cm	51 cm	55 cm	56,5 cm	53 cm	58,5 cm	61 cm	61 cm	63 cm	765 cm		
circonférence		87 cm	77 cm	67 cm	67 cm	52 cm	58,4 cm	57 cm	52 cm	54 cm	48 cm	47 cm	45 cm	36 cm	39,5 cm			
Coléoptera	<i>Curculionidae</i>																	
	<i>Tomicus destruens</i>	1	0	0	0	4	0	4	5	1	0	1	0	0	0	16		
	<i>Orthotomicus erosus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	05		
Collembola																		
	Collembola sp	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	07	
Zygentoma																		
	<i>Lepismatidae</i>																	
	<i>Lepisma saccharina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01	
Arachnida																		
		Segestriidae sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01
		Graphosidae sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01
		<i>Gnaphosidae</i>																
		Haplodrassus	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	02
		Linyphiidae sp	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01
	<i>Lathys simplex</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01	
	Pseudoscorpions sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	01	
																	36	

4.1.2.1 Richesse totale (S) :

S= 10

4.1.2.2 Richesse moyenne (Sm) :

La richesse moyenne correspond au nombre moyen des espèces présentes dans N relevés **(RAMADE, 1984)**.

Nous avons trouvé : $S_m = 1,57$

Le calcul de l'abondance relative a montré que l'ordre le plus dominant est l'ordre des Arachnides avec une fréquence de 60% suivis de l'ordre des Coleoptera avec 20%, la dernière position est occupée par les deux ordres Collembola et Zygotoma avec une valeur de 10%.(Figure 33)

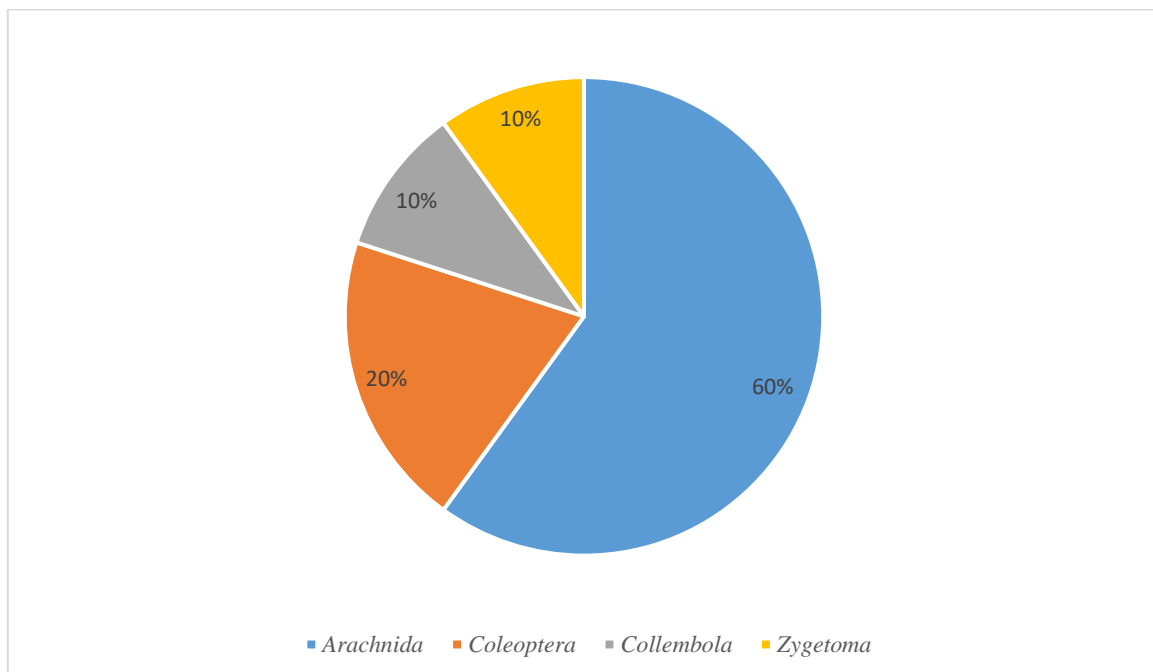


Fig 33 : Abondance relative des ordres d'Arthropodes au niveau de l'arbre prélevé dans Sénalba.

4.1.2.3 Répartition des espèces recensées :

Le nombre d'individus obtenu dans l'arbre est de 36. Le calcul de l'abondance relative des familles a montré que la famille la mieux représentée est la famille des *Curculionidae* sous famille des Scolytinae avec 58.32% (44.44% pour l'espèce *Tomicus destruens* et 13.88% pour l'espèce *Orthotomicus erosus*) suivie par les Collemboles avec 19,44%. En troisième position on trouve les Halplodrasus 5,5%, suivie par les *Lepisma saccharina*, les Segestriidae, Graphosidae, Linyphiidae, Dictinidae (espece : *Lathys simplex*) et les *Pseudoscorpions* avec un pourcentage égal à 2.7%. (Figure 34)

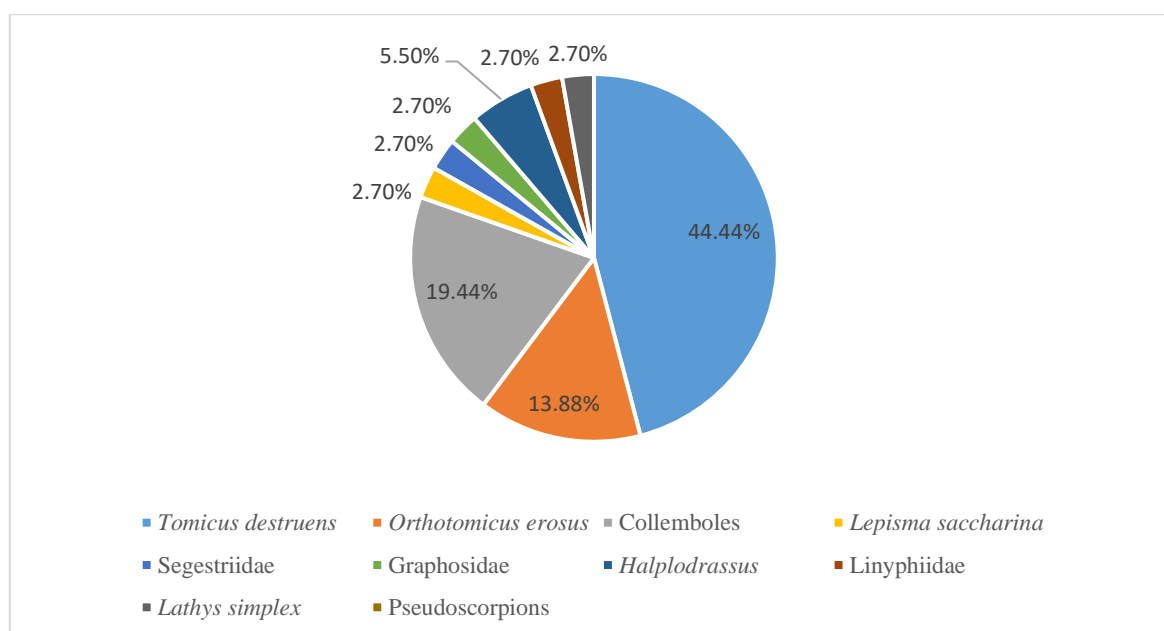


Fig 34 : abondance relative des espèces d'Arthropodes au niveau de l'arbre prélevé dans Séalba.

4.1.2.4 Les résultats relatifs à la biodiversité de l'entomofaune inféodée au Pin d'Alep de la forêt de Séalba :

Plus l'indice de diversité de Shannon est élevé (H' tend vers $\log_2 S$), plus la communauté est équilibrée et stable : toutes les espèces se rencontrent avec la même fréquence, ce qui est le cas pour la présente étude. En revanche, lorsque cet indice est plus faible, on parle de milieu hétérogène dont les communautés sont perturbées : cela peut être dû à un effet de

compétition entre les espèces.

Le résultat de la mesure de la biodiversité par le biais de l'indice de Shannon-Weaver a permis d'estimer ce dernier à $H'=3.45$.

4.1.2.5 Répartition des stades de vie de certains individus au cours de la période d'écorçage :

Les stades larvaire et nymphal des espèces *T. destruens* et *O. erosus* sont complètement absents, en date du 27 février 2022 le stade adulte est le seul présent avec 16 individus pour la première espèce et seulement 5 individus pour la seconde (Figure 35).

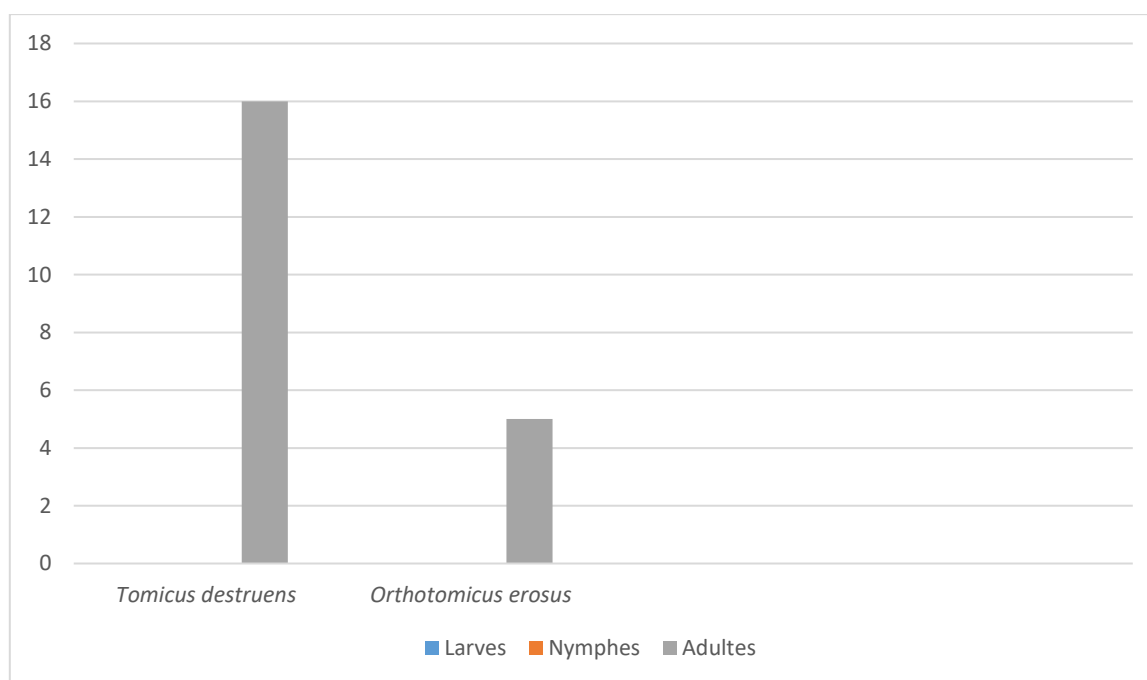


Fig 35 : Répartition des stades larvaires, jeunes adultes et adultes des espèces *Tomicus destruens*, *Orthotomicus erosus*, rencontrés dans l'arbre échantillon de la forêt de Senalbachergui.

