

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE SAAD DAHLEB - BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

Département de Biotechnologie et Agro-écologie

THESE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

**ETUDE SPATIOTEMPORELLE DE LA COCHENILLE
DYNASPIDIOTUS REGNIERI DANS QUELQUES LOCALITES
FORESTIERES DU NORD D'ALGERIE**

Par

M^{lle} HAMADI Fatma Zohra

Devant le jury :

| | | | | |
|---------|----|--------------------------|----------------|---------------------|
| MOUAS | Y. | Maitre de conférences A. | U. Blida 1 | Présidente |
| BENRIMA | A. | Professeur | U. Ghardaïa | Directrice de thèse |
| DJEMAI | I. | Maitre de conférences A. | U. Blida 1 | Examinatrice |
| OUTTAR | F. | Maitre de conférences A. | E.S.A.S. Adrar | Examinatrice |

Blida, 2023

Etude spatiotemporelle de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* dans quelques localités forestières du nord d'Algérie

Résumé:

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) occupe des surfaces d'importance inégale en Afrique du Nord (Maroc, Algérie). Il a été utilisé depuis longtemps dans quelques pays méditerranéens comme espèce de reboisement. Cette espèce est attaquée par plusieurs ravageurs, dont la cochenille Diaspine, *Dynaspidiotus regnieri* qui peut lui occasionner des infestations sporadiques dévastatrices.

Nous avons mené ce travail afin de connaître l'entomofaune associée au cèdre de l'Atlas, le cycle de vie de la cochenille *D. regnieri*, ses périodes d'infestations et de mettre en évidence l'influence des facteurs climatiques et physico-chimiques et leurs effets combinés sur les infestations de la cochenille *D. regnieri* dans la station de Chrèa, Theniet Elhad et Tikjda.

Nous avons réalisé un échantillonnage des aiguilles du Cèdre de l'Atlas âgé de dix (10) à quinze (15) ans, et placé des pièges d'attractions dans les trois stations d'étude. Un effectif de quatre vingt treize (93) espèces d'insectes a été inventorié à partir du *Cedrus atlantica*. Les principaux groupes d'insectes identifiés, associés à la Cédraie dans les trois stations d'étude se distribuent selon neuf (9) ordres taxonomiques : Hymenoptera, Hemiptera, Neuroptera, Thysanoptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera et Psocodea. Le suivi temporel et spatial a montré que la cochenille du Cèdre de l'Atlas (*D. regnieri*) présente deux périodes d'infestation; une automno-hivernale prédominée par les larves de stade 1 et l'autre printanière durant laquelle prédominent les larves de stade 2, apparaissent les pré-nymphes, les nymphes et les femelles se conservent durant toute l'année.

L'effet des interactions des facteurs climatiques et physico-chimiques montre que les infestations au niveau de Chrèa et Theniet Elhad sont surtout influencées par les températures minimales dont l'effet est plus marqué sur la production des acides aminés que celle de la proline.

Mots clés: Cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri*, facteurs climatiques, facteurs physiologiques, infestation, parc national de Chrèa, Theniet Elhad, Tikjda.

Spatiotemporal study of the cochineal *Dynaspidiotus regnieri* in some forest localities in northern Algeria

Abstract:

Atlas cedar covers areas of varying size in North Africa (Morocco, Algeria). It has long been used in some Mediterranean countries as a reforestation species. This species is attacked by several pests, including the Diaspine mealybug, *Dynaspidiotus regnieri*, which can cause devastating sporadic infestations.

We carried out this work in order to learn about the entomofauna associated with Atlas cedar (10-15 year old), the life cycle of the *D. regnieri* scale, its infestation periods and to highlight the influence of climatic and physico-chemical factors and their combined effects on infestations of the *D. regnieri* scale in the Chréa, ThenietElhad and Tikjda stations.

Sampling was carried out on the needles of the Atlas cedar, and attractant traps were placed at the three study sites. A total of ninety-three (93) insect species were inventoried from *Cedrus atlantica*. The main insect groups identified, associated with *Cedrus atlantica* at the three study sites, are distributed according to nine (9) taxonomic orders: Hymenoptera, Hemiptera, Neuroptera, Thysanoptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera and Psocodea. Spatial and temporal monitoring showed that the Atlas Cedar scale (*D. regnieri*) has two infestation periods: an autumn-winter period dominated by stage 1 larvae, and a spring period dominated by stage 2 larvae, pre-pupae, pupae and females that remain throughout the year.

The interaction of climatic and physico-chemical factors shows that infestations in Chréa and Theniet Elhad are mainly influenced by minimum temperatures, which have a greater effect on amino acid production than proline.

Key words: Atlas cedar, *Dynaspidiotus regnieri*, climatic factors and physiological, infestation, National Park Chrea, Theniet Elhad, Tikjda.

دراسة زمانية و مكانية للقرمزية *Dynaspidiotus regnieri* في بعض الغابات في شمال الجزائر

الملخص

يحتل أرز الأطلس مساحات ذات أهمية غير متكافئة في شمال أفريقيا (المغرب والجزائر). وقد استخدم هذا النوع النباتي لفترة طويلة في بعض بلدان البحر الأبيض المتوسط كنوع من إعادة التشجير. إلا أنه عرضة للهجمات العديد من الآفات، بما في ذلك القرمزية *Dynaspidiotus regnieri* والتي يمكن أن تتسبب في تفشي إصابات مدمرة

الهدف من هذا العمل هو معرفة الحشرات المرتبطة بأشجار الأرز الأطلسي و دورة حياة القرمزية *Dynaspidiotus regnieri*, فترات الإصابة بها و تسليط الضوء على تأثير العوامل المناخية و الفيزيوكيميائية و تأثيرها المشترك على تفشي القرمزية *Dynaspidiotus regnieri* في منطقة الشريعة, ثنية الحد و تيكجدة.

قمنا بأخذ عينات من اوراق (ابر) اشجار الارز الاطلسي التي يتراوح عمرها بين عشرة (10) إلى خمسة عشر (15) سنة ووضعتنا مصائد الجذب في مناطق الدراسة الثلاث, تم احصاء ثلاثة و تسعين (93) نوعا من الحشرات من الارز الاطلسي موزعة على تسعة مجموعات تصنيفية اساسية على مستوى مناطق الدراسة وهي غشائيات الاجنحة Hymenoptera, Hemiptera, Neuroptera, Thysanoptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera et Psocodea. اظهر الرصد الزمني و المكاني ان قرمزية الارز الاطلسي *Dynaspidiotus regnieri* لها فترتين من الإصابة : الفترة الأولى خريف شتاء يغلب فيها عدد يرقات المرحلة 1 و الفترة الثانية التي تبرز فيها يرقات المرحلة الثانية (2)، و يرقات المرحلة الثالثة (3) وتحفظ الإناث طوال العام.

تأثير التفاعل بين العوامل الفيزيائية والمناخية يدل على أن الإصابات في الشريعة و ثنية الحد يعود أساسا الى درجات الحرارة المنخفضة التي تؤثر على إنتاج الأحماض الأمينية أكثر من تأثيرها على إنتاج البرولين .

الكلمات الرئيسية: الأرز الأطلسي, الإصابة, العوامل المناخية, العوامل الفيزيولوجية, الشريعة, تيكجدة, ثنية الحد.

Remerciements

Je tiens à remercier avant tout dieu الله le tout puissant de m'avoir accordé la force, la patience, la santé et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens tout d'abord, à exprimer ma reconnaissance, l'expression de toute ma gratitude et mes sincères remerciements à monsieur AROUN Mohamed El-Fodhil (paix à son ame) pour le choix de ce sujet tout en priant Dieu, le tout puissant, de l'accueillir dans son vaste paradis « Inchaa Allah ».

*Je tiens à témoigner toute ma gratitude et tout mon respect à ma promotrice le professeur **BENRIMA A.** pour son aide, sa dynamique, ses conseils précieux, sa disponibilité, la qualité de son encadrement et ses orientations. Mes sincères remerciements.*

*Je tiens à remercier aussi monsieur **SAHRAOUI O.** docteur à l'ENSA et monsieur **BELLATRACHE M.** docteur à l'INPV qui ont contribué à la réalisation de ce travail.*

*Mes vifs remerciements s'adressent aux membres du jury Dr **MOUAS Y.** la présidente, Dr. **DJEMAI I.** et Dr **OUATTAR F.** les examinatrices, qui ont accepté de consacrer leurs temps précieux pour juger ce travail.*

*J'adresse également mes sincères remerciements à tous qui m'ont aidé à réaliser ce travail sur terrain dans le parc national de Chréa, Theniet Elhad et Tikjda et la technicienne du laboratoire de Zoologie, Mme **DJEMAI Y.***

*Mes vifs remerciements s'adressent à Docteur **TAMINDJOUTE Hayette** pour son aide et sa présence durant toute la période de la réalisation de ce modeste travail.*

Que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent travail soient assurées de ma profonde considération. Et enfin je remercie de tout mon cœur tous mes proches qui m'ont aidé pendant les périodes difficiles.

Dédicaces

J'aimerais tout d'abord, dédier ce travail à mes très chers parents, qui, depuis l'école primaire jusqu'à l'université, n'ont jamais cessé de me soutenir, de m'encourager, de fournir tous les moyens nécessaires et de m'accompagner partout par leurs prières que Allah vous garde, dans l'unique but de poursuivre avec succès mes études supérieures.

À la mémoire de mon frère Mohamed (رحمه الله)

*À mes adorables frères Fouad, Abderraouf et Moncef et mes sœurs
Naziha et Insaf*

À ma très chère tante Fatima (et toute sa famille), qui, depuis le début de cette thèse, n'a jamais cessé de me soutenir et de m'encourager, mes sincères remerciements pour son encouragement sans relâche.

Ma profonde reconnaissance à mes deux sœurs Hayet et Roufaïda, pour leur soutien sans faille, leur compréhension et surtout leur contribution dans le partage du stress de la recherche. Je suis très heureuse de partager cette thèse avec elles.