4.1.3 L'arbre de Bahrara :

Les résultats obtenus sur l'arbre de Bahrara a permis d'inventorier 17 espèces regroupées en sept ordres qui sont : Coleoptera, Araneae, Zygentoma, Isoptera, Dipetera, Hymenoptera et Hemiptera. Ces résultats sont regroupé dans le tableau si dessous.(tableau 5)

Tableau 5: Liste des espèces recensées au niveau de l'arbre coupé à Bahrara.

		rondin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Totaux
		Longueur	53cm	53cm	38cm	21cm	37cm	65cm	48cm	65cm	52cm	432cm
		Circonférence	88cm	79cm	73cm	64cm	68cm	61cm	58cm	51cm	48cm	
Coléoptera	Curculionidae	Larves <i>Tomicus destruens</i>	17	4	19	74	0	0	66	0	74	254
		Nymphes <i>Tomicus destruens</i>	92	58	101	123	116	119	185	0	266	1060
		<i>Tomicus destruens</i>	12	45	38	18	13	38	41	17	91	296
		<i>Orthotomicus erosus</i>	0	4	7	3	0	0	12	22	8	34
	Zopheridae	Larves <i>Aulonium</i>	4	87	28	71	78	65	146	0	76	555
		<i>Aulonium sp.</i>	1	9	47	16	10	75	68	0	30	256
	Cleridae	Larves de <i>Thanasimus formicarius</i>	5	14	0	0	0	0	0	2	23	34
	Rhizophagid	<i>Rhizophagus sp.</i>	10	2	9	3	16	12	24	0	9	85
	Rhizobius		2	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Résultats et discussion

Arachnida		Thomisidae sp	0	0	1	0	0	0	0	0	0	01
		Salticidae sp	0	0	3	0	0	0	0	0	0	03
		Pseudoscorpion sp	2	0	0	2	2	0	0	1	0	6
Zygentoma	Lepismatidae	<i>Lepisma saccharina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Isoptera		Isoptera sp	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Diptera		Diptera sp	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Hymenoptera		Hymenoptera sp 1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
		Hymenoptera sp 2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Hemiptera	Coccoidea	Cochenille	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
		Monophlebidae sp	0	3	7	3	3	0	0	2	0	16
		<i>Hemiptera</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
												2616

Remarque : Le rondin numéro 8 est utilisé dans l'expérimentation a la recherche des espèces parasitoïdes

4.1.3.1 Richesse totale (S) :

La richesse totale est de $S= 17$

4.1.3.2 Richesse moyenne (Sm) :

La richesse moyenne est de : $Sm =7,5$

Les résultats obtenus sur l'arbre de Bahrara ont permis d'inventorier (S=17) espèces (la richesse totale) regroupées en cinq ordres qui sont : Coleoptera, Arachnida, Lepismatidae, Isoptera, Dipetera, Hymenoptera et Hemiptera.

4.1.3.3 Répartition des espèces recensées :

Le calcul de l'abondance relative a montré que l'ordre le plus dominant est l'ordre des Coleoptera avec une fréquence de 35,29% suivi de l'ordre des Hemiptera et Araneae avec 17,64%, suivis par les Hymenoptera avec 11,76% la dernière position est occupée par les trois ordres Isoptera, Zygentoma et Diptera avec une valeur de 5,88%. (Figure 36)

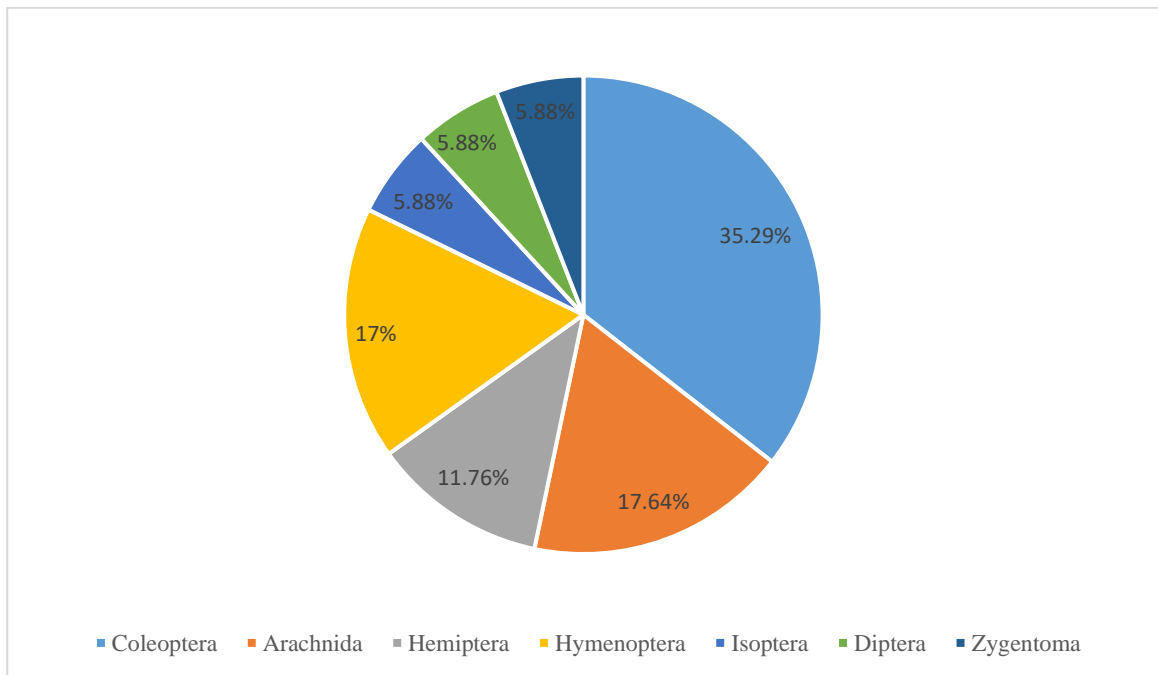


Fig 36 : Abondance relative des différents ordres rencontrés au niveau de l'arbre échantillon de la forêt de Bahrara.

4.1.3.4 Répartition des espèces recensées :

Les 2616 individus inventoriés dans l'arbre sont répartis en 14 groupes de différents ordres. Le calcul de l'abondance relative de chacun a montré que la famille *Scolytidae* est la plus abondante avec 62,83% (61,54% pour l'espèce *Tomicus destruens* et 1,29% pour l'espèce *Orthotomicus erosus*) suivie par *Aulonium* sp avec 31%. En troisième position on trouve les

Rhyzophagus sp avec 3,24% suivi par *Thanasimus formicarius* à 1,6%, ensuite les *Monophlebidae* sp avec 0,61% puis les Pseudoscorpions avec 0,22% suivis par Salticidae avec 0,11% viennent après les *Rhizobius* sp, Hymenoptera sp1 et sp 2 avec 0,07, suivi par les Thomisidae, *Lepisma saccharina*, Isoptera sp, *Diptera* sp et Cochenille avec un pourcentage de 0,3%.

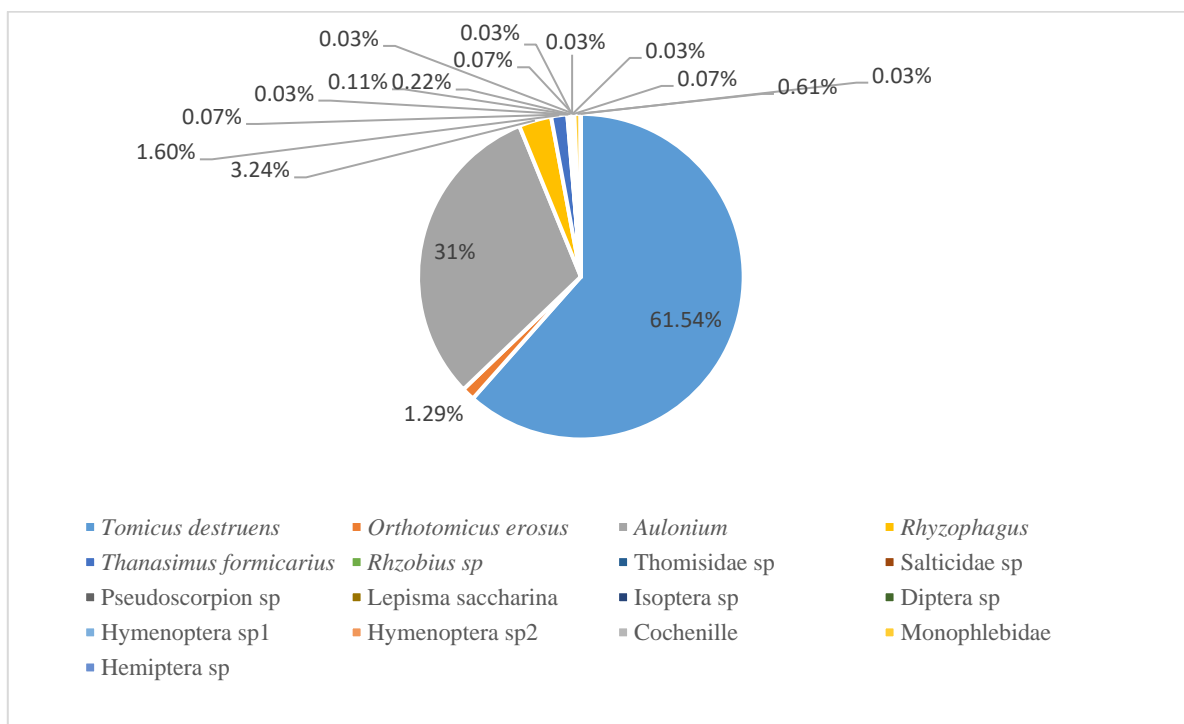


Fig 37 : Abondance relative des Arthropodes au niveau du deuxième arbre. (Bahrara).

La mesure de la biodiversité par le biais de l'indice de Shannon-Weaver a permis d'estimer ce dernier à $H' = 2,88$

4.1.3.5 Répartition des stades biologiques des espèces parasites et parasitoïdes au cours de la période d'écorçage :

Le stade nymphal est le prédominant chez l'espèce *Tomicus destruens*, alors que seuls des individus au stade adulte ont été trouvés chez l'espèce *Orthotomicus erosus*. Chez les *Aulonium* le stade nymphal est totalement absent. Uniquement les larves sont rencontrées chez *Thanasimus formicarius*. (Figure 38)

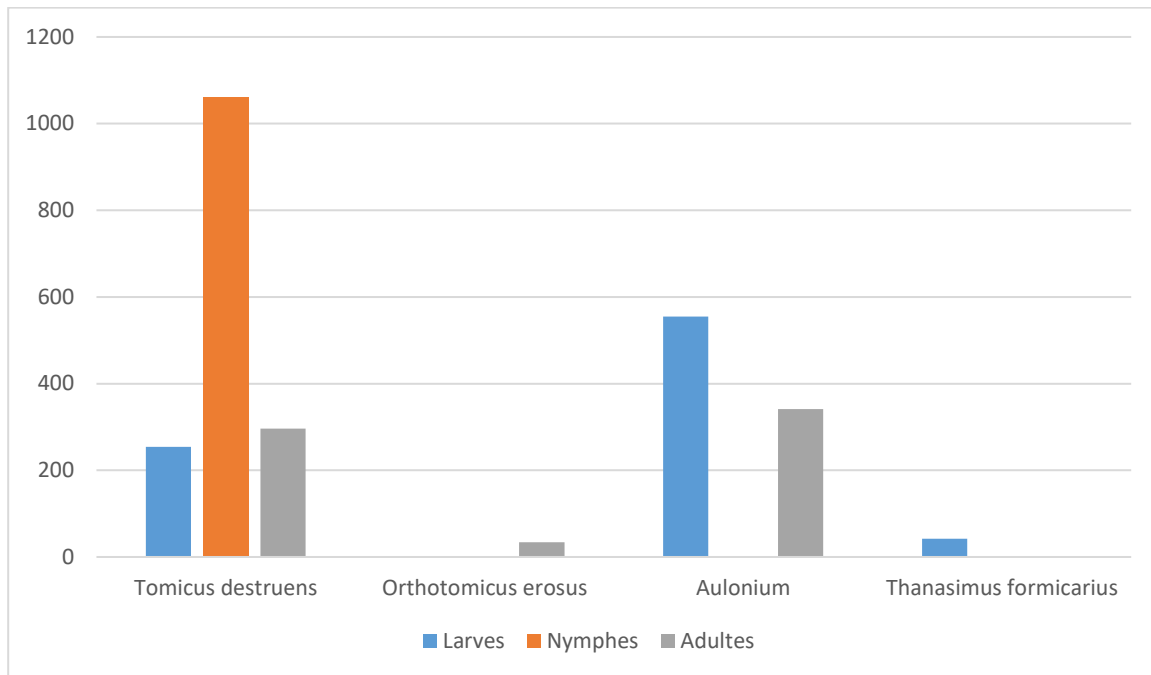


Fig 38 : Répartition des stades larvaires, jeunes adultes et adultes des espèces *Tomicus*, *Orthotomicus*, *Aulonium* et *Thanasimus* rencontrés dans l’arbre échantillon de la forêt de Bahrara.

4.2 Cycle de biologique de *Tomicus destruens* :

Lors de notre première sortie le 27 février 2022 à Senelba chergui, nous n'avons trouvé que des scolytes au stade adultes, sans doute des femelles, dans la galerie maternelle verticale, ce qui nous amène à en déduire qu'il s'agit de la phase de reproduction.

Le 27 mars 2022 a eu lieu la deuxième sortie à Bahrara, nous avons trouvé les stades suivant dans l’arbre : larves, nymphes, jeunes adultes, absence d’œufs. De cela, il a été conclu que la phase de reproduction et ponte sont terminées et que les scolytes sont en pleine phase de développement.

Trois sorties ont été effectuées à une semaine d’intervalle le 09,17 et 25 mai 2022 à Bahrara, Senelba chergui, Guotaya et Toughersan, des jeunes adultes ont été retrouvés dans les jeunes pousses d’arbres sains de pin d’Alep, tombées au sol, faisant leur nutrition de maturation ce qui nous indique qu’il sur le point de se disperser vers de nouveaux hôtes.

Ces investigations nous ont permis de définir le cycle de *Tomicus destruens* illustré dans la figure 39 ci-après.

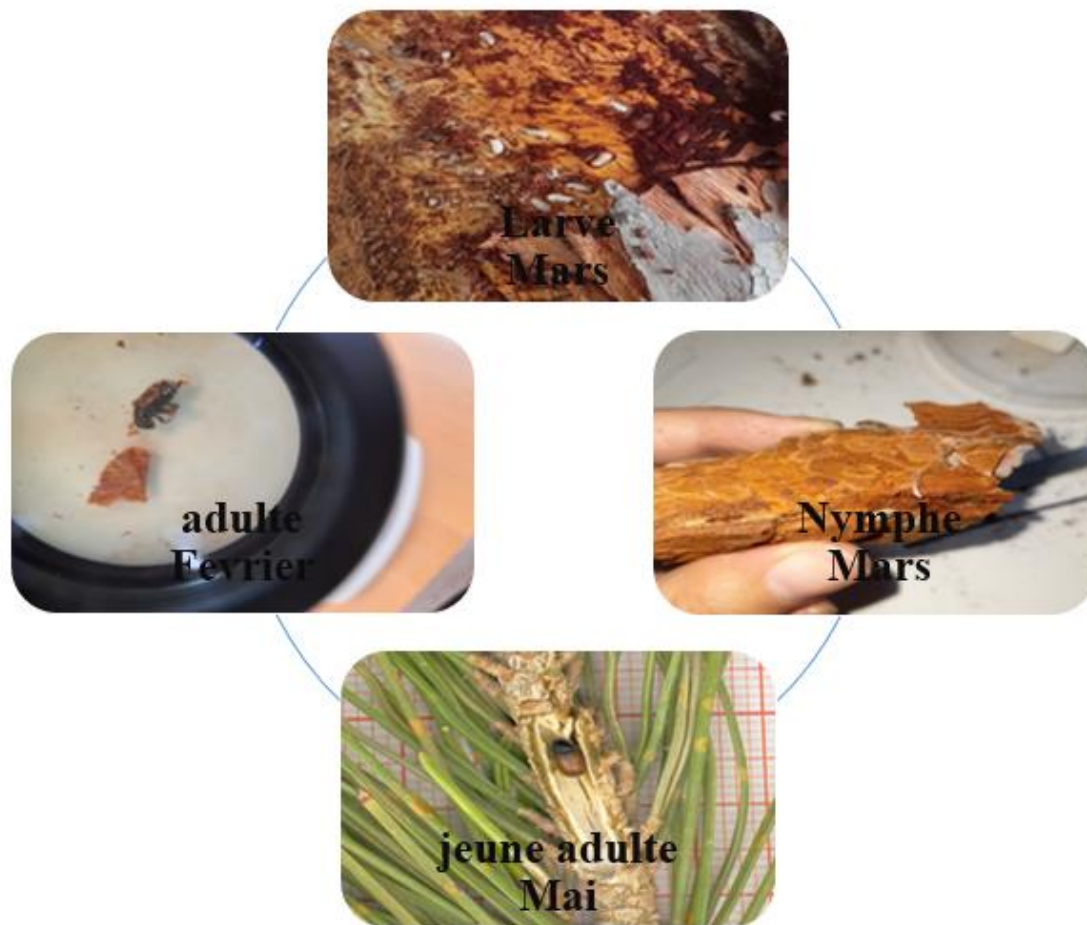


Fig 39 : Cycle de vie de *Tomicus destruens*.

(1. A partir de février l’installation des adultes se fait dans le tronc, sous l’écorce. 2. Après accouplement c’est la ponte, différents stades sont observés au mois de mars. 3. C’est le stade nymphal à partir de mars. 4. Aux mois d’avril – mai, les jeunes adultes sortent pour effectuer la nutrition de maturation dans les pousses de pin d’Alep).

Ces résultats confortent ceux trouvés par Nanni & Tiberi, (1996) ainsi que Chakali, (2005) également mené sur *T. destruens*.

D’après **Nanni & Tiberi, (1996)** dans les pinèdes Tirréniques des pupes, des larves, des adultes et occasionnellement des œufs peuvent être observés en même temps. Les adultes restent dans les pousses ou sous l’écorce de l’automne au printemps, et dans certains cas, ils ont également été observés en plein reproduction, par conséquent, l’hibernation au cours des différentes phases de croissance entraîne l’oviposition de la première génération potentiellement étalée sur une longue période (de Février à mai). Cependant, la plupart des

adultes hibernants commencent leur activité de reproduction en avril et mai, la ponte de la première génération se produit sur une période beaucoup plus courte (entre mars et avril).

Les adultes de la première génération émergent au début de l'été. Ceci est indiqué par les cônes de résine caractéristiques qui apparaissent sur les pousses des arbres. Les cônes de résine démontrent que les adultes sont entrés dans les pousses afin d'effectuer la phase de maturité. Cela peut être observé dès le mois de juillet. En août, les pousses infestées deviennent rougeâtres, signe à la fois de la présence et de l'intensité de l'attaque sur la cime des arbres par les adultes de la première génération. (Nanni & Tiberi, 1996)

D'après Chakali, (2005) dans son milieu naturel, *Tomicus destruens* est monovoltine, à l'émergence, les imagos quittent les lieux de reproduction pour s'alimenter et acquérir leur maturité sexuelle à partir des jeunes rameaux des deux dernières années, une synchronisation très étroite s'établit entre la croissance printanière des pousses et l'émergence imaginale. La phase nutritionnelle s'échelonne au cours de l'été, l'insecte pratique un forage de maturation dans les jeunes pousses qui vont ensuite se courber et tomber à partir de l'automne, du mois d'avril jusqu'au début de l'automne, les imagos se dispersent aux alentours des sites de reproduction de l'insecte. D'après les travaux de Chakali (2005), *Tomicus destruens* durant la même année a une deuxième ponte ou génération sœur, dont les individus se développent plus rapidement que ceux de la première ponte, suite à l'élévation des températures printanières.

4.3 Description des espèces rencontrées :

4.3.1 Ordre des Coleoptera :

4.3.1.1 *Orthotomicus erosus* :

Orthotomicus erosus Bright & Skidmore, 1997 a été initialement placé dans le genre *Ips* par Wood et Bright (1992) et a ensuite été déplacé vers *Orthotomicus* par Bright et Skidmore (1997). Selon l'interprétation des caractères et la clé utilisée, *O.erosus* peut toujours être identifié comme un membre du genre *Ips* (Cavey J et al., 1994).

D'après Cavey J, S Passoa, (1994) et Eglitis, (2000) Les *O.erosus* adultes ont une longueur moyenne de 2,7 à 3,8 mm et sont de couleur brun rougeâtre. La tête est recouverte d'un bouclier thoracique et n'est pas visible vue de dos. La partie postérieure des ailes

antérieures est concave avec quatre épines latérales ; la seconde épine est la plus large et la plus visible (**Eglitis, 2000**).

Les larves sont des larves apodes blanches ou de couleur crème avec des têtes ambrés et mesurent environ 5 mm de long à maturité (**Eglitis, 2000**).

Orthotomicus erosus, graveur de pin méditerranéen, est largement répandu dans toute la Méditerranée et le sud de l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord. Il a été introduit aux Fidji, en Afrique du Sud, en Suisse (**WOOD SL et al., 1992**) et aux États-Unis (**Haack et al., 2004**). Il peut être associé à d'autres espèces de scolytes (*Pityogenes calcaratus*, *Tomicus destruens*)(**Mendel, 1982**).

4.3.1.2 *Aulonium* sp. :

D'après Dajoz, (**1977**) les *Aulonium Erichson*, 1845 sont des Zopheridae, de petits coléoptères de forme variable dont le pronotum et les élytres sont fortement sculptés.

Il est aussi connu que les espèces du genre *Aulonium* sont des prédateurs de *Scolytides*, spécialistes ou généralistes (**Stark & D. L. Dahlsten, 1970**).

4.3.1.3 *Thanasimus formicarius* :

Thanasimus formicarius Linnaeus, 1758 est un coléoptère de la famille des Clérides qui comptent parmi les prédateurs les plus importants des *Scolytides* (**WARZÉE & GRÉGOIRE, 2003**). D'après (**Hui; & ALF BAKK, 1994**) le stade larvaire se déroule en trois stades. Au premier stade les larves nouvellement écloses sont d'un blanc laiteux. Quelques jours plus tard, ils virent au rouge orangé. Les larves de deuxième stade nouvellement muées ont des capsules céphaliques blanchâtres avec des taches oculaires brun foncé. Les larves de deuxième stade peuvent se nourrir à la fois de larves et de pupes de scolytes, mais les pupes les moins actives sont préférées. La couleur du troisième stade change au cours du développement du rouge orangé à une teinte violette, et enfin à une teinte lilas profonde avant le stade prénympheal. La longueur du corps des larves matures du troisième stade variait considérablement, de 11,3 à 15,6 mm. Les femelles et les mâles peuvent être séparés par trois caractéristiques morphologiques : (1) l'abdomen de la femelle est un peu plus étroit vers l'extrémité que celui

du mâle ; (2) les femelles ont moins de poils longs et raides à l'extrémité de l'abdomen que les mâles; et (3) l'avant-dernière plaque abdominale du sternum est concave chez les femelles mais pas chez les mâles (**Struble & L.H. Carpelan., 1941**).