À ma très chère Tante (Bahria) et son mari (Bouziid) et toute sa famille

A ma sœur et amie Manel (رحمها الله)

*À mes sœurs et amies Fathia et Mimi, Khouloud, Nadhera, Nihel
Moufida, Bozo, Yasmine, mazarine et Nidhal*

À tous mes collègues, en particulier : Housseem et Abdessalam

À toute ma famille

Je dédie ce travail

Imène

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Remerciment

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

Chapitre I : Synthèse bibliographique

| | | |
|----------|---|----|
| 1. | Généralité sur le Cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i> Manetti, 1855) | 5 |
| 1.1. | Systematique et description | 5 |
| 1.2. | Représentation géographique du Cèdre de l'Atlas | 7 |
| 1.2.1. | Aire naturelle | 7 |
| 1.2.2. | Aire d'introduction | 9 |
| 1.3. | Bio-écologie | 9 |
| 1.3.1. | Biologie | 9 |
| 1.3.2. | Ecologie | 10 |
| 1.3.2.1. | Exigences climatiques | 11 |
| 1.3.2.2. | Exigences édaphiques | 11 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.3.2.3. | Altitude | 12 |
| 1.3.2.4. | Exposition | 12 |
| 1.4. | Association végétale | 12 |
| 1.5. | Etat sanitaire | 13 |
| 1.5.1. | Les incendies des forêts | 13 |
| 1.5.2. | Facteurs abiotiques du dépérissement du Cèdre de l'Atlas | 13 |
| 1.5.3. | Les maladies du Cèdre de l'Atlas | 14 |
| 1.5.4. | Les ravageurs | 15 |
| 2. | Etat des connaissances des cédraies sur le plan entomologique | 16 |
| 2.1. | Les défoliateurs (les phylophages) | 17 |
| 2.1.1. | Les processionnaires (Lepidoptera, Thaumetopoeidae) | 18 |
| 2.1.2. | Lepidoptera, Tortricidae | 18 |
| 2.1.3. | Autres espèces | 19 |
| 2.2. | Insectes lignivores (les xylophages) | 19 |
| 2.3. | Insectes des organes reproducteurs (fleurs et graines) | 21 |
| 2.4. | Insectes suceurs de sève | 21 |
| 2.4.1. | Les pucerons | 21 |
| 2.4.2. | Les cochenilles | 23 |
| 2.4.2.1. | Biologie | 24 |
| 2.4.2.2. | Dégâts | 24 |
| 3. | La cochenille du cèdre de l'Atlas <i>Dynaspidiotus regnieri</i> | 25 |
| 3.1. | Origine | 25 |

| | |
|---|----|
| 3.2. Systématique et description | 25 |
| 3.3. Biologie | 26 |
| 3.4. Nuisibilité de la cochenille <i>Dynaspidiotus regnieri</i> | 27 |
| 4.Relation nutritionnelle | 27 |
| 4.1. Le régime phytophage | 27 |
| 4.2. Besoin nutritifs des insectes | 28 |
| 4.3. Les proteines et les acides aminés | 28 |
| 4.4. La spécialisation trophique chez les insectes phytophages | 28 |
| Chapitre II: Materiel et méthodes | 30 |
| 1. Présentation des stations d'étude | 30 |
| 1.1. Situation géographique | 30 |
| 1.1.1. Station de Chréa | 30 |
| 1.1.2. Station de Theniet Elhad | 31 |
| 1.1.3. Station de Tikjda | 32 |
| 1.2. Climat des zones d'étude | 33 |
| 1.2.1. Station de Chréa | 34 |
| 1.2.2. Station de Theniet ElHad | 34 |
| 1.2.3. Station de Tikjda | 35 |
| 1.3. Situation bioclimatique des stations d'étude | 36 |
| 1.3.1. Quotient pluviotermique d'Emberger | 36 |
| 1.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen | 37 |

| | |
|---|----|
| 1.3.2.1. Station de Chrea | 38 |
| 1.3.2.2. Station de Theniet Elhad | 38 |
| 1.3.2.3. Station de Tikjda | 39 |
| 2. Matériel | 40 |
| 2.1. Matériel biologique végétal (<i>Cedrus atlantica</i> Man.) | 40 |
| 2.2. Matériel biologique animal (<i>Dynaspidiotus regnieri</i>) | 40 |
| 3. Méthodologie de travail | 42 |
| 3.1. Méthodes d'échantillonnage | 42 |
| 3.2. Avantages et inconvénients des pièges jaunes englués | 43 |
| 3.3. Analyses physico-chimiques | 44 |
| 3.3.1. Teneur en eau | 44 |
| 3.3.2. Extraction des acides aminés solubles et de la proline | 44 |
| 3.3.3. Dosage des acides aminés solubles | 44 |
| 3.3.4. Dosage de la proline | 45 |
| 4. Analyses statistiques des données | 45 |
| 4.1. Analyses multivariées | 45 |
| 4.2. Test cross corrélation | 45 |
| Chapitre III: Résultats et discussion | 47 |
| 1. Résultats | 47 |
| 1.1. Aperçu global sur l'entomofaune associée au Cèdre de l'Atlas dans les régions d'études | 47 |
| 1.2. Espèces inventoriées | 52 |

| | |
|---|----|
| 1.3. Evaluation de la diversité entomologique dans les trois stations d'étude | 57 |
| 1.3.1. Richesse totale et abondance relative | 57 |
| 1.3.1.1. Abondance des ordres d'insectes recensées dans de la station de chréa | 58 |
| 1.3.1.2. Abondance des ordres d'insectes recensées dans de la station de Theniet ElHad | 59 |
| 1.3.1.3. Abondance des ordres d'insectes recensées dans de la station de Tikjda | 60 |
| 1.3.2. Répartition des espèces recensées selon leur regime alimentaire | 61 |
| 2. Dynamique des populations de la cochenille <i>Dynaspidotus regnieri</i> | 63 |
| 2.1. Station de Chréa | 63 |
| 2.1.1. L'évolution temporelle des populations de la cochenille <i>D. regnieri</i> | 63 |
| 2.1.2. Répartition temporelle des différents stades de la cochenille <i>D. regnieri</i> | 64 |
| 2.2. Station de Theniet ElHad | 65 |
| 2.2.1. L'évolution temporelle des populations de la cochenille <i>D. regnieri</i> | 65 |
| 2.2.2. Répartition temporelle des différents stades de la cochenille <i>D. regnieri</i> | 66 |
| 2.3. Station de Tikjda | 67 |
| 2.3.1. L'évolution temporelle des populations de la cochenille <i>D. regnieri</i> | 67 |
| 2.3.2. Répartition temporelle des différents stades de la cochenille <i>D. regnieri</i> | 68 |
| 3. Etude comparative des differents stades de la cochenille <i>D.regnieri</i> dans les trois stations d'étude | 69 |
| 3.1. Activité des larves du premier stade (L1 fixe) | 69 |
| 3.2. Activité des larves du premier stade (L1 mobile) | 71 |
| 3.3. Activité des larves du deuxième stade (L2) | 72 |
| 3.4. Activité des prénymphe | 73 |

| | |
|---|----|
| 3.5. Activité des nymphes | 74 |
| 3.6. Activité des jeunes femelles | 75 |
| 3.7. Activité des males | 76 |
| 4. Effet comparé des facteurs climatiques et physiologiques sur les infestations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> dans la station de Chréa et Theniet ElHad | 77 |
| Discussion générale | 79 |
| Conclusion générale et perspectives | 86 |
| Références bibliographiques | 88 |
| Annexe | |

Liste des figures

| | |
|---|------------------------------------|
| Figure 1 : Les paysages végétaux du bassin méditerranéen | 4 |
| Figure 2 : Répartition actuelle du Cèdre de l'Atlas | 7 |
| Figure 3 : Aire naturelle du Cèdre de l'Atlas (en Noir) | 8 |
| Figure 4 : Cycle de reproduction du Cèdre de l'Atlas | 10 |
| Figure 5 : Quelques ravageurs du Cèdre de l'Atlas | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 6 : Colonie de pucerons <i>Cedrobium laportei</i> | 22 |
| Figure 7 : Les œufs d'hiver du puceron <i>Cinara cedri</i> | 23 |
| Figure 8 : Colonie de <i>Dynaspidotus regnieri</i> sur aiguilles du Cèdre de l'Atlas | 25 |
| Figure 9 : Les Caractères morphologiques d'identification de <i>D. regnieri</i> . | 26 |
| Figure 10: Carte de localisation régionale du Parc national de Chréa | 30 |
| Figure 11: Carte des contons (PNTEH, 2019) | 31 |
| Figure 12: Carte de localisation du site de Tikjda (Parc national du Djurdjura) | 32 |
| Figure 13: Climagramme d'Emberger des trois stations d'étude | 37 |
| Figure 14: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen durant la période (2000-2014) | 38 |
| Figure 15: Le diagramme ombrothermique (Theniet Elhad 2001-2012) | 39 |
| Figure 16: Le diagramme ombrothermique (Tikjda 1990-2009) | 39 |
| Figure 17: Le cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i> Man.) | 40 |
| Figure 18: La Femelle de la cochenille du cèdre <i>Dynaspidotus regnieri</i> (A et B) | 41 |
| Figure 19: La cochenille du cèdre <i>Dynaspidotus regnieri</i> | 41 |
| Figure 20: La cochenille du cèdre <i>Dynaspidotus regnieri</i> . | 42 |
| Figure 21: installation des pièges jaunes englués | 43 |
| Figure 22: schéma récapitulatif de la méthodologie de travail | 46 |
| Figure 23: Entomofaune globale du Cèdre de l'Atlas par familles et par espèces dans les trois stations d'étude | 53 |
| Figure 24 : Analyse factorielle des correspondances des effectifs totaux des espèces en fonction des stations d'étude | 54 |
| Figure 25 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) des effectifs totaux des espèces trouvées en fonction des stations d'étude | 55 |
| Figure 26: Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Chréa | 58 |
| Figure 27 : Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Theniet ElHad | 59 |

| | |
|---|----|
| Figure 28: Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Tikjda | 60 |
| Figure 29: Répartitions de l'entomofaune selon le régime alimentaire dans les trois stations | 61 |
| Figure 30: Répartitions de l'entomofaune globale selon le régime alimentaire | 62 |
| Figure 31: L'évolution temporelle des populations globale dans la région de Chrèa | 63 |
| Figure 32: La répartition temporelle de la cochenille dans a station de Chrèa | 64 |
| Figure 33: L'évolution temporelle des populations globale dans la région de Theniet ElHad | 65 |
| Figure 34: La répartition temporelle de la cochenille dans a station de Chrèa | 66 |
| Figure 35 : L'évolution temporelle des populations globale dans la région de Tikjda | 67 |
| Figure 36: La répartition temporelle de la cochenille dans a station de Chrèa | 68 |
| Figure 37: L'intervalle de confiance des Larves du premier stade (L1 fixe) dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda) | 70 |
| Figure 38: L'intervalle de confiance des Larves du premier stade (L1 mobile) dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda) | 71 |
| Figure 39 : L'intervalle de confiance des Larves du deuxième stade (L2) dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda) | 72 |
| Figure 40: L'intervalle de confiance des prénymphedans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda) | 73 |
| Figure 41: L'intervalle de confiance des Nymphes dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Thniet Elhad ; C : Tikjda) | 74 |
| Figure 42: L'intervalle de confiance des jeunes femelles dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda) | 75 |
| Figure 43: L'intervalle de confiance des mâles dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda) | 76 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Caractères botaniques et biologiques de <i>Cedrus atlantica</i> Man. | 6 |
| Tableau 2 : Les principaux insectes phytophages des Cèdre et leur répartition géographique | 17 |
| Tableau 3 : Liste des insectes xylophages inféodés au cèdre de l'Atlas | 20 |
| Tableau 4 : moyenne des température et précipitations au niveau du PNC | 34 |
| Tableau 5: moyenne des températures et des précipitations moyennes mensuelles de la station de Theniet ElHad (période 2001-2012) | 34 |
| Tableau 6: moyenne des températures et des précipitations mensuelles de la station de Tikjda (période 1990-2009) | 35 |
| Tableau 7: Synthèse climatique des régions d'étude | 36 |
| Tableau 8 : L'inventaire global des espèces ravageurs et leurs ennemis | 47 |
| Tableau 9: La richesse totale et l'abondance relative de l'entomofaune du Cèdre de l'Atlas dans les trois stations d'étude | 57 |
| Tableau 10: l'effet des facteurs climatiques (T° max., min. et l'humidité relative de l'air) et sur les infestations de <i>Dynaspidiotus regnieri</i> entre les deux stations Chréa et Thniet ElHad | 77 |