4.3.1.4 *Rhizophagus* :

D'après Fagot, (2003) Le nom *Rhizophagus* P.A. Dang. 1896 provient du grec ancien, il signifie mangeur de racines. Les *Rhizophagus* appartiennent à la famille des *Monotomidae* Laporte, 1840 et à la sous-famille des *Rhizophaginae* Redtenbacher, 1845. Ce sont de petits coléoptères dont la taille varie entre 1,6 et 6,2 mm. La plupart des *Rhizophagus* sont brun testacé ou brun foncé à noir. Les élytres possèdent parfois des macules plus claires à la base ou à l'apex. Le corps est allongé et cylindrique. Les antennes sont composées de onze articles.

L'espèce vit dans les bois feuillus sous l'écorce des arbres morts qui sont attaqués par des coléoptères du groupe des scolytes (Scolytinae) (**Troukens et al., 2020**).

4.3.1.6 *Rhyzobius* sp :

Les *Rhyzobius* Stephens, 1829 sont des Coccinelles poilus modérément ovale et convexe dorsalement (Czerwiński et al., 2020), appartenant à la famille des Coccinellidae Latreille, 1807, c'est l'un des groupes de coléoptères les mieux reconnus. Avec plus de 6000 espèces, c'est la plus grande famille de coléoptères de la superfamille (**Robertson et al., 2015**).

4.3.2 Ordre Collembola :

4.3.2.1 *Collembola* sp :

Les Collemboles Lubbock, 1870 cousins des Insectes, sont des Arthropodes* formant une classe au sein de la super classe des Hexapodes qui sont des Invertébrés possédant 3 paires de pattes. Les Collemboles sont après les Acariens les Arthropodes les plus nombreux, en espèces et en individus, dans le sol, la végétation, les grottes, le littoral sableux et la canopée. (**Thibaud et D'Haese, 2010**. Les Collemboles sont des Arthropodes de petite taille qui est souvent comprise entre ([min. 0,12] 1-5 [max. 17] mm), leur corps comprend

essentiellement trois Tagmes (segments), une capsule céphalique, un thorax de trois segments, et un abdomen avec six segments. Les segments thoraciques et abdominaux peuvent être indistincts et peuvent donner au corps un aspect plus globuleux. (**Brahim-Bounab Hayette, 2017**). En 1873, Lubbock leur donna le nom scientifique de Collembola à cause de la présence de ce tube ventral-collophore, du grec colle (colle) et embolon (piston), près de 8.000 espèces sont décrites dans le monde. Il doit en rester, au moins, 5 fois plus à découvrir. (**THIBAUD ET D'HAESE, 2010**).

4.3.3 Ordre Zygentoma :

4.3.3.1 *Lepisma saccharina* :

Poisson d'argent est un nom commun utilisé pour désigner de nombreuses espèces de l'ordre Zygentoma (**Devries & Appel, 2014**). Les *Lepisma saccharina* Linnaeus, 1758 sont de couleur argentée ou gris perle avec un corps recouvert de minuscules écailles scintillantes (**Richards OW, 1977**). Les écailles sont souvent décrites comme ressemblant à des écailles de poissons. C'est ainsi qu'il est venu sous le nom commun de poisson d'argent. Les lépismes argentés sont sans ailes et mesurent généralement 0,85 cm (0,33 po) de longueur, et ont deux longues antennes (**Marlatt CL, 1902**). Le corps est large à la tête et se rétrécit jusqu'à l'extrémité postérieure où apparaissent trois longs appendices avec des poils (**Phillips & Gillett-kaufman, 2021**).

4.3.4 Ordre Diptera :

4.3.4.1 Diptera sp :

L'ordre des Diptères Linnaeus, 1758, avec celui des Coléoptères sont les plus importants numériquement de la classe des insectes. Selon (ELOUARD, n.d.) Ces insectes, comme leur nom l'indique, ne possèdent qu'une paire d'ailes qui est mésothoracique. Les ailes métathoraciques sont très réduites et transformées en une paire d'organes en forme d'altère, nommés balanciers. Corrélativement le dernier segment thoracique est réduit. Les trois paires de pattes sont dans la majorité des cas bien développées et possèdent des tarsi de cinq articles. Les pièces buccales des imagos sont primitivement de type suceur. Chez les Diptères hématophages, certaines d'entre elles sont transformées en stylets ou en lames vulnérantes aptes à percer la peau de l'hôte. Le développement est de type holométabole ; c'est à dire à

métamorphose complète. Le mode de vie des adultes est terrestre, tandis que les larves vivent dans des milieux très variés selon les familles et les espèces considérées.

4.3.5 Ordre Isoptera :

4.3.5.1 *Isoptera* sp :

Comme l'indique (**Ricart & Roca, 2015**) les isoptères Linnaeus, 1758 sont des insectes sociaux qui vivent dans des nids de morphologies diverses appelés termitières. Ils sont communément connus sous le nom de termites dont le nom "tarmes" ou "termes" est dû aux romains. Littré, dans son Dictionnaire de la langue française, utilise le terme "termes" comme synonyme de "termite", mot qui signifie étymologiquement "ver rongeur", Saint Isidore de Séville a également utilisé ce mot, mais, en réalité, ce n'est qu'en 1758 que le terme a été utilisé scientifiquement dans le "Systema Naturae" (où ces insectes sont cités avec le nom générique de Termes). Linné, cependant, les a inclus dans les Neuroptera et ce n'est qu'en 1882 que Brullé leur a attribué le nom d'Isoptera, leur donnant la catégorie taxonomique d'Ordre.

Les Isoptères sont subdivisés en neuf familles (**KRISHNA, K and al., 2013**); huit d'entre eux sont considérés par les spécialistes comme des termites inférieurs; (ils possèdent un microbiote à flagellés), tandis que le neuvième (famille des Termitidae) est dépourvu de ces organismes et leur microbiote proctodéal est exclusivement composé de différents types de bactéries et est appelé « termites supérieurs ». (**Ricart & Roca, 2015**).

Les termites sont des insectes polymorphes, eusociaux, exoptérygotes qui vivent en unités (termitières) composées d'un nombre limité d'individus reproducteurs associés à de nombreux individus stériles que sont les soldats et les ouvriers. (**Ricart & Roca, 2015**).

4.3.6 Ordre Hymenoptera :

4.3.6.1 *Hymenoptera* sp :

Les Hyménoptères Linnaeus, 1758 sont des Insectes pourvus de quatre ailes (**ADLERZ, 1900**) membraneuses (**ADLERZ, 1902**), le plus souvent transparentes, à cellules en petit nombre (parfois sans cellules) l'aile postérieure, plus petite que l'antérieure et à nervulation plus

simple, lui est attachée par une série de crochets qui viennent s'engager dans une rainure de l'aile antérieure, de sorte que les deux ailes agissent en même temps. L'appareil buccal est du type broyeur, ou broyeur lécheur, les mandibules sont toujours fortes et bien développées. (**L. Berland., 1926**).

4.3.7 Ordre Hemiptera :

4.3.7.1 Hemiptera sp :

Les hémiptères Linnaeus, 1758 sont depuis longtemps reconnus comme un groupe monophylétique (**Carver et al. 1991; Hennig, 1969**). Il se reconnaît à la structure particulière des pièces buccales : les mandibules et les laciniae maxillaires sont modifiées en stylets concentriques, les mandibulaires enserrant les maxillaires, tous deux formant les canaux alimentaires et salivaires ; le labium en feuille multiségmenté recouvrant les stylets mandibulaire et maxillaire ; et les palpes maxillaire et labial sont toujours (**Hennig, 1969; Kristensen, 1991; Weber, 1930**)

4.3.7.2 Cochenille :

La superfamille des Coccoidea Handlirsch, 1903, communément appelées « cochenilles, sont des insectes hémiptères appartenant à Sternorrhyncha. Ils constituent un groupe homogène et spécialisé de petits insectes phytophages de quelques millimètres de long, caractérisés par un haut degré d'adaptation à la vie parasitaire et présentant un dimorphisme sexuel extrême. Selon différents auteurs, environ 6 000 à 8 000 espèces réparties entre 16 et 24 familles peuvent être identifiées dans le monde (**Claps, 1998**).

D'après Claps & de Haro, (**2001**) les femelles sont néoténiques, c'est-à-dire qu'elles acquièrent la maturité sexuelle mais conservent des caractéristiques juvéniles et sont toujours aptères. Un céphalothorax et un abdomen peuvent être différenciés. Bien que les jambes puissent être absentes ou rudimentaires, la plupart d'entre eux ont tendance à mener une vie sédentaire à l'âge adulte. Les femelles et les immatures des deux sexes se nourrissent de la sève des plantes. Le corps est globuleux, allongé ou piriforme et peut être protégé par une substance cireuse ou par une résine laque produite par des glandes spéciales. Les mâles sont généralement plus petits et moins visibles que les femelles et ne sont actifs que peu de temps après leur

dernière mue. Leurs pièces buccales ne sont pas fonctionnelles et ils n'ont qu'une seule paire d'ailes, la deuxième paire d'ailes étant soit absente, soit développée en halteri.

4.3.7.3 Monophlebidae :

Selon Peri & Kapranas, (2012) la famille des Monophlebidae, initialement traitée comme une sous-famille de la famille des Margarodidae, comprend 237 espèces réparties en 44 genres. Ce sont des cochenilles de grande taille, communément appelées cochenilles géantes, mesurant jusqu'à 10 mm de long. Ils portent un tube anal bien développé et des spiracles abdominaux généralement bien visibles, ainsi que des pattes et des antennes sombres. En général, ces insectes passent par 4 stades femelles et 5 mâles. Les mâles sont cependant rares pour la plupart des espèces, et lorsqu'ils sont présents, la prépupe est assez mobile.

4.3.8 Ordre Arachnida :

4.3.8.1 Segestriidae sp :

Segestriidae Simon, 1893 est une petite famille d'araignées haplogynes de taille moyenne, aranéomorphes, écribellées, à trois griffes tarsales, représentées globalement par 119 espèces réparties en trois genres (Platnick, 2014), Ces araignées ont six yeux et se distinguent généralement par la troisième paire de pattes dirigée vers l'avant. Du point de vue taxonomique, les Segestriidae sont étroitement apparentés aux Dysderidae et sont considérés comme un membre de la superfamille des Dysderoidea (Zamani, 2014).

4.3.8.2 Gnaphosidae sp :

D'après Roberts, (2009) Les Gnaphosidae Banks, 1892 possèdent des filières cylindriques dont la paire antérieure est un peu plus longue que le reste, et qui sont séparées les unes des autres par environ la longueur du diamètre d'une d'entre elles. Chez la pluparts des espèces, les yeux médians postérieurs sont ovales, irréguliers ou oblongs.