Liste des abréviations

| Abréviation | Signification |
|--------------------------|-------------------------------|
| al. | collaborateurs |
| <i>D.regnieri</i> | <i>Dynaspidiotus regnieri</i> |
| Fem | femelle |
| Fig | figure |
| INFTH | Infestation Theniet Elhad |
| INFC | Infestation Chrèa |
| L₁ | premier stade larvaire |
| L₂ | deuxième stade larvaire |
| ml | millilitre |
| mm/an | millimètre par an |
| Nym | nymphé |
| N | Nord |
| P | probabilité |
| PROTH | Proline Theniet ElHad |
| Sp | espèce |
| S | Sud |
| T | temps |
| Tab | tableau |
| T° min | Température minimale |

Introduction générale

Introduction

Dans le contexte actuel de changement climatique et de préservation de la biodiversité et des milieux forestiers, et l'appréciation de la vulnérabilité des écosystèmes naturels et de leur capacité d'adaptation face à des variations de la température moyenne globale qui avait dépassée la fourchette des températures des 1300 dernières années, figure parmi les principales préoccupations au niveau mondial [1].

La forêt est un écosystème vivant et dynamique qui présente une diversité impressionnante d'espèces d'insectes et ayant une importance particulière dans les mécanismes vitaux des écosystèmes forestiers qui s'est dégradée au fil des siècles voire des années [2 ; 3].

Dans le monde, le milieu forestier couvre environ 3835 million d'hectares, soit un taux de boisement de 29%. En Afrique, la forêt s'étend sur 753 million d'hectares [4]. Dans les pays de l'Afrique du nord et notamment dans les régions méditerranéennes, selon les données statistiques fournis par la FAO, les superficies forestières tendent à se réduire à un rythme annuel de 0.6 % ce qui équivaut à une perte d'environ 200 000 hectare/ an. Cette estimation est alarmante du fait que cette région a l'indice de couverture forestière parmi les plus bas au monde [5].

Les forêts algériennes qui sont évaluées à plus de 3 million d'hectares, méritent une attention particulière quand on parle de leur protection. Elles sont situées au sud du bassin méditerranéen, elles se trouvent confrontées, par rapport à la région nord à des conditions édapho-climatiques difficile et à une forte pression anthropique [6]. L'Algérie est considérée comme un pays méditerranéen vulnérable aux changements climatiques [7; 8].

Actuellement, Le cèdre de l'Atlas est en nette dégradation et connaît un état sanitaire inquiétant [9]. Les causes probables de cette dégradation continue et observée sur les essences forestières appartenant aux écosystèmes méditerranéens, sont multiples. Elles pourraient être le résultat d'une lente évolution du climat général vers un régime plus sévère. Selon Touchan en 2011 [10], La vulnérabilité écologique en Algérie s'explique notamment par une fragilité des écosystèmes suite à la sécheresse de cette dernière décennie qui est à l'origine de 62% du dépérissement

et de la désertification [11]. Plusieurs chercheurs ont proposé de nombreuses hypothèses pour essayer d'expliquer la régression et la mortalité du cèdre de l'Atlas.

Espèce des massifs montagneux d'Afrique du nord [12], le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) se présente en îlots forestiers particulièrement en Algérie et au Maroc (mont de l'Atlas) [9 ; 13].

Cette essence est d'un très grand intérêt écologique, économique et environnemental. *Cedrus atlantica* est reconnu par sa qualité de bois, sa faible inflammabilité et son maintien de l'équilibre écologique. C'est un espace touristique et un lieu de plaisance et de randonnée. [2 ; 14 ; 15 ; 16].

En Algérie, le cèdre de l'Atlas est localisé en grande partie à l'état naturel dans les régions de l'Est et du Centre du pays principalement sur les Atlas tellien et saharien. Mais, il se trouve exposé à différents fléaux, en particulier le dépérissement qui a affecté la majorité des cédraies avec des degrés variables [17 ; 18 ; 19 ; 20].

La faune du cèdre constitue un domaine pratiquement inexploré dans le nord de l'Afrique. Certaines études ont été réalisées au Maroc et en Algérie, bien qu'utiles mais restent incomplètes ; seuls quelques travaux fragmentaires ou des signalements d'espèces ont été rapportés [21 ; 22 ; 23 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 30 ; 31]. Sur le plan botanique, Si la forêt des cèdres est presque connue, beaucoup reste à faire sur le plan de la connaissance des insectes et particulièrement ceux susceptibles de causer des ravages économiquement appréciables. Malgré sa capacité à résister à la sécheresse, le Cèdre de l'Atlas est affecté par un dépérissement menaçant sa pérennité. En effet, cette dégradation est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs parmi ceux d'origine abiotique [32 ; 33], les maladies et les attaques des insectes [17 ; 34]. Ces derniers sont représentés par des xylophages, des phylophages et des suceurs de sève, entre autres la cochenille des aiguilles, *Dynaspidiotus regnieri* dont sa bio-écologie reste très peu connue. Les seuls travaux très fragmentaires sur le cycle biologique et les dégâts ont été réalisés en Espagne et en Italie. En Algérie, aucune étude n'a porté sur cette espèce qui peut provoquer certaines années de sévères défoliations.

Les études sur les insectes défoliateurs inféodés aux essences forestières ont été abordés dans différents biotopes de l'Algérie et du nord de l'Afrique [35 ; 36].

Dans l'objectif de connaître le cycle biologique ; l'importance des périodes d'infestation de *Dynaspidiotus regnieri* ; ainsi que l'effet des facteurs climatique sur la présence de la cochenille ; dans le but d'une protection phytosanitaire du cèdre de l'Atlas ; dans le cadre d'une gestion durable de notre patrimoine forestier que ce travail a été mené et organisé en trois chapitre.

Le premier chapitre traite une synthèse bibliographique sur le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) et de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri*.

Dans le deuxième chapitre, la caractérisation des régions d'étude et la présentation des métrologies utilisées (échantillonnage, identification au laboratoire des différents ravageurs trouvés et analyses statistiques) ont été abordées.

Le troisième chapitre traitera dans une première partie les résultats de l'inventaire des différents stades du cycle de vie de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* et son cortège faunistique dans les régions de : Tikejda (Bouira), Chrèa (Blida) et Theniet Elhad (Tissemsilt) ainsi que l'effet des facteurs climatique et physicochimiques sur sa présence dans les régions d'étude et dans une deuxième partie une discussion des résultats obtenus. Ce chapitre est suivi d'une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Introduction

Les forêts méditerranéennes possèdent une valeur patrimoniale très élevée. Elles constituent des réserves importantes de diversité génétique, spécifique et fonctionnelle, qu'il convient de conserver au mieux dans l'optique d'une gestion durable de ce patrimoine biologique et ces ressources potentielles [34]. La moitié de la superficie occupée par la forêt méditerranéenne au Maghreb est dominé par les espèces forestières à conifère endémique et emblématiques dont dix espèces y sont dominante : *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* (Aiton, 1789), *Tetraclinis articulata* (Vahl, 1892), *Juniperus phoenicea* (Linné, 1753), *Juniperus thurifera* (Linné, 1753), *Abies numidica* (de Lannoy ex Carrière), *Abies pinsapo* (Boiss., 1838), *Cupressus atlantica* (Gaussen, 1926), *Cupressus sempervirens* (Linné, 1753) et le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Man.) qui existe à l'état naturelle et spontanée et représente l'essence noble par excellence en Afrique du nord (Algérie et Maroc) [39 ; 40 ; 41 ; 42]. Durant les derniers millénaires, les aires de répartition de ces espèces conifères ont varié sensiblement en relation avec les changements globaux [43] (Fig.1).

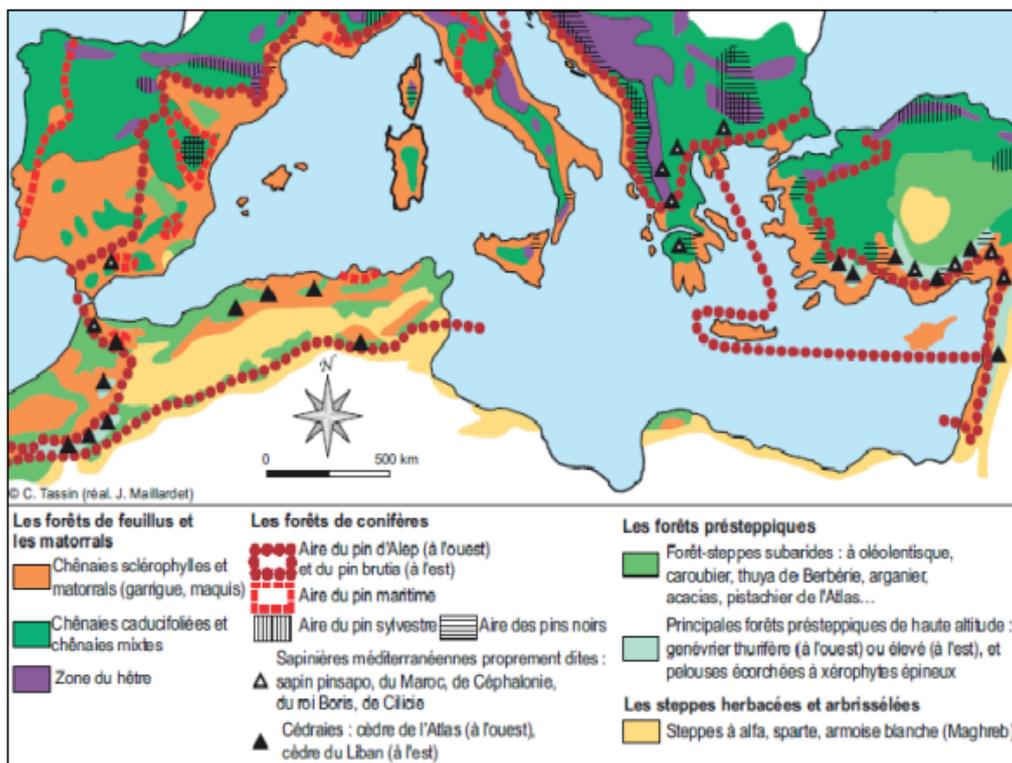


Figure 1 : Les paysages végétaux du bassin méditerranéen [44]

1. Généralité sur le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti, 1855) :

Espèce Montagnarde endémique du Maghreb, le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) représente l'essence noble des forêts du Maroc et de l'Algérie [39 ; 45]. Il est économiquement et écologiquement l'un des arbres conifères les plus importants de la montagne méditerranéenne [46 ; 47 ; 48 ; 49]. Il compte parmi les résineux les plus caractéristiques de nos forêts [39], son bois est très plastique vis-à-vis des précipitations, tolère les basses températures et est insensible à la nature chimique du sol [50].