La plupart de ces araignées sont brun grisâtre a noir profond, avec l'abdomen dépourvu de dessins et revêtu de courts poiles luisants, les deux sexes se ressemblent, le mâle ayant un

abdomen plus svelte, et chez les Drassodes, de plus grande chélicères. La femelle de nombreuses espèces construit son cocon dans une grande cellule de soie ou elle se tient jusqu'à l'éclosion des œufs.

4.3.8.3 Haplodrassus :

Les Haplodrassus sont des araignées du genre aranéomorphes de la famille des Gnaphosidae (Roberts, 2009).

4.3.8.4 Linyphiidae sp :

Les Linyphiidae Blackwall, 1859 sont des araignées de petite taille avec un abdomen rond, globuleux, généralement de couleur noir avec des pattes plus ou moins brunes (Ricard & Mandrin, 2013). Cette vaste famille renfermant plus de cinq cents espèces répartie dans plus de cent cinquante genres. La plupart tissent des toiles en nappes, et se tient généralement à l'envers sous sa toile (Roberts, 2009).

4.3.8.5 Thomisidae sp :

Les Thomisidae SUNDEVALL, 1833 sont une très grande famille compte environ plus de 1600 espèces présentant une vaste répartition géographique. Communément appelé Araignées-crabes elles doivent ce nom à la forme de leur pattes qui ressemblent à celles d'un crabe, très souvent mimétique du support où elles chassent à l'affût (fleurs, sol, etc...) ; les pattes 1 et 2 sont beaucoup plus longues et plus fortes que les 3 et 4, (SBA, 2011)

La grande diversité de formes et de couleurs des Thomisidae est corrélée à la grande variété d'habitats qu'elle exploite et à leurs remarquable aptitude au camouflage allant parfois jusqu'à une modification lente de la couleur (Roberts, 2009)

4.3.8.6 Salticidae sp :

Les Salticidae Blackwall, 1841, communément appelées araignées sauteuses, sont l'une des familles d'araignées les plus diversifiées, comprenant 646 genres et 6230 espèces (WSC, 2020). En tant que chasseurs diurnes, les salticidés se caractérisent par un système visuel aigu

et des sauts très agiles, occupant de nombreuses niches écologiques dans une variété de micro habitats (**Cumming & Wesolowska, 2004**).

Dans cette famille d'araignées, les yeux ont une disposition particulière caractéristique d'après (**Bounias-delacour & Gizart, 2019**) à l'avant se trouve la ligne des yeux antérieurs : les médians plus gros et très performants assurent une très bonne acuité visuelle, ils peuvent bouger intérieurement dans tous les sens ; les latéraux plus petits, un peu en retrait et en dessus des médians, sont fixes et permettent la vision binoculaire vers l'avant et une bonne vision sur les côtés. Les yeux postérieurs sont sur deux lignes sur le dessus du céphalothorax : le deuxième rang est formé par les médians postérieurs généralement très petits et le troisième rang par les latéraux postérieurs qui assurent la perception des mouvements sur les côtés, l'arrière et le dessus. Les Salticidae utilisent leur troisième et/ou la quatrième paire de pattes pour sauter (**Roberts, 2009**).

4.3.8.7 Pseudoscorpion :

Les pseudoscorpions sont des arachnides ressemblant à de petits scorpions du fait de leurs pédipalpes transformés en pinces, qui ont la même fonction et morphologie que celle des scorpions. Ils se différencient de ces derniers par la taille mais aussi par d'autres caractères morphologiques, notamment l'absence de métasoma. En plusieurs points, leur morphologie ressemble donc à celle des araignées (avec notamment la présence de chélicères et la capacité de produire de la soie) (**KARAS, 2009**). La majorité de ces arachnides vivent dans le sol meuble, la litière et sous les souches d'arbres (**Donovan & Paul, 2006**).

4.3 Lutte biologique :

La lutte biologique est le meilleur moyen de réduction des populations des insectes xylophages, particulièrement les Scolytes, en raison de leurs biologies et régimes trophique. L'utilisation de moyens chimiques est inefficace, à cause de l'écorce des arbres qui protège les Scolytes. Il n'y a que les moyens d'une bonne sylviculture, entretien et gestion des forêts qui contribueraient à la bonne santé des forêts. Quand les conditions climatiques, sécheresse et température sont défavorables, les insectes ravageurs dépassent les seuils tolérés et alors les parasitoïdes deviennent incapables de contrôler les populations des Scolytes. L'espèce *Aulonium* sp. est rencontré dans notre matériel biologique d'après Chararas, (**1962**) et Nikitskii,

(1972), les adultes et les larves d'*Aulonium ruficorne* Olivier (Coleoptera : *Colydiidae*) sont des prédateurs communs des stades immatures des scolytes du pin dans le bassin méditerranéen. *Nemosoma elongatum* L. et *Rhizophagus bipustulatus* F. ont été trouvées avec *A. ruficorne* au printemps en Haute Galilée dans des galeries du scolyte *Tomicus destruens* (Podoler et al., 1990). Le prédateur peut se nourrir de tous les stades immatures des scolytes, Dans les systèmes de pins simulés, les adultes ont consommé 0,6 à 1,9 œufs ou nouveau-nés de scolytes. L'effet combiné des adultes et des larves suggère que ce prédateur pourrait réduire la population de scolytes jusqu'à 90 % au printemps et en automne et de 30 à 50 % en été (Podoler et al., 1990).

Le prédateur *Thanasimus formicarius* est un régulateur important des populations des scolytes (WARZÉE & GRÉGOIRE, 2003). Les larves du dernier stade de *T. formicarius* peuvent s'attaquer aux jeunes adultes immatures du scolyte. Au terme de sa vie larvaire, chaque *T. formicarius* aura ainsi consommé une cinquantaine de proies. Lorsque la disponibilité des proies est faible, *T. formicarius* est donc un prédateur particulièrement actif vis-à-vis des scolytes. En Suisse et en Suède, des études ont montré que les larves de *T. formicarius* provoquaient une mortalité d'environ 18 % parmi les larves de scolytes et que *T. formicarius* pouvaient réduire de 81 à 92 % la production de descendants de l'hylésine du pin (Schroeder, 1999). Ce prédateur était également responsable de près de la moitié de la mortalité totale de scolytes engendrée par l'ensemble des ennemis naturels (Weslien & Regnander, 1992).

Les *Monotomidae* qui ne mesurent que quelques millimètres de longueur, dix espèces sont connues en Europe comme ennemis naturels des scolytes, toutes issues du genre *Rhizophagus*. Ces prédateurs se nourrissent d'œufs ou de larves de scolytes et d'autres insectes sous l'écorce (Beat Wermelinger & Doris Schneider Mathis, 2021). Il est utilisé dans certains pays pour lutter contre ce scolyte (van Averbek & Grégoire, 1995).

Comme Fagot, (2003) le mentionne, les larves des Scolytidae semblent représenter la nourriture principale des larves des *Rhizophaginae*. Ces *Rhizophagus* constituent de ce fait des alliés potentiels de premier ordre dans la perspective d'une lutte biologique contre les Scolytes.

La mise en contact de *T. formicarius* et *Aulonium* avec *T. destruens*, dans le rondin infesté (Le Numéro 8), a considérablement diminué la sortie des jeunes adultes de *T. destruens*.

Ce résultat de notre travail, ouvre une voie dans la lutte biologique, éventuellement des opérations d'élevages des espèces parasitoïdes et leur dispersion dans les forêts infestées.

**Conclusion
et
perspectives**

Conclusion générale et perspectives :

Le dépérissement des peuplements forestiers est un processus complexe qui a été attribué à un large éventail de causes potentielles, le plus souvent impliquant des sécheresses antérieures ainsi que des attaques d'insectes défoliateurs.

Le pin d'Alep des régions de Djelfa est menacé par divers ennemis notamment les scolytes.

Ce travail nous a permis de recenser et d'identifier les insectes des sujets de pin d'Alep dépérissant. Cet inventaire a révélé la présence de 17 espèces appartenant à 7 ordres différents, dont *Tomicus destruens* et *Orthotomicus erosus* qui sont les deux espèces principales de scolytes. Leur effectif a atteint 1638 individus, les différents stades sont présents larves, nymphes, jeunes adultes. En plus grand nombre le stade L4 et Nymphe.

Les scolytes sont des petits insectes qui se développent sous l'écorce des arbres, dans une couche molle de bois appelée liber. Pendant leur croissance, ils dévorent le liber en y creusant des galeries. Ces galeries interrompent l'écoulement de la sève dans le tronc, ce qui peut entraîner la mort de l'arbre. Les résines produites par l'arbre pour se défendre ont une odeur forte et attirent ainsi encore plus de scolytes.

Les espèces *Aulonium* sp. et *Rhizophagus* sp. sont connues comme des ennemis naturels des scolytes, nous en avons trouvé en effectifs assez important (811 et 34). Des tentatives d'élevage de ces dernières sont réalisées au laboratoire afin de les utiliser, éventuellement, dans une lutte biologique contre les scolytes. Les résultats ont montré que la mise en contact d'*Aulonium* sp. et *Thanasimus formicarius* avec *Tomicus destruens* dans les rondins au laboratoire réduit l'effectif de ce dernier.

Ceci nous ouvre des perspectives de poursuite de ces recherches afin de procéder à des lâchers de ces parasitoïdes sur le terrain, la lutte biologique est une alternative saine et plus écologique que l'abattage des arbres.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ADLERZ, G. (1900). *Notices biologiques sur les raies prédatrices* (pp. 161–200).
- ADLERZ, G. (1902). *Ceropales Maculata Fab: En Parasitisk Pompilid.*
- Amraoui, S. (2011). *Structure des communautés de scarabaeoides coprophages dans différents écosystèmes pâturés en zone steppique (Djelfa)*(p. 55).
- B. Boutte, D. ; M. D.-G. (2012). Pin d'Alep, les principaux problèmes sanitaires. *DSF, Information Santé*, 4 p.
- B.N.E.D.R. (2022). *Amélioration de résilience climatique dans les steppes et les zones de forêts sèches du barrage vert Algérien.*
- B.N.E.F. (1983). *Résultats de l'inventaire par série forêt dominale du Sénalba Chergui (Wilaya de Djelfa)* (p. 213).
- Balachowsky, A. (1949). B.P. 392 – 75232 PARIS Cedex 05. *Faune de France 50 Coleopteres Scolytidess.*
- Barbault, R. (1981). *Ecologie des populations et des peuplements.* In *Masson, Paris* (Vol. 200, p. 200).
- Beat Wermelinger, & Doris Schneider Mathis. (2021). Les ennemis naturels des scolytes. *Institut Fédéral de Recherches WSL*, 1–12.
- Berroukche A. Amara S. Halimi S. Benyamina F. (2014). EVALUATION OF THE LEAVE AND BUD DECOCTIONS PINUS HALEPENSIS MILL EFFECTS ON THE INDUCED-PHENOL RENAL TOXICITY IN WISTAR RATS. *J Fundam*, 12(2007), 703–712. <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>
- Blondel, J. (1979). *Biogéographie et écologie* (p. 173). Masson.
- Boudy, P. (1952). *Guide du Forestier en Afrique du Nord* (p. 505).
- Bounias-delacour, A., & Gizart, L. (2019). *C2 - L'identification des espèces d'araignées sans toile de chasse de la région PACA - deuxième partie : les Salticidae.* 1–52.
- BRAHIM-BOUNAB HAYETTE. (2017). *Les Collemboles (Hexapoda : Collembola) de*