1.1. Systématique et description :

Le Cèdre de l'Atlas a pour noms berbères Inguel ou Avaoual et pour noms arabes, Elarz ou Elmedad. Cette dernière appellation arabe viendrait du fait que les branches de l'espèce plient sous le poids de la neige au lieu de se casser [17].

Plusieurs travaux de recherches se sont intéressés à la syntaxonomie des groupements du cèdre d'Algérie et notamment celles du Djurdjura [9 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59].

Le genre *Cedrus* appartient à l'embranchement des Spermaphytes, le sous Embranchement des Gymnospermes, la classe des Vectrices, l'ordre des Coniférales, la Famille des Pinacées et la sous famille des Abiétées. [60, 61 in 38]

Certains auteurs ont intégrés le cèdre de l'Atlas et le cèdre du Liban dans une seule espèce : *Cedrus libanotica* [63] et Davis en 1952 cités par Quezel(1980)[64] et d'autres auteurs ont classé ce taxon en quatre espèces montagnardes dont trois méditerranéennes: le Cèdre de l'Atlas ou *Cedrus atlantica* Manetti (Maroc et Algérie); le Cèdre du Liban ou *Cedrus libani* A. Rich (Liban, Syrie et Turquie); le Cèdre de Chypre ou *Cedrus brevifolia* Henry (Chypre) et une espèce himalayenne, le Cèdre de l'Himalaya ou *Cedrus deodara* Glauca Don (Inde et Afghanistan) [64 ; 65].

Des études récentes ont été effectuées sur les différentes espèces du cèdre en utilisant des marqueurs biochimiques (les iso-enzymes) et ils ont montré que le cèdre de l'Atlas et le Cèdre du Liban sont proches. Ils se distinguent clairement du Cèdre de l'Himalaya et celui de Chypre par des caractères biologiques et botaniques (la taille, la longueur du cône).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Sur le tableau 01, nous avons énuméré les principales caractéristiques morphologiques du Cèdre de l'Atlas [66] [67 in 61].

Tableau 1 : Caractéristiques botaniques et biologiques de *Cedrus atlantica* Man.

| Organe | Description | Références |
|------------------|--|--|
| Port | Arbre jeune: port conique pyramidal. Arbre agé : présente de grosses branches étalées et une cime tabulaire. Hauteur: de 50 à 60m Circonférence du tronc: de 1 à 2 m généralement, et parfois 8 m (à Azrou) et même 15 m (en Algérie). | BOUDY,1950, 1952 SABATIER ET BARTHELEMY, 1994 |
| Aiguilles | Longueur : de 1 à 2 cm Couleur : vert ou glauque. Persistance: 3 ans Forme: raide et fine, peu aigue, généralement arquée groupées en rosettes denses de 30 à 40 aiguilles (mésoblastre). | BOUDY,1950, 1952 M'HIRIT,2006 |
| Branches | Forme: Elles naissent isolément sur le tronc et portent une multitude de petits rameaux qui se situent tous dans le même plan, finissant par donner à l'arbre sa silhouette tabulaire et irrégulière. | BOUDY,1950, 1952 M'HIRIT,2006 |
| Fruits | Forme: Cône ovoïde. Longueur: De 5 à 8 cm. Couleur : passe du vert-bleuâtre au marron foncé à la maturité. Poids: 41,49 - 65,91 g. Orientation: dressés vers le ciel, portés par des rameaux courts et forts . Désarticulation: débute à partir du mois d'octobre (conditionnées par l'alternance de l'humidité et de la chaleur). | BOUDY,1950, 1952 DERRIDJ, 1994 |
| Fleurs | Fructification(précoce): 15 à 20 ans Inflorescences: essence monoïque (chaton male de forme ovoïde et jaune-orange , apparait à mi-juin et achève sa maturité vers mi-septembre; chaton femelle plus petit, ovoïde et vers bleuâtre, apparait 3 mois après le chaton male. | BOUDY,1950, 1952 M'HIRIT,2006 |
| Écorce | Couleur : grise. Forme : écailleuse et lisse devenant crevassée avec l'âge. | M'HIRIT,2006 |
| Racines | Le système racinaire est développé, mais rarement pivotant et la stabilité de l'arbre est bien assurée. | BOUDY,1950, 1952 |

1.2. Représentation géographique du Cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas pousse dans son aire d'origine à des altitudes variant de 1400 à 2200 mètres [72]. D'une façon générale, Cette espèce forestière se trouve partout les sommets des montagnes en Algérie [12]. Il s'installe sur les versants nord à 1400 mètres bien qu'il peut descendre encore plus bas jusqu'à 900 mètres, ses limites supérieures et inférieures diffèrent d'une cédraie à l'autre en fonction des conditions microclimatiques particulières du relief [73 ; 74].

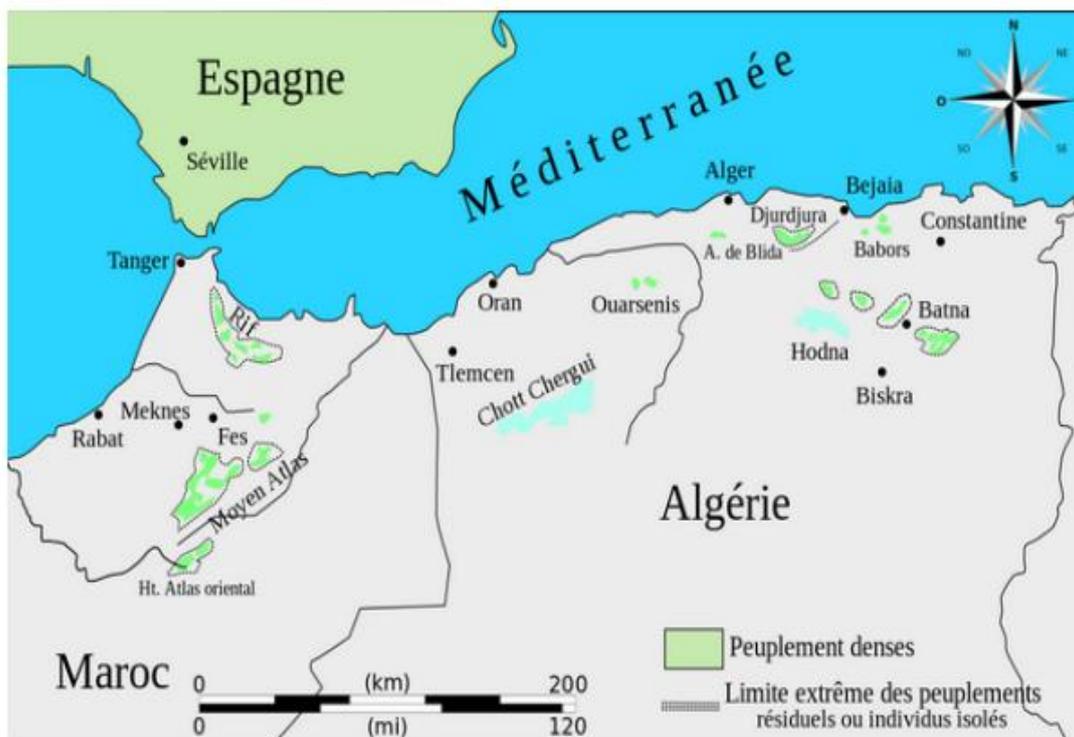


Figure 2 : Répartition actuelle du Cèdre de l'Atlas [13]

1.2.1. Aire naturelle :

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) est localisé sur les montagnes du Maghreb. Le Maroc détient à lui seul la plus grande surface, répartie sur deux blocs d'inégale importance, le premier dans le moyen Atlas et le grand Atlas oriental (116 000 ha). Le second dans le rif occidental central avec une superficie d'environ 16 000ha [15].

En Algérie, les massifs cédraies sont dispersées et beaucoup plus réduits qu'au Maroc. Le cèdre occupe une surface d'environ 30000 ha répartie sur deux ensembles naturels, d'écologie sensiblement différente : le premier est localisé sur

Chapitre I : Synthèse bibliographique

les montagnes littorales bien arrosées (Babors, massif de Djurdjura, Atlas Blidéen, Ouarsenis). Ce sont les cédraies humides. Le second ensemble est le plus important du point de vue superficie, il occupe les montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien. Ce sont les cédraies sèches [46].

Cette essence occupe au Maroc près de 120 000 ha répartis en quatre blocs (16000 ha dans le Rif, 116000 ha dans les moyen et haut Atlas) et en Algérie quelque 30000 ha dans les Atlas tellien et saharien où, est individualisé, des îlots plus ou moins importants observés d'Ouest en Est : Les cédraies de l'Atlas tellien se rencontrent dans le massif de l'Ouarsenis (Ouarsenis : 100ha - Theniet El Had : 1000ha , Boucaïd (Tissemsilt), etc.), l'Atlas Blidéen (1000 ha à Chréa), le Djurdjura (2000 ha à Tala Guilef et Tikjda principalement) ainsi que dans les Babors : (1300 ha). Dans l'Atlas saharien, on les retrouve principalement dans les massifs du Bélézma et de l'Aurès (17000 ha) ainsi que dans les monts du Hodna (8000 ha à Boutaleb) [39 ; 45] (Fig.3).