- quelques localités du Nord-est algérien Taxonomie et Appartenance Biogéographique.*
Frères Mentouri Constantine.
- Carver, M; Gros, G. F.; Woodward, T. E. (1991). Chapter30. Hemiptera. In *CSIRO, Division of Entomology. Insects of Australia. 2nd edition, 2 volumes* (pp. 429–509). Cornell University Press, Ithaca, USA.
- Cavey J, S Passoa, D. K. (1994). Screening Aids for Exotic Bark Beetles in the Northeastern United States. *Northeastern Area: U.S. Department of Agriculture,, Forest Service.*
- Cebeci, H. H., & Baydemir, M. (2018). Predators of bark beetles (Coleoptera) in the Balikesir region of Turkey. *Revista Colombiana de Entomologia*, 44(2), 283–287.
<https://doi.org/10.25100/socolen.v44i2.7326>
- Chakali, G. (2005). L’Hylésine des Pins, *Tomicus destruens* Wollaston 1865 (Coleoptera-Scolytidae) en zone semi-aride (Algérie). *Silva Lusitana, Lisboa Portugal*, 13, 113–124.
- Chararas, C. (1962). *Étude biologique des scolytides des conifères* (P. Lechevalier (ed.)).
- Ciesla W. (2003). EXFOR Database Pest Report: *Tomicus destruens*. *USDA Forest Service.*
- Claps, L. . (1998). *Coccoidea*. In *Morrone, J. J. y S. Coscarón. (directores). Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. Una perspectiva biotaxonomica.* (pp. 140–143).
- Claps, L. E., & de Haro, M. E. (2001). *Coccoidea* (Insecta: Hemiptera) Associated With Cactaceae in Argentina. *J. Pacd, February*, 77–83.
- Cumming, M. S., & Wesołowska, W. (2004). *Habitat separation in a species-rich assemblage of jumping spiders (Araneae : Salticidae) in a suburban study site in. September 1998*, 1–10. <https://doi.org/10.1017/S0952836903004461>
- Czerwiński, T., Szawaryn, K., & Tomaszewska, W. (2020). Three new species of the genus *Rhyzobius stephens*, 1829 from new guinea (Coleoptera: Coccinellidae: Coccidulini). *European Journal of Taxonomy*, 2020(692), 1–17. <https://doi.org/10.5852/ejt.2020.692>
- Dajoz, R. (1970). *Precis d ’ ecologie* (Dunlop).
- Dajoz, R. (1977). *Coléoptères Colydiidae et Anommatidae paléarctiques. Faune de l’Europe et du Bassin méditerranéen* 8. (Masson).
- Daoui, A., Douzet, J., Marchal, R., & Zerizer, A. (2007). Valorization of Aleppo pine wood by peeling (Valorisation du bois de pin d’Alep par déroulage, in French). *Bois & Forêts*

- Des Tropiques*, 294(4), 51–64.
- Devries, Z. C., & Appel, A. G. (2014). Effects of temperature on nutrient self-selection in the silverfish *Ipsa saccharina*. *Physiological Entomology*, 39(3), 217–221.
<https://doi.org/10.1111/phen.12064>
- Di, S., Di, D., Coinu, M., Floris, I., & Lentini, A. (2013). *Ciclo biologico e capacità riproduttiva di Tomiscus destruens in Sardegna*.
- Djaballah, F. (2008). *Effet de deux méthodes d'aménagement « mise en défens et plantation » sur les caractéristiques floristiques et nutritives des parcours steppiques de la région de Djelfa*. Ouargla.
- Donovan, B. J., & Paul, F. (2006). Les pseudoscorpions à la rescousse ? *American Bee Journal*, October, 867–869.
- DPTA. (2003). *Monographie de la Wilaya de Djelfa. Direction de la Planification et de L'Aménagement du Territoire (DPTA)* (pp. 6–22).
- Durand-Gillmann, M. (2014). *Interactions hôtes-parasites en écosystèmes forestiers contrastés : le cas des scolytes (Coleoptera : Curculionidae) en région méditerranéenne*
To cite this version : HAL Id : tel-02801163 Marion DURAND-GILLMANN *Interactions plantes-insectes dans deux éc.*
- Eglitis, A. (2000). *Orthotomicus erosus*. *NAFC-ExFor Pest Report*.
- ELOUARD, J.-M. (n.d.). caractères généraux, clés systématiques et familles peu importantes. *Diptères*, 24.
- Fagot, J. (2003). *Apport à la connaissance du genre Rhizophagus Herbst , 1793 (Coleoptera : Clavicornia Monotomidae) en Région wallonne (Belgique)*. 1793(December 2015).
- Ghougali, F. (2020). *Contribution à l' évaluation de la diversité et du contrôle génétique de la croissance et de la fructification chez les pins de types halepensis (Pinus brutia-Pinus halepensis)* Fayssal Ghougali To cite this version : HAL Id : hal-01877181. September 2011.
- Haack, R. A., Service, U. F., Rd, H., & Lansing, E. (2004). *Orthotomicus erosus: A New Pine-Infesting Bark Beetle in the United States* *Robert*. 49(December), 2004.

- Hennig, W. (1969). *Die Stammesgeschichte der Insekten* (WaldemarKr).
- Hui, Y., & ALF BAKK. (1994). DEVELOPMENT AND REPRODUCTION OF THANASZMUS FORMZCARZUS (L.) (COLEOPTERA: CLERIDAE) AT THREE CONSTANT TEMPERATURES. *The Canadian Entomologist*, 129(July), : 579-583.
- Kadik, B. (1987). *Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie*.
- KARAS, F. (2009). Invertébrés continentaux des Pays de la Loire. *Gretia*, 2002, 55–59.
- King, C. J., Fielding, N. J., & O'Keefe, T. (1991). Observations on the life cycle and behaviour of the predatory beetle, *Rhizophagus grandis* Gyll. (Col., Rhizophagidae) in Britain. *Journal of Applied Entomology*, 111(1–5), 286–296.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1991.tb00325.x>
- Kirkendall, L. R., Biedermann, P. H. W., & Jordal, B. H. (2015). Evolution and Diversity of Bark and Ambrosia Beetles. In *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00003-4>
- KRISHNA, K., D.A. GRIMALDI, V. KRISHNA., M. S. E. (2013). TRE ATISE ON THE ISOPTERA OF THE WORLD BASAL FAMILIES. *BULLETIN OF THE AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY*, 37, 202.
- Kristensen, N. P. (1991). Phylogeny of extant Hexapods. In *CSIRO, Division of Entomology. Insects of Australia. 2nd edition, 2 volumes* (pp. 125–140).
- L. Berland. (1926). HYMÉNOPTÈRES VESPIFORMES (SPHEGIDAE, POMPILIDAE, SCOLI/DAE, SAPYGIDAE, MUTILLIDAE). In *faune de france* (Vol. 10, Issue volume 1).
- Laclos, E. de. (2006). Les Coléoptères associés aux scolytes du chêne en forêt domaniale de Cîteaux (département de la Côte-d'Or). *Bulletin Mensuel de La Société Linnéenne de Lyon*, 75(2), 67–82. <https://doi.org/10.3406/linly.2006.13617>
- LIEUTIER, F., & LEVIEUX, J. (1985). Les relations conifères-scolytides : importance et perspectives de recherches. *Annales Des Sciences Forestières*, 42(4), 359–370.
<https://doi.org/10.1051/forest:19850401>
- Marlatt CL. (1902). The silver fish (*Lepisma saccharina* Linn.). In *United States Department*

- of Agriculture, Division of Entomology, Circular No. 49, Second Series. Reprint Bulletin No. 4 New Series* (Issue RN-585). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1918.tb00819.x>
- Mendel, Z. J. H. (1982). *THE BIOLOGY AND BEHAVIOR OF ORTHOTOMICUS EROSUS IN Palestine*. 10(560), 169–181.
- Nahal, I. (1962). *Le Pin d ' Alep (Fines halepensis Mill .)*.
- Nanni, C., & Tiberi, R. (1996). *Tomicus destruens* (Wollaston): biology and behaviour in central Italy. *Integrating Cultural Tactics into the Management of Bark Beetle and Reforestation Pests, January*, 1-254 (131-134).
https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/gtr/gtr_ne236.pdf
- Nikitskii, N. B. (1972). Morphology and ecology of *Aulonium ruficorne* [Coleoptera : Colydiidae], a natural enemy of pine bark beetles. *Biologicheski Nauki*, 15, 20–26.
- Office national des forêts. (2014). Gestion forestière : un cycle durable, des forêts de qualité. In *Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs*. <https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/gestion-forestiere/>
- Peri, E., & Kapranas, A. (2012). Pseudococcidae and monophlebidae. *Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region, July 2018*, 172–182.
<https://doi.org/10.2174/978160805294311201010172>
- Phillips, E. F., & Gillett-kaufman, J. L. (2021). *Silverfish Lepisma saccharina Linnaeus (Insecta : Zygentoma : Lepismatidae)* 1. 1–3.
- Platnick, N. I. (2014). *The world spider catalog, version 14.5*. American Museum of Natural History.
- Podoler, H., Mendel, Z., & Livne, H. (1990). Studies on the biology of a bark beetle predator, *aulonium ruficorne* (Coleoptera: Colydiidae). *Environmental Entomology*, 19(6), 1010–1016. <https://doi.org/10.1093/ee/19.4.1010>
- Pouget, M. (1980). *SOL-VEGETATION dans les steppes sud-algéroises*.
- R.C.D. (2002). *Fiche technique de la réserve de reconstitution*.
- Raffa, K. F., Grégoire, J. C., & Lindgren, B. S. (2015). Natural History and Ecology of Bark Beetles. In *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00001-0>

- Ricard, J.-M., & Mandrin, J.-F. (2013). le Point sur les araignées en vergers. N°35, 1–8.
- Ricart, M. G., & Roca, C. B. De. (2015). Orden Isoptera. *IDE@ - SEA Magazine*, 49, 1–17.
- Richards OW, D. R. (1977). *General Textbook of Entomology 10th Edition Volume 2, Classification and Biology*. (D. R. Imms AD, Richards OW (ed.); New York,).
- Roberts, M. J. (2009). Guide des araignées de France et d'Europe. In *Techniques*.
- Robertson, J. A., Ślipiński, A., Moulton, M., Shockley, F. W., Giorgi, A., Lord, N. P., Mckenna, D. D., Tomaszewska, W., Forrester, J., Miller, K. B., Whiting, M. F., & Mchugh, J. V. (2015). Phylogeny and classification of Cucujoidea and the recognition of a new superfamily Coccinelloidea (Coleoptera: Cucujiformia). *Systematic Entomology*, 40(4), 745–778. <https://doi.org/10.1111/syen.12138>
- SBA, B. E. H. (2011). *Ecologie des Arthropodes dans le reboisement de Moudjbara (Djelfa)*. Ziane Achour.
- Schroeder, L. M. (1999). Prolonged development time of the bark beetle predator *Thanasimus formicarius* (Col.: Cleridae) in relation to its prey species *Tomicus piniperda* (L.) and *Ips typographus* (L.) (Col.: Scolytidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 1(2), 127–135. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.1999.00018.x>
- Smith, S. M., & Hulcr, J. (2015). Scolytus and other Economically Important Bark and Ambrosia Beetles. In *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species* (Issue January). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00012-5>
- Stark & D. L. Dahlsten. (1970). *Studies on the population dynamics of the Western pine beetle, Dendroctonus brevicomis Le Conte (Coleoptera : Scolytidae)*. University of California, Division of Agrie. Sei.
- Struble, G. R., & L.H. Carpelan. (1941). External sex characters of two important native predators of the mountain pine in sugar pine (Coleoptera, Ostomatidae, Cleridae). *Pan-Pacific Entomologist*, 17, 153–156.
- THIBAUD ET D'HAESE. (2010). Le petit Collembolite illustré. *Bulletin de l'Association Entomologique d'Auvergne*, ISSN 1955-0804.
- Troukens, W., Ignace, D., Limbourg, P., Dahan, L., Raemdonck, H., & Drumont, A. (2020). *Rhizophagus fenestralis (Linnaeus , 1758) (Coleoptera : Monotomidae) in de Benelux*.