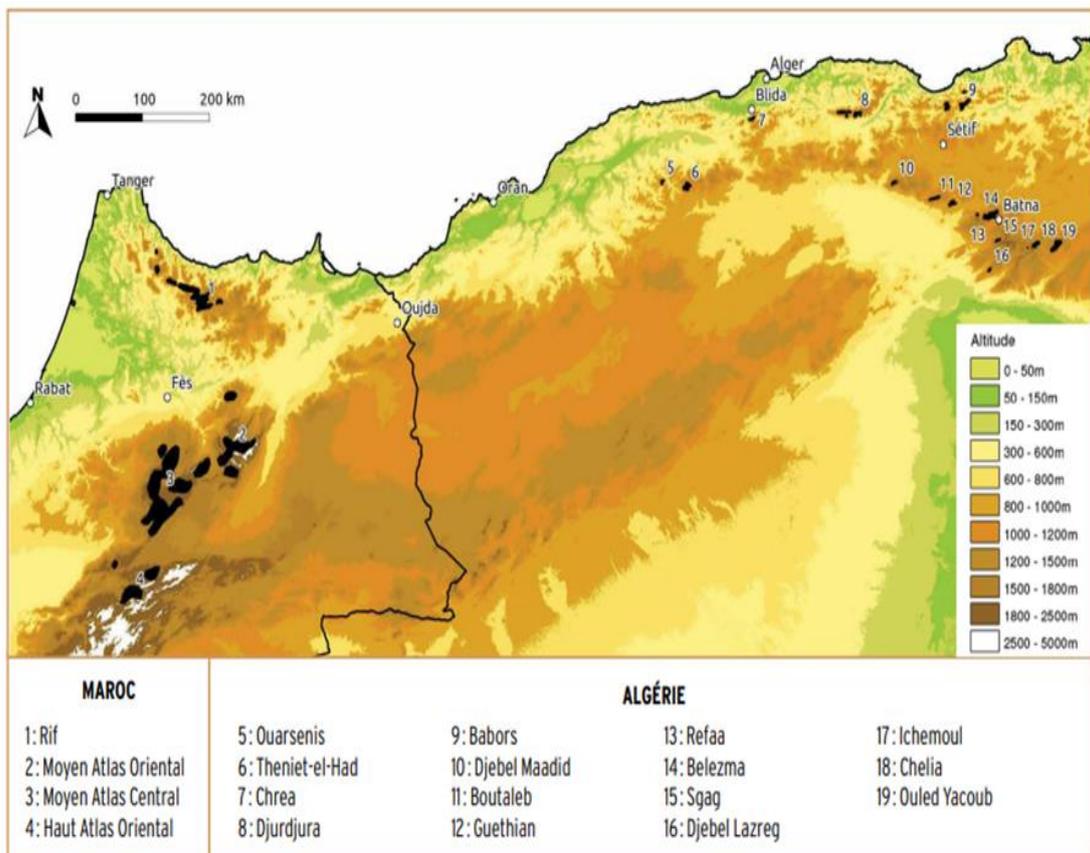


Figure 3 : Aire naturelle du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) (en Noir) [75]

1.2.2. Aire d'introduction :

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) a été introduit hors de son aire naturelle dans divers pays. En France, il a été introduit avec succès dans le mont Ventoux où il prospère bien et régénère facilement [76]. Après le succès de cette introduction, l'espèce est abondamment utilisée dans les reboisements en zone méditerranéenne française dans l'étage du chêne pubescent [16 ; 76]. Des études sur l'adaptation, la croissance et la productivité de l'espèce, ont été engagées dans le cadre du programme d'amélioration des cèdres en France [3]. Des recherches ont été réalisées sur la régénération, la croissance, la production, l'effet de l'intensité des éclaircies, en Italie [77] et dans d'autres pays (Russie, Crimée, Caucase, Etats-Unis [10]).

1.3. Bio-écologie :

1.3.1. Biologie :

Le cycle de reproduction du Cèdre de l'Atlas (Fig. 4) dure deux ans il a été décrit en détail au niveau de la cédraie artificielle du sud de la France et confirmé en Algérie au niveau de l'aire naturelle de l'espèce [2 ; 12]. Le cycle commence par une initialisation florale durant l'été de l'année (N), une pollinisation en automne de la même année (N). Après la dormance hivernale, survient la fécondation durant l'année (N+1) qui s'accompagne d'une augmentation du poids du conelet fécondé, qui acquiert sa maturité morphologique à la fin septembre de l'année (N+1). Quant à sa maturité physiologique, il ne va l'acquérir que tard durant la deuxième année (N+2). Les graines dispersées en automne séjournent au sol durant l'hiver et peuvent être recouvertes d'une couche de neige qui leur assure une sorte de stratification au froid humide pour la germination au cours du printemps suivant [78].

La longévité du cèdre de l'Atlas est remarquable et sa limite supérieure n'a pas encore été arrêtée. Elle dépasse certainement 600 à 700 ans, et peut même atteindre et dépasser 1000 ans et plus. Il donne des graines fertiles jusqu'à un âge avancé [74] [6].

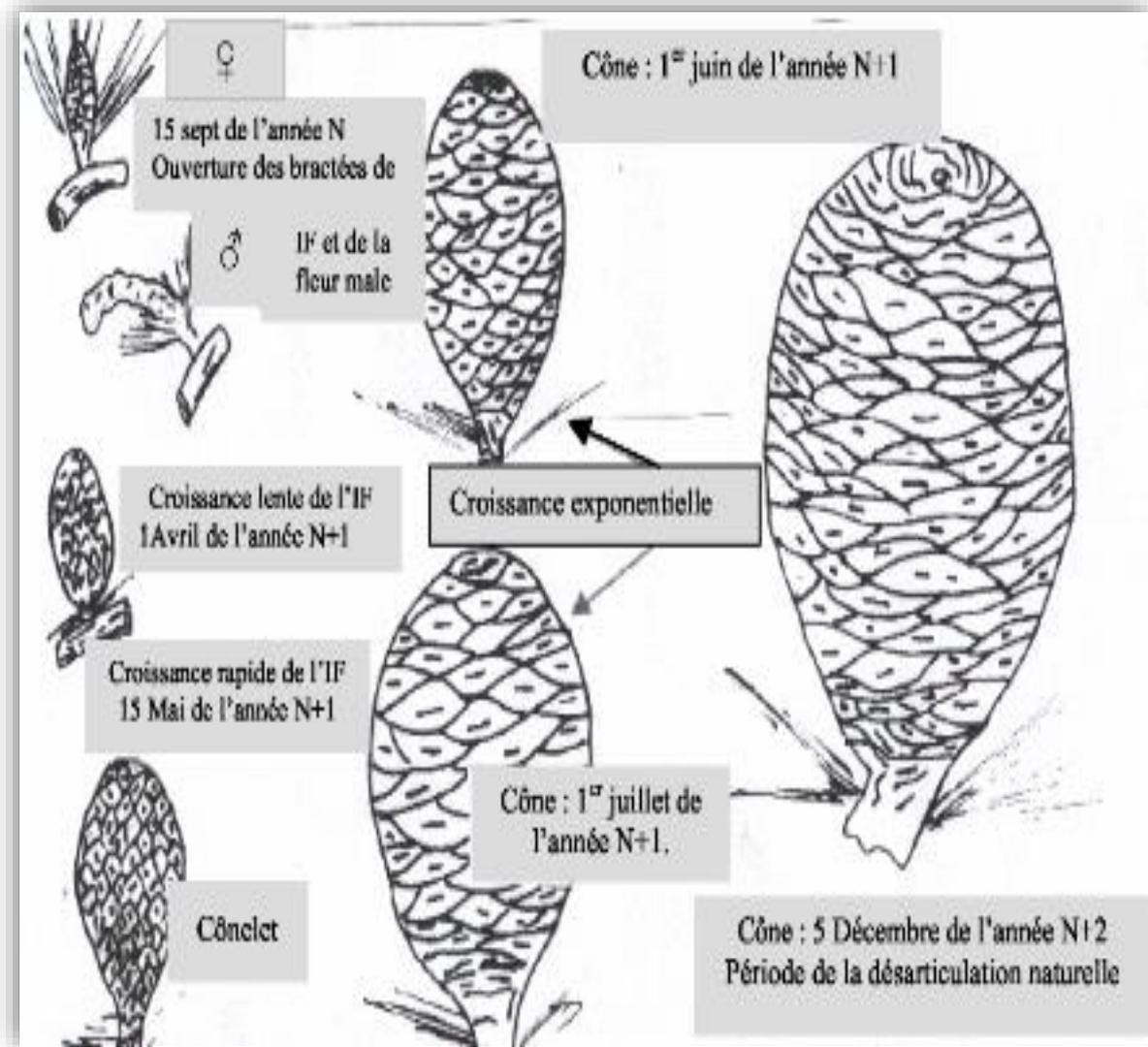


Figure 4 : Cycle de reproduction du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) [79]

1.3.2. Ecologie :

Le climat est l'un des facteurs écologiques le plus important qui influt sur l'équilibre et le maintien de la biodiversité. Les forêts de cèdre du pourtour méditerranéen, subissent un climat caractérisé par une sécheresse estivale de 1 à 3 mois. La saison la plus arrosée est l'hiver et la plus sèche est l'été dont la répartition des pluies est irrégulière [80].

1.3.2.1. Exigences climatiques

Du point de vue bioclimatique, les cédraies les moins arrosées reçoivent plus de 500 mm de pluie par an. Dans ses pays d'origine, Le cèdre a besoin d'une pluviométrie annuelle comprise entre 500 et 1700 mm, mais la majorité des cédraies reçoivent entre 850 et 1200 mm/an [81]. En Algérie, les cédraies septentrionales de l'Atlas tellien (Theniet ElHad, Atlas Blidéen et Djurdjura) reçoivent une tranche pluviométrique moyenne comprises de 540 mm/an à 1500 mm environ [75; 82; 83].

Cette dernière est largement dépassée, elle atteint 2000 mm au Maroc et en Algérie (sur le sommet des Babor). Dans les cédraies méridionales de l'Atlas saharien (les cédraies sèches) (Aurès, Belezma, Hodna), la limite inférieure de précipitation est de 600 mm environ [17; 52; 84]. Le cèdre croit sous des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 14°C [39 ; 76] [85 in 12]. Il vit dans ses pays d'origine avec des extrêmes absolus de -25°C à +35°C [81 ; 86; 87] [86]. Les valeurs estimées sur l'ensemble des cédraies algériennes s'écartent dans cet intervalle [12 ; 47].

Du point de vue bioclimatique, les cédraies en Algérie occupent divers étages bioclimatiques : les étages semi-aride à hiver froid et humide, subhumide à hiver froid, humide à hiver froid et humide et humide à hiver frais [87 in 20 ; 52 ; 12 ; 54]. En Algérie, les cédraies septentrionales de l'Atlas Blidéen (Chrea), de Monts du Djurdjura et du massif de Babors sont soumises à un bioclimat humide, variante fraîche voire per-humide [54]. Tandis que la plupart des cédraies méridionales de Djebel Azreg (Aurès), nord du Belezma, du Boutaleb (Hodna) et de Theniet El Had (Ouarsenis) sont soumises aux bioclimats subhumides froids et très froids [15].

1.3.2.2. Exigences édaphiques :

Du point de vue édaphique, ces cédraies s'installent sur divers types de substrats. Cependant les substrats siliceux (schistes et grès du Rif, basaltes du Moyen Atlas central) paraissent offrir un bilan hydrique beaucoup plus favorable que celui observé sur substrats calcaires et calcaires dolomitiques (Moyen Atlas oriental, Haut Atlas oriental). En effet ce dernier type de substrat est plus filtrant, surtout lorsque les sols sont décapés par l'érosion [34 ; 80 ; 86].

1.3.2.3. Altitude :

Le cèdre de l'Atlas se trouve en Algérie et au Maroc généralement entre 1200 et 2000 m d'altitude ; bien qu'au Maroc, il peut monter jusqu'à 2700- 2800 m [89 ; 90]. Mais au-delà de 2300 m, le cèdre est toujours dominé ou remplacé par le genévrier thurifère [15 ; 39 ; 91 ; 90]. En Algérie, il apparaît à partir de 1 300 m d'altitude en versant nord et vers 1 400 m en versant sud ; mais il peut descendre plus bas (jusqu'à 900 à 1 000 m) le long des ravins, où existent des conditions pédo-microclimatiques propices [92]. Les cédraies comportent trois types altitudinaux, où les limites inférieures ou supérieures diffèrent d'une cédraie à l'autre [85]. Ces trois types de cédraies se distinguant en fonction de l'altitude et qui sont : Les cédraies basses : inférieures à 1800 et 1900 m, les cédraies moyennes : comprises entre 1900m et 2100 m, et Les cédraies hautes : supérieures à 2100 m. L'altitude influence le cèdre par les conditions climatiques ; plus l'altitude est élevée, plus les précipitations moyennes sont élevées et les températures sont basses [93].

1.3.2.4. Exposition :

L'exposition joue un rôle très important dans la distribution et la longévité de la plupart des forêts de cèdres. En Algérie, le vent dominant est de direction Nord-Ouest, et ces deux versants reçoivent plus de précipitations que les versants Sud, qui sont exposés aux vents chauds et secs (sirocco) et un ensoleillement quasi constant. En conséquence, les versants Nord sont couverts de belles forêts de cèdres, Leurs limites inférieures sont basses que celle de l'exposition Sud. Cette irrégularité est due à la variation d'humidité [94].

1.4. Association végétale :

Sur l'ensemble de leur aire naturelle, les cédraies s'observent entre 1500 et 2600m d'altitude [86]. Le cortège de l'association du cèdre de l'Atlas est constitué de chêne vert (*Quercus ilex* L., 1753), de l'if commun (*Taxus baccata* L., 1753) et le houx (*Ilex aquifolium* L., 1753), l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum* L., 1753), Le chêne faginé ou zeen (*Quercus faginea* Lam., 1785), le chèvrefeuille (*Lonicera arborea* Boiss., 1838), le sorbier (*Sorbus aria* L.), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le lierre grimpant (*Hedera helix*), le laurier-tin (*Viburnum tinus*), l'azarolier

ou Épine d'Espagne (*Crataegus azarolus*), le daphné lauréole (*Daphne laureola*) et le nerprun (*Rhamnus alpina*) .

1.5. Etat sanitaire :

Les forêts peuvent être sujet de plusieurs problèmes écologiques, phytosanitaire et anthropiques.

1.5.1. Les incendies des forêts :

En Algérie, la superficie forestière totale incendiée durant la période de 1963 à 2007 est évaluée à 1556 807 hectares. Le feu détruit en moyenne une superficie de 34 596 ha/an [95], soit 1,3% de la végétation méditerranéenne brûle chaque année, soit le double de la Tunisie et 100 fois plus que le Maroc [18]. Les superficies incendiées sont souvent supérieures à celles reboisées annuellement. Le type de végétation et le climat sont des facteurs importants de prédisposition au feu. Certaines formations végétales sont plus sensibles au feu que d'autres : les maquis et les garrigues sont plus sensibles que les zones forestières. Cette sensibilité s'explique par la différence de composition de ces formations et par les conditions climatiques auxquelles elles sont soumises, en particulier leur teneur en eau [95].

Les causes des incendies des forêts sont de deux catégories. Les causes structurelles qui incluent les conditions permanentes, écologiques et les causes immédiates ou momentanées qui se réfèrent aux activités humaines, qui de façon plus ou moins directes provoquent des incendies concrets [96]. Les incendies sont le plus souvent provoqués par une cause anthropique, selon les pratiques d'usage et de non usage des écosystèmes forestiers utilisés tel que la négligence, l'imprudence et surtout plus récemment la pénétration en forêt d'un public globalement moins averti en particulier des promeneurs, provoquant ainsi l'augmentation considérable de la biomasse offerte au feu [97].

1.5.2. Facteurs abiotiques du dépérissement du Cèdre de l'Atlas :

En Algérie, le dépérissement du cèdre de l'Atlas n'est pas récent. Des sécheresses intenses de 1875 à 1888 auraient déjà occasionnés d'importants dégâts sur les peuplements de cette espèce [98].

Dans le Bélezma, le dépérissement est massif en certains endroits (Djebel Boumerzoug et une partie de Tuggurt). Il correspond à des stations où le Cèdre est en mélange avec une forte proportion de Chêne vert. Dans ce milieu, des rejets de Chêne vert, associés à d'autres arbustes, présentent un léger dessèchement, mais sans gravité apparente. A Ouled Yakoub, le dépérissement est moins spectaculaire, mais commence à devenir inquiétant. Au Chélia, le phénomène est plus accentué au niveau des lignes de crêtes et en exposition sud. Dans cette zone, le dépérissement apparaît. Au début, ce dépérissement touchait plus particulièrement les arbres âgés situés dans des conditions de mauvaise alimentation en eau (pente, sol superficiel, arbres déchaussés), mais on s'aperçoit, aujourd'hui, que même les jeunes sujets ne sont pas épargnés. Dans l'état actuel des connaissances, les observations effectuées, ça et là, dans différentes stations, laissent supposer que le dépérissement du Cèdre n'est pas l'effet d'un seul et unique agent causal. Selon certains experts de la FAO, de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de France et de l'Institut national de la recherche forestière (INRF) d'Alger [99], le dessèchement des arbres résulterait de l'action combinée de divers facteurs, mais sans pouvoir dire lequel est le plus déterminant (évolution du climat, mauvaise gestion du pâturage, insuffisance des travaux sylvicoles...) [100].

1.5.3. Les maladies du Cèdre de l'Atlas

Le cèdre comme toute essence forestière est soumis à des attaques parasitaires par des agents pathogènes qui causent des dommages variables, ces attaques peuvent avoir plusieurs origines [4]. Parmi les principaux agents pathogènes des peuplements forestiers et des maladies parasitaires ce sont les champignons qui en demeurent la principale cause des accidents phytopathologiques avec souvent des conséquences graves qui ont été déjà noté en Algérie, c'est le cas de l'*Armellaria sp.* qui a contribué au dépérissement de sujets de cèdre notamment dans le massif de Belazma et de Theniet Elhad [101].

Les graines de *Cedrus atlantica* sont porteuses d'un nombre élevé de champignons microscopiques, surtout saprophytes, parmi lesquels certains peuvent occasionnellement devenir pathogènes quand les conditions du milieu leur sont favorables, et rendre difficile la régénération naturelle ou provoquer la fonte des semis. Ces maladies, causées principalement par des espèces des genres *Fusarium*

et *Phytium*, diminuent la production en plants de pépinières forestières dans des proportions parfois considérables, jusqu'à 82% [48].

Ces mêmes auteurs ont noté qu'il existe peu de parasites fongiques spécifiques au cèdre, mais que le manque de sylviculture intensive et la pression humaine, ont favorisé la propagation d'un parasite endémique entraînant l'affaiblissement des arbres hôtes.

1.5.4. Les ravageurs

Parmi les insectes rencontrés sur cèdre, il y a des espèces qui se nourrissent du feuillage, du bois de l'arbre et des cônes. D'autres sont plus utiles vivant au dépens de la faune du cèdre, entomophage, parasites et prédateurs. Certaines espèces, se rencontrent sur l'arbre parce qu'elles y trouvent des conditions propices à leur développement, et enfin un groupe d'insectes qui utilisent le cèdre comme refuge et s'y trouvent accidentellement [102].

Le milieu forestier abrite un nombre très important d'arthropodes du fait de sa complexité. Parmi ces arthropodes certains essentiellement des insectes causent des dégâts aux arbres affectant le processus physiologique, la croissance, la qualité du bois de manière cyclique ou épisodique [103].

En 1978, un taux de dépérissement de 5% des cédraies a été enregistré dans les Aurès, ceci semble être la cause d'une action conjuguée entre le genre *Armellaria* et de l'insecte coléoptère Buprestide *Melanophila marmottani* (Fairmaire, 1868) [104 ; 105]. En ce qui concerne les forêts des résineux, plus de 100000 hectares de pin et de cèdre sont défoliés [106].

Le cèdre de l'Atlas comme chaque ligneux, possède des insectes spécifiques dont certains lui sont strictement liés, d'autres proviennent d'arbres ou végétaux existant dans son milieu. Depuis une vingtaine d'années, les connaissances sur les ravageurs du cèdre de l'Atlas, ont très fortement progressé aussi bien dans le domaine de la description de nouvelles espèces que dans ceux de la biologie et des méthodes de protection des peuplements [107]

2. Etat des connaissances des cédraies sur le plan entomologique :

Le cèdre dans son pays d'origine, héberge une faune qui lui est propre. Par contre la cédraie dans les pays d'introduction n'est pas accompagnée par la faune qui lui est attachées, mais héberge diverses espèces d'insectes trouvés en place sur d'autres essences [20 ; 108]. Parmi ses insectes nous citons les défoliateurs (phylophages), lignivores (xylophage), les insectes des fleurs et des graines et les insectes suceurs de sève en particuliers qui sont considérés parmi les ravageurs les plus destructifs des frets conifères au niveau mondial [109 ; 81].

Les défoliateurs sont en effet des ravageurs primaires : ils attaquent les arbres sains et vigoureux, préparant le chemin aux ravageurs secondaires (insectes xylophages) qui profitent de leur faiblesse et achèvent l'arbre [81].