September.

van Averbek, A., & Grégoire, J. C. (1995). Establishment and spread of *Rhizophagus grandis* Gyll (Coleoptera: Rhizophagidae) 6 years after release in the forêt domaniale du Mézenc (France). *Annales Des Sciences Forestieres*, 52(3), 243–250.

[https://doi.org/10.1016/0003-4312\(96\)89696-2](https://doi.org/10.1016/0003-4312(96)89696-2)

Vuillermet, F. (2020). *biomasse morte des forêts méditerranéennes françaises : rôle des conditions topographiques et climatiques* *Dépérissement de la végétation et production de biomasse morte des forêts méditerranéennes françaises : rôle des conditions topographiques et climatiques.*

WARZÉE, N., & GRÉGOIRE, J. (2003). LE CAS EXEMPLAIRE DE THANASIMUS FORMICARIUS. *Lutte Biologique et Écologie Spatiale, Université Libre de Bruxelles*, 66, 2–6.

Weber, H. (1930). *BIOLOGIE DER HEMIPTEREN.*

Weslien, J., & Regnander, J. (1992). The influence of natural enemies on brood production in *Ips typographus* (Col. scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by *Thanasimus formicarius* (Col.: Cleridae). *Entomophaga*, 37(2), 333–342.

<https://doi.org/10.1007/BF02372435>

WOOD SL; Bright DE. (1992). *A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic index. Volume A & B. Great Basin naturalist memoirs.*

WSC. (2020). World Spider Catalog. *Natural History Museum Bern.*

Zaïme, A., & Gautier, J. Y. (1989). Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces de Gerbilidea en milieu Saharien au Maroc. *Rev.Ecol. (Terre & Vie)*, 44(2), 153–163.

Zamani, A. (2014). The first record of family Segestriidae Simon , 1893 (Araneae : Dysderoidea) from Iran. *Serket*, 14(1), 15–18.

Annexes

Tableau 1 récapitulative des données quantitatives et calculs de S Sm et indice de Shannon Weaver (échantillon Séalba Chergui)

	rondins	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	sommes	moy	Var	id	AR	na	Fo%	constance
	Longueur	52 cm	51 cm	50 cm	49 cm	51 cm	53 cm	51 cm	55 cm	56,5 cm	53 cm	58,5 cm	61 cm	61 cm	63 cm								
	circonférence	87 cm	77 cm	67 cm	67 cm	52 cm	58,4 cm	57 cm	52 cm	54 cm	48 cm	47 cm	45 cm	36 cm	39,5 cm								
Coléoptera	<i>Tomicus destruens</i>	1	0	0	0	4	0	4	5	1	0	1	0	0	0	16	1,142857143	3,208791209	2,807692308	44,44444444	6	42,85714286	régulières
	<i>Orthotomicus erosus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0,357142857	0,862637363	2,415384615	13,88888889	2	14,28571429	accessoires
Collembola	Collemboles	1	1	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	7	0,5	0,576923077	1,153846154	19,44444444	5	35,71428571	régulières
Lepismatidae	<i>Lepisma saccharina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,071428571	0,071428571	2,777777778	1	7,142857143	accessoires	

Arachnida	Segestriidae sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,071428571	0,071428571	1	2,777777778	1	7,142857143	accessoires
	Graphosidae sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,071428571	0,071428571	1	2,777777778	1	7,142857143	accessoires
	<i>Halplodrassus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,142857143	0,131868132	0,923076923	5,555555556	2	14,28571429	accessoires
	Linyphiidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,071428571	0,071428571	1	2,777777778	1	7,142857143	accessoires
	<i>Lathys simplex</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,071428571	0,071428571	1	2,777777778	1	7,142857143	accessoires
	Pseudoscorpions	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,071428571	0,071428571	1	2,777777778	1	7,142857143	accessoires

Annexe des tableaux

$q_i = n_i / N$	$\ln q_i$	$\ln q_i^2$	$q_i \cdot \ln q_i^2$
0,166666667	-1,791759469	-2,584962501	-0,430827083
0,111111111	-2,197224577	-3,169925001	-0,352213889
0,027777778	-3,583518938	-5,169925001	-0,143609028
0,055555556	-2,890371758	-4,169925001	-0,2316625
0,111111111	-2,197224577	-3,169925001	-0,352213889
0,083333333	-2,48490665	-3,584962501	-0,298746875
0,111111111	-2,197224577	-3,169925001	-0,352213889
0,138888889	-1,974081026	-2,847996907	-0,395555126
0,027777778	-3,583518938	-5,169925001	-0,143609028
0,055555556	-2,890371758	-4,169925001	-0,2316625
0,027777778	-3,583518938	-5,169925001	-0,143609028
0	0	0	0
0,027777778	-3,583518938	-5,169925001	-0,143609028
0,055555556	-2,890371758	-4,169925001	-0,2316625
			-3,451194363

Annexe des tableaux

Tableau 2 récapitulative des données quantitatives et calculs de S Sm et indice de Shannon Weaver (échantillon Bahrara)

		rondin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	sommes	moy	var	id	AR	na	FO	constance
		Longueur	53cm	53cm	38cm	21cm	37cm	65cm	48cm	65cm	52cm								
		Circonférence	88cm	79cm	73cm	64cm	68cm	61cm	58cm	51cm	48cm								
Coléoptera	Curculionidae	Larves <i>T. destruens</i>	17	4	19	74	0	0	66	0	74	254	28,22	1100,69	39,00389794	9,709480122	6	66,66666667	régulière
		Nymphes <i>T. destruens</i>	92	58	101	123	116	119	185	0	266	1060	117,77	5613,94	47,66867623	40,51987768	8	88,8888889	constante
		<i>Tomicus destruens</i>	12	45	38	18	13	38	41	17	91	296	32,33	722,11	22,33560161	11,31498471	8	88,8888889	constante

Annexe des tableaux

		<i>Orthotomicus erosus</i>	0	4	7	3	0	0	12	22	8	34	3,33	19,19	5,762762763	1,29969419	5	55,55555556	régulière
	Zopheridae	Larves <i>Aulonium</i>	4	87	28	71	78	65	146	0	76	555	61,66	2073,25	33,62390529	21,2159633	8	88,8888889	constante
		<i>Aulonium</i>	1	9	47	16	10	75	68	0	30	256	28,44444444	814,2777778	28,62695313	9,785932722	8	88,8888889	constante
	Cleridae	Larves <i>Thanasimus formicarius</i>	5	14	0	0	0	0	0	2	23	42	4,66	69,25	14,86051502	1,605504587	3	33,33333333	accessoire
	Rhizophagidae	<i>Rhizophagus sp.</i>	10	2	9	3	16	12	24	0	9	85	9,444444444	56,02777778	5,932352941	3,249235474	8	88,8888889	constante

Annexe des tableaux

Hymenoptera	Hymenoptera sp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0,2222222222	0,4	1,8	0,076452599	1	11,11111111	accidentelle
	Hymenoptera sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0,2222222222	0,4444444444	2	0,076452599	1	11,11111111	accidentelle
Diptera	Diptera sp	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1111111111	0,125	1,125	0,0382263	1	11,11111111	accidentelle
Isoptera	Isoptera sp	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1111111111	0,125	1,125	0,0382263	1	11,11111111	accidentelle

Annexe des tableaux

Hemiptera	Coccoidea	Cochenille	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,111111111	0,125	1,125	0,0382263	1	11,11111111	accidentelle
		Monophlebidae sp	0	3	7	3	3	0	0	2	0	16	1,77	5,94	3,355932203	0,611620795	5	55,55555556	régulière
		<i>Hemiptera</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,111111111	0,111111111	1	0,0382263	1	11,11111111	accidentelle
									49			2616				100			

Annexe des tableaux

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H MAX	3,1699250 01	3,1699250 01	3,7004397 18	3,1699250 01	2,8073549 22	2,3219280 95	2,8073549 22	2,3219280 95	3
H'	0,2323566 71	0,3052181 72	0,3331964 53	0,3664981 11	0,3146339 13	0,3640062 28	0,4705201 83	0,0172615 04	0,4809919 9
E	0,0733003 69	0,0962856 13	0,0900423 95	0,1156172 81	0,1120748 61	0,1567689 5	0,1676026 71	0,0074341 25	0,1603306 63
N	146	226	263	313	238	309	542	5	577

qi=ni/N	ln qi	ln qi 2	qi*ln qi 2
0,055810398	-2,885795091	-4,163322267	-0,232356671
0,086391437	-2,448866713	-3,532967863	-0,305218172
0,100535168	-2,29724768	-3,314227836	-0,333196453
0,119648318	-2,123198522	-3,063127979	-0,366498111
0,090978593	-2,397131039	-3,458329062	-0,314633913
0,118119266	-2,136060436	-3,081683798	-0,364006228
0,207186544	-1,574135711	-2,270997784	-0,470520183
0,001911315	-6,2599638	-9,031218731	-0,017261504
0,220565749	-1,511559446	-2,180719317	-0,48099199
			-2,884683224