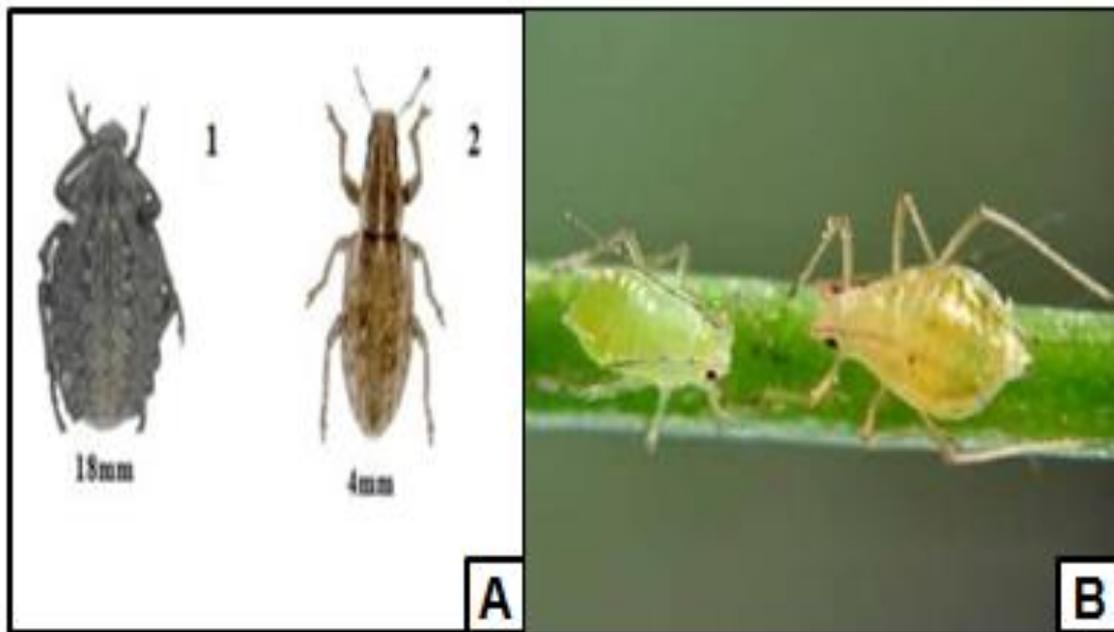


Figure 5: Quelques ravageurs du Cèdre de l'Atlas

A : Insectes xylophages (1: *Brachycerus algirus* 2: *Sitona sp.*) [38]

B : Insectes opophages (les pucerons: *Cinara cedri*) [107]

2.1. Les défoliateurs (les phylophages) :

Le tableau (2) montre les principaux insectes phylophages inféodés aux cèdres sur le pourtour méditerranéen.

Tableau 2 : Les principaux insectes phytophages des Cèdre et leur répartition géographique [31].

| Ordre | Famille | Genre et espèce | Aire de répartition | Plante hôte |
|-------------|-----------------|---------------------------------|--|--------------|
| Lépidoptère | Thaumetopoeidae | <i>Thaumetopoea bonjeani</i> | Algérie, Maroc | Cèdre |
| | | <i>Thaumetopoea libanotica</i> | Liban | Cèdre |
| | | <i>Thaumetopoea solitaria</i> | Turquie | Cèdre |
| | | <i>Thaumetopoea pityocampa</i> | Tous les pays méditerranéen sauf la Chypre et la Turquie. | Pin et Cèdre |
| Lépidoptère | Tortricidae | <i>Acleris undulana</i> | Maroc, Chypre, Liban, Syrie et la Turquie | Cèdre |
| | | <i>Epinotia cedricida</i> | France (introduite), Australie, Maroc, Algérie, Maroc | Cèdre |
| | | <i>Epinotia algeriensis</i> | Algérie, Maroc | Cèdre |
| | | <i>Dichelia cedricola</i> | Liban, Turquie | Cèdre |
| | | <i>Dichelia numidicol</i> | Algérie | Sapin |
| | | <i>Lozotaenia cedrivora</i> | Algerie | Cèdre |
| | | <i>Chroristoneura murinana</i> | France | Sapin |
| Hyménoptère | Pamphiliidae | <i>Cephalcia tannourinensis</i> | Liban | Cèdre |
| Hyménoptère | Diprionidae | <i>Prionomeion gaullei</i> | Algerie | Cèdre |
| Coléoptère | Chrysomelidae | <i>Luperus pardoii</i> | Maroc | Cèdre |
| Coléoptère | Curculionidae | <i>Scythopus warioni</i> | Algérie, Maroc | Cèdre |

2.1.1. Les processionnaires (Lepidoptera, Thaumetopoeidae)

Sur le pourtour méditerranéen, cinq espèces de processionnaires sont mentionnées. Seulement trois d'entre elle sont exclusives aux cèdres. C'est au Maroc que la processionnaire du cèdre a été signalée pour la première fois, sous le nom de *Cnethocampa bonjeani* Powell, à partir d'insectes originaires du Moyen Atlas [107 ; 22]. Elle est présente dans toutes les cédraies algériennes : Aurès, Djurdjura, Babors, Theniet El Had, Boutaleb et Chréa, avec une forte présence dans le massif du Bélezma (Aurès) [22 ; 23 ; 24 ; 25]. Elle avait provoqué une grave défoliation (plus de 80 % sur plus de 500 ha) en 1984. Au Maroc, cette espèce existe dans le Rif, Taza, Moyen Atlas et probablement là où existe le cèdre [108].

2.1.2. Lepidoptera, Tortricidae

Acleris undulana HALSINGAM a été décrit des cédraies d'Asie mineure [106 ; 25]. Cet insecte est récemment découvert sur *Cedrus atlantica* en Afrique du Nord. Il se trouve dans les cédraies atlasiques marocaines ; encore absent dans le Rif et en Algérie. Il est considéré comme un ravageur très nuisible au cèdre en Turquie, où il est signalé depuis longtemps, présentant un cycle de développement relativement tardif par rapport au Maroc [109; 110; 31].

Epinotia cedricida DIAKONOFF a été trouvée et décrite pour la première fois en France dans la cédraie artificielle du Massif du Luberon par Diakonoff en 1969 [111]. De nombreuses années après, cette espèce a été retrouvée en Afrique du Nord. Cet insecte est largement réparti dans les cédraies du pourtour méditerranéen depuis le Maroc jusqu'en Turquie en passant par le Liban, y compris toute les cédraies en Algérie : Aurès, Tikjda, Grande Kabylie, Petite Kabylie (Mont-Babors), Theniet ElHad, Ain Antar, Chréa [30; 36 ; 105 ; 111 ; 112]. *Epinotia algeriensis* CHAMBON, une espèce nouvelle recensée sur *Cedrus atlantica*, n'est connue à ce jour qu'en Algérie (forêt des Babors) [30]. D'après plusieurs missions et sorties sur terrain, FABRE J.P., a rapporté que cette espèce est largement répartie au Maroc et a signalé sa présence sur toutes les cédraies d'Algérie [26].

2.1.3. Autres espèces

Un autre ravageur a été également décrit en Algérie, il s'agit de la tenthrède *Prionomeion gaullei* [113; 30]. Ainsi, un Coléoptère Chrysomelidae a été prélevé à Tizi-Ifri (Rif central), et est considéré comme un phyllophage adulte du cèdre, il s'agit de *Luperus pardoii* Codina [114]. En 1996, une nouvelle espèce appartenant au genre *Cephalcia* (Hym., Pamphiliidae) a été signalée au niveau de la forêt de Tannourine [115]. Il est considéré comme un ravageur très nuisible, affectant 70% des arbres de la cédraie. L'insecte a été identifié en 1998, comme étant *Cephalcia tannourinensis* sp. [31 ; 115].

2.2. Insectes lignivores (les xylophages)

L'inventaire des insectes lignivores (xylophages et sous-corticaux) s'attaquant aux cèdres est encore mal connu en Algérie. En absence de données précises [47], en se référant aux archives des forêts de Batna, les scientifiques ont annoncé que les attaques de Bostryches semblent avoir joué un grand rôle dans la dégradation des cédraies particulièrement au Bélezma vers 1885, et au Hodna en 1848-1849 [116] [116]. Parmi ces Bostryches, nous notons les *Xyloterus lineatus* et *Xyloborus xylographus* (SAXESEN) [39]. Parmi les autres xylophages recensés au niveau de la cédraie de Theniet ElHad, Abdelhamid et Chakali (2008) [117] ont cités les espèces du genre *Scolytus* et les *Cerambycidae*, *Cerambyx cerdo* et *Ergatesfaber*. L'étude entreprise par Guerroudj (2008) [118] dans diverses cédraies du nord de l'Algérie a permis d'identifier 09 espèces appartenant aux tribus Hylastini, Crypturgini, Phloeosini, Polygraphini, Scolytini, Xyleborini et Cryphalini, citant l'espèce *Cryphalus piceae* comme étant la plus active.

D'après Mouna (1994) [114], c'est Barbey (1925) qui a obtenu le premier Coléoptère xylophage (*Cryphalus piceae*, numidicus Eichhoff) au Maroc (Azrou) d'une écorce de cèdre. Ultérieurement, De Peyerimhoff (1933) [21], a dressé une liste plus importante d'insectes inféodés au cèdre, qu'il les classe principalement en lignivores du bois sain ou récemment mort et lignivores du bois altéré ou mort depuis longtemps (Tableau 3).

Suite à d'autres études au Maroc, la majorité des espèces citées par DE Peyerimhoff [21] ont été rapportées par d'autres auteurs, entre autre Mouna et al., 1958 [25][29],

Chapitre I : Synthèse bibliographique

[119]. Ces derniers ont rajouté d'autres noms d'espèces à la liste, notamment des Scolytidae, des Buprestidae et des Cerambycidae. Le tableau (3) montre les espèces qui ont été recensées.