Fig 1: Larve *T. destruens*



Fig 2 : *T. destruens* au stade nymphal



Fig 3: *T. destruens* adulte

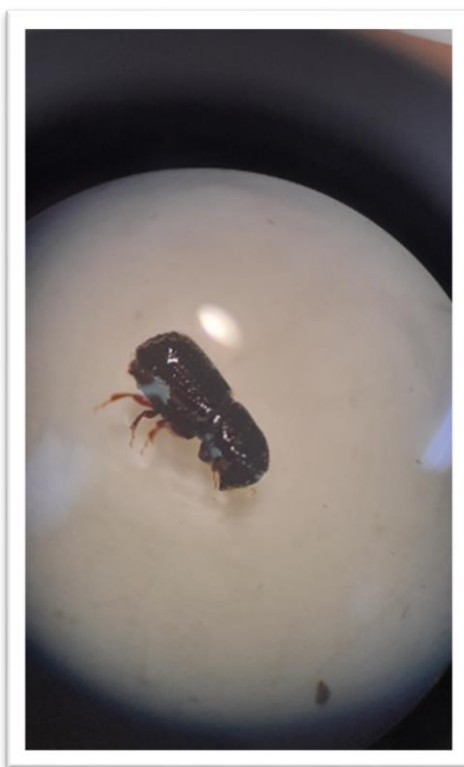


Fig 4 : *O. erosus*

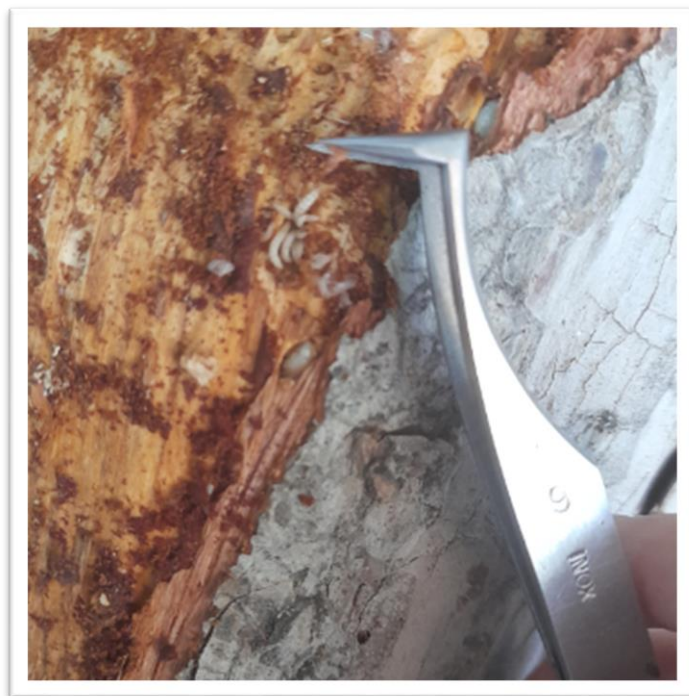


Fig 5 : Larve *Aulonium* sp

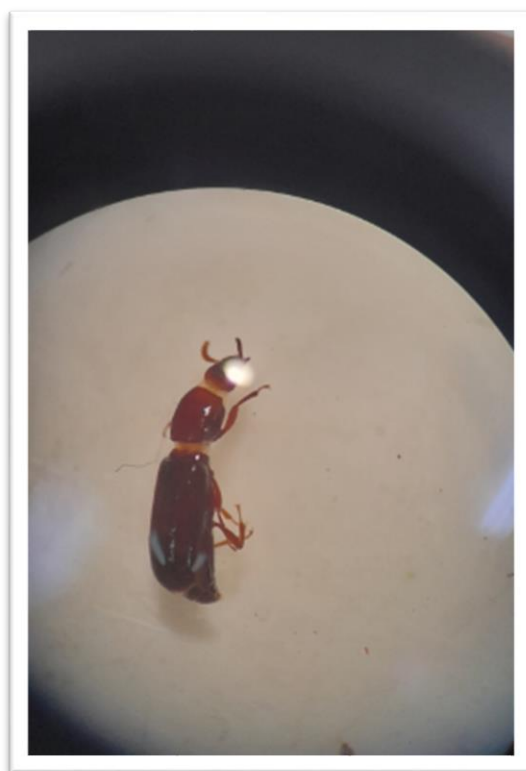


Fig 6 : *Aulonium* sp adulte

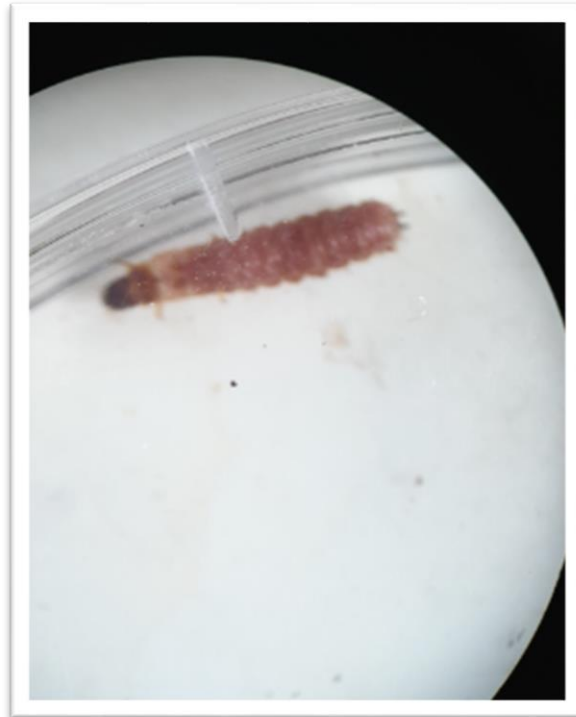


Fig 7 : Larve *T. formicarius*

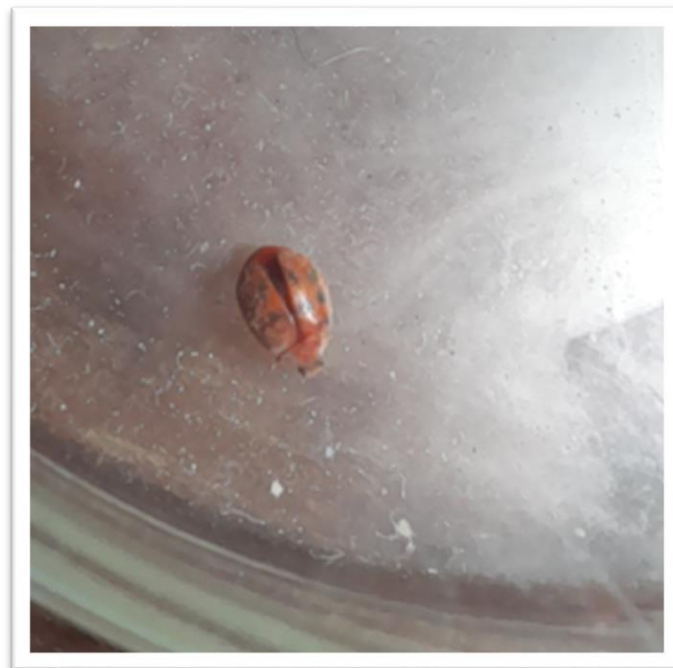


Fig 8 : *Rhyzobius* sp



Fig 8: *Rhizophagus* sp

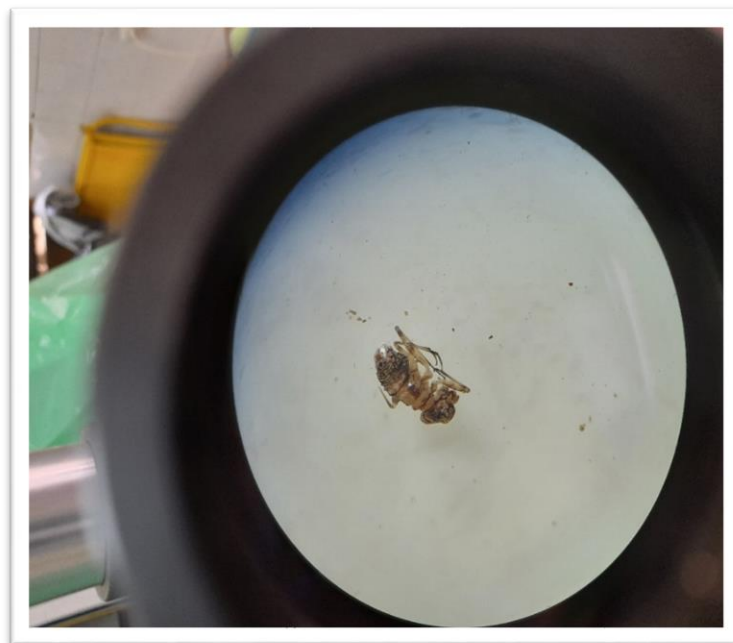


Fig 9 : *Collembola* sp



Fig 10 : *Lepisma Saccharina*



Fig 11 : Pseudoscorpion



Fig 12 : Gnaphosidae sp



Fig 13: Salticidae sp



Fig 14 : Segestriidae sp



Fig 15 : Linyphidae sp



Fig 16 : Monophlebidae



Fig 17 : Cochenille



Fig 18 : Diptera sp

Résumé

Le dépérissement est la mort progressive des arbres dans les forêts naturelles et les reboisements, il cause des dégâts énormes pouvant anéantir des parcelles entières.

La présente étude a concerné des forêts naturelles de la région de Djelfa, elle est axée sur la biodiversité entomologique associée aux Scolytes et la biologie de l'espèce principale causant le dépérissement qui est *Tomicus destruens*, dans l'objectif de trouver des parasitoïdes. Dix sept espèces ont été inventoriées appartenant à 7 ordres, dont *Tomicus destruens* et *Orthotomicus erosus* sont les deux espèces principales de scolytes. Leur effectif a atteint 1638 individus, les différents stades sont présents larves, nymphes, jeunes adultes. En plus grand nombre le stade L4 et Nymphe. Les espèces *Aulonium* sp. et *Rhyzophagus* sp. sont connues comme des ennemis naturels, nous en avons trouvé en effectifs assez important (811 et 34).

Les tentatives d'élevage de ces dernières, selon le protocole d'Orman Bölge Müdürlüğü, (2013), réalisées au laboratoire, pourraient contribuer à réduire les populations des espèces de scolytes et encourager la lutte biologique, révélée le moyen le plus approprié.

Mots clés :

***Pinus helepensis* – dépérissement - scolytes – biodiversité - ennemis naturels.**

Abstract :

Withering is the progressive death of trees in natural forests and reforestation, it causes enormous damage that can wipe out entire plots.

The present study concerned natural forests in the Djelfa region, focusing on the entomological biodiversity associated with beetles and the biology of the main species causing the decline, *Tomicus destruens*, with the aim of finding parasitoids. Seventeen species were inventoried belonging to 7 orders, of which *Tomicus destruens* and *Orthotomicus erosus* are the two main bark beetle species. Their number reached 1638 individuals, the different stages are present: larva, nymphs, young adults. The L4 and nymph stages were present in greater numbers.

The species *Aulonium* sp. and *Rhyzophagus* sp. are known as natural enemies, we found them in quite high numbers (811 and 34). Attempts to breed them, according to the protocol of Orman Bölge Müdürlüğü, (2013), carried out in the laboratory, could contribute to reducing the populations of bark beetle species and encourage biological control, revealed to be the most appropriate means.

Keywords:

***Pinus helepensis* -Withering - bark beetle species- biodiversity - natural enemies.**

ملخص:

ضمور الغابات هو الموت التدريجي للاشجار في الغابات الطبيعية و الاحراج, و هو يتسبب في اضرار جسيمة يمكن ان تقضي على مساحات غابية بأكملها.

تناولت هذه الدراسة الغابات الطبيعية في منطقة الجلفة ، وركزت على التنوع البيولوجي للحشرات المصاحبة لخنافس اللحاء وبيولوجيا الأنواع الرئيسية المسببة للضمور *Tomicus destruens* بهدف العثور على الطفيليات.

تم جرد سبعة عشر نوعاً تنتمي إلى 7 رتب ، منها *Tomicus destruens* و *Orthotomicus erosus* هما النوعان الرئيسيان من خنافس اللحاء حيث بلغ عددهم 1638 فرداً ممثلة المراحل المختلفة اليرقات ، والهوريات ، والشباب. كانت المرحلة L4 و اليرقات بعدد اكبر. *Aulonium sp.* و *Rhizophagus sp* يُعرفون بالأعداء الطبيعيين ، وجدنا أعداداً كبيرة جداً (811 و 34).

محاولات تكاثر هذه الأخيرة ، وفقاً لبروتوكول Orman Bölge Müdürlüğü ، (2013) ، التي أجريت في المختبر ، يمكن أن تسهم في تقليل أعداد أنواع خنافس اللحاء وتشجيع المكافحة البيولوجية ، التي تم الكشف على أنها أنسب الوسائل.

الكلمات المفتاحية:

Pinus helepis - ضمور - خنافس اللحاء - التنوع البيولوجي - أعداء طبيعيون.