Tableau 3 : Liste des insectes xylophages inféodés au cèdre de l'Atlas. (*) : Lignivores du bois sain ou récemment mort. (**): Lignivores du bois altéré ou mort depuis longtemps [38].

| | Insectes lignivores | Cités par [21] | Cité par [29] | Cité par [31] |
|---|--|----------------|---------------|---------------|
| Scolytidae | <i>Scolytus numidicus</i> Bris * | x | x | x |
| | <i>Scolytus carpini ratzeburg</i> | x | x | |
| | <i>Cryphalus piceae numidicus</i> Er * | x | x | x |
| | <i>Cryphalus cedri</i> Eichh * | | x | |
| | <i>Kissophagus novaki</i> Reitter | x | x | x |
| | <i>Phloeosinus cedri</i> Bris * | x | x | x |
| | <i>Xyleborus saxes eni</i> Ratz | x | x | x |
| | <i>Hylurgops bonvouloiri</i> Chap* | x | x | |
| | <i>Xyloterus lineatus</i> Ol * | | | |
| | <i>Hylastes batnensis</i> Bris * | | x | |
| Buprestidae | <i>Anthaxia nigrifolia</i> Ratz | | | |
| | <i>Anthaxia pleuralis</i> Fairm * | | | |
| | <i>Anthaxia sepulchralis</i> Fab* | | | |
| | <i>Anthaxia marmottani</i> Bris * | | | |
| | <i>Anthaxia salicis</i> F | | | |
| | <i>Anthaxia chobauti</i> Ab | | | |
| | <i>Anthaxia corsica maroccana</i> Shark | | | |
| | <i>Anthaxialudovicæ</i> Ab * | | | |
| | <i>Anthaxia martini</i> Brisout | | | |
| | <i>Melanophila (phaenops) marmottani</i> Fairm * | | | |
| | <i>Buprestis flavangulata</i> Frm | | | |
| | <i>Ancylochira flaviangulata</i> fairm (s.lato)* | | | |
| | <i>Ancylochira octoguttata v. magica</i> Gory * | | | |
| | <i>Acmaeodera bipunctata</i> OL * | | | |
| <i>Acmaeodera degener multipunctata</i> Lucas | | | | |
| <i>Chrysobothris affinis</i> fab (accidentel) * | | | | |
| <i>Anthaxia martini</i> bris * | | | | |
| <i>Anthaxia parallela</i> Oreas Peyrerh * | | | | |
| Curculionidae | <i>Magdalis leucoptera</i> fairm * | | | |
| | <i>Thyncolus porcatu</i> germ ** | | | |
| | <i>Larinus</i> sp | | | |
| Cerambycidae | <i>Callidium cedri</i> peyerh * | | | |
| | <i>Eroates faber</i> L ** | | | |
| Bostrychidae | <i>Leptura fontenayi</i> muis ** | | | |
| | <i>Semanotus russica algerica</i> F * | | | |
| | <i>Rhagium inquisitor</i> L * | | | |
| | <i>Pogonochaerus cedri</i> peyerh | | | |
| Bostrychidae | <i>Stephanopachys quadraticollis</i> Mars | | | |
| | <i>Bostrychus ficus bicolor</i> Herest | | | |
| | <i>Bostrychus fucus bicolor</i> Herb | | | |
| Elateridae | <i>Adelocera punctata</i> herest ** | | | |
| | <i>Elater aurilegulus</i> schauf** | | | |
| | <i>Anobium pineti cedretorum</i> Peyrh** | x | | |
| Anobiidae | <i>Anobium striatum</i> oliv | | | x |
| | <i>Lasioderma haemorrhoidale bicolor</i> schauf ** | | | x |
| | <i>Stegobium paniceum</i> L ** | | | x |
| | <i>Ernobius cedri (chob)</i> reitt ** | x | | |
| Tenebrionidae | <i>Tenebrio fuliginosus</i> fairm ** | x | | |
| | <i>Menophilus cylindricus</i> herest ** | x | | |
| | <i>Helops insignis</i> luc ** | x | | |
| Cetoniidae | <i>Ghorimus baborensis</i> bed ** | x | | |
| Siricidae | <i>Urocera augus</i> klug | | | x |

Les autres espèces sont d'intérêt secondaire, comme *Phloesinus cedri* Bris., *Hylurgops bonvouloiri* CHAPP., *Hylastes batnensis* BRIS., *Scolytus numidicus* BRIS. et *Scolytus carpini* RATZ. Ce dernier étant le plus fréquemment observé au Moyen-Atlas [29]. En ce qui concerne les études menées sur l'entomofaune du cèdre en Syrie [120], le chercheur a rapporté la présence de *Phloesinus cedri* au niveau de la cédraie de Lattakia.

2.3. Insectes des organes reproducteurs (fleurs et graines)

Parmi les Lépidoptères des cônes, il est cité deux Pyralidae [114] [31]: *Dioryctria peyerimhoffi* Dejonnis, un insecte signalé sur les fleurs mâles du cèdre au Maroc et en Algérie (Aurès et Blida), et *Dioryctria peltieri* Dejonnis. *Barbara osmana* OBR. (Lep., Tortricidae), signalé sur *Cedrus libani* au Liban et en Turquie [31]. En ce qui concerne les Hyménoptères des cônes, deux espèces appartenant à la famille des Torymidae sont citées dans la bibliographie : *Megastigmus pinsapinis* Pintureau et Fabre [121] qui existe au Maroc (Rif), en Algérie (Atlas Blidéen à Chréa, Massif des Aurès) et en France (sur toutes les cédraies, peuplement d'Abies) [108; 111], et *Megastigmus schimitscheki* Novitzky, qui semble se limiter au *Cedrus libani* dans l'est méditerranéen (Turquie, Liban) [118]; [119 in 31]. Cet insecte est accidentellement introduit en France vers 1994, dont il a causé des dégâts très importants sur *Cedrus atlantica* [120; 31].

2.4. Insectes suceurs de sève

2.4.1. Les pucerons

Les insectes suceurs de sève sont représentés par les deux Aphidae, *Cedrobium laportei* Remaudiere qui n'infeste que *Cedrus atlantica* et *C. deodara*, et *Cinara cedri* Mimeur, infeste spontanément les quatre espèces de cèdre [119].

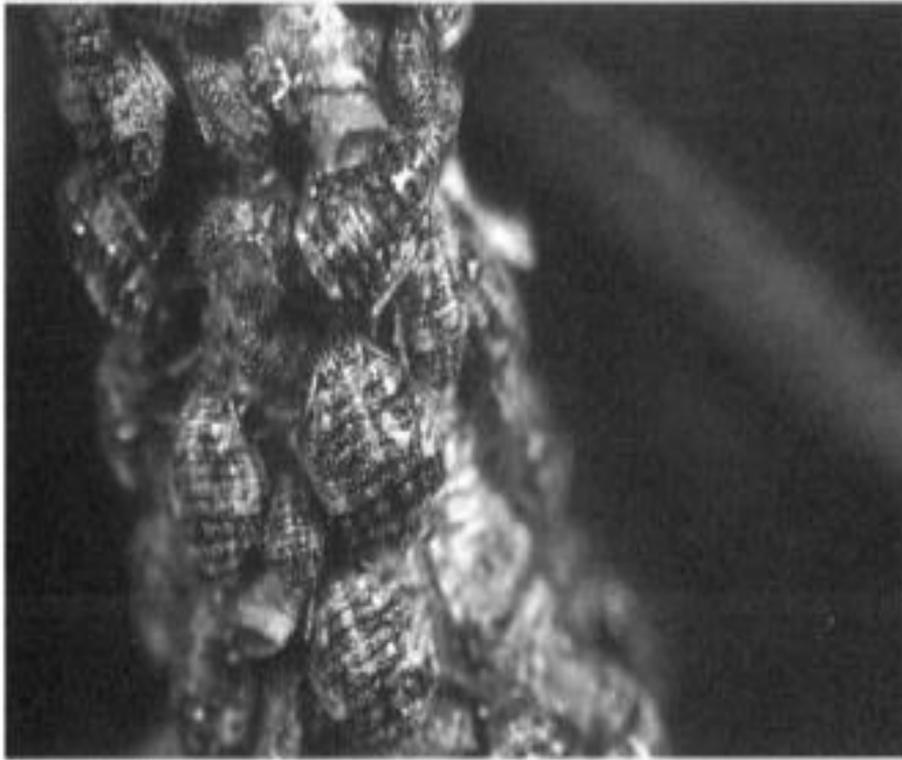


Figure 6 : Colonie de pucerons *Cedrobium laportei*, sur un rameau de Cèdre de l'Atlas [107]

Cedrobium laportei, a été décrit en 1954 par Remaudière à partir d'individus récoltés à Ben Aknoun près d'Alger et au Maroc [106]. D'après cet auteur, *Cinara cedri*, a été décrit en 1935 par Mimeur au Maroc, puis ensuite en Algérie, mais également en Turquie [106] et au Liban [109]. Les deux espèces ont suivi l'extension du cèdre en France et dans toutes l'Europe. *Cedrobium laportei* a été découvert en Espagne, Italie, Angleterre et aux Pays-Bas, *Cinara cedri* en Espagne, Italie et en Suisse [121]. Ces insectes semblent ne pas constituer un danger pour les cédraies naturelles [105], alors qu'ils sont à l'origine de graves dégâts dans les peuplements artificiels en France, où *Cedrobium laportei* a provoqué la mortalité de 10% des cèdres dans certains endroits [122 ; 105].

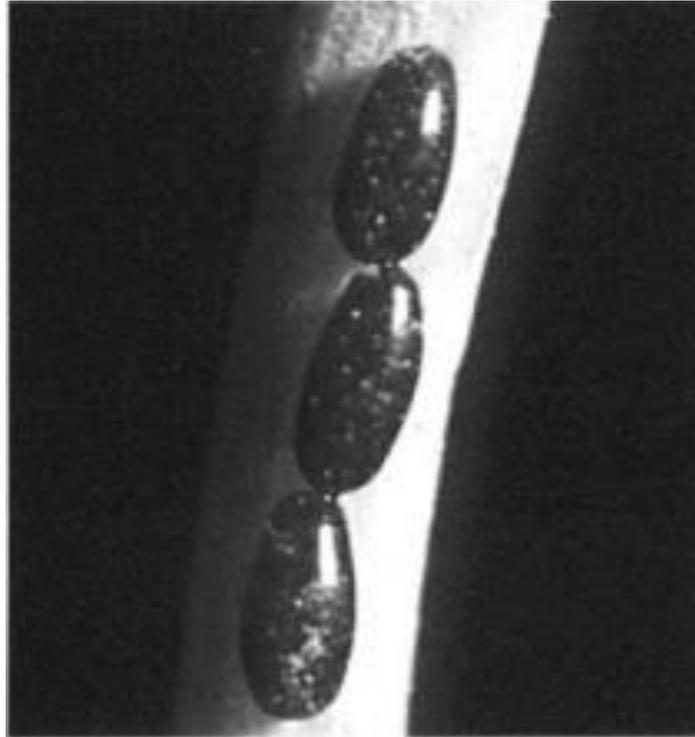


Figure 7 : Les œufs d'hiver du puceron *Cinara cedri* [107]

2.4.2. Les cochenilles

Les cochenilles diaspines ou cochenilles à bouclier constituent l'un des groupes d'insectes qui commettent les ravages les plus importants sur de nombreuses espèces fruitières, forestières et ornementales [123].

Ce sont des petits insectes reconnus par la plupart des agriculteurs sous le nom « Poux » ou « Kermes » [124]. Elles sont caractérisées par un bouclier protecteur facilement détachable pour la majorité des espèces et présentent un appareil buccal de type piqueur-suceur extrêmes développé. Elles se caractérisent par leur vie fixée, mais les larves sont mobiles à l'éclosion ainsi que les mâles adultes lors de leur apparition. Actuellement, la famille des Diaspididae est la plus évoluée des cochenilles (Coccoidea). Sa distribution est mondiale et compte 405 genres et 2479 espèces.

Les diaspines représentent 42,37% de l'ensemble des cochenilles où le genre *Lepidosaphes* est le plus dominant avec 14% [125]. Cette famille regroupe 1700 espèces environ, répartie en 350 genres [126].

2.4.2.1. Biologie

Les cochenilles se reproduisent par voie normale bisexuée ou par parthénogenèse. Les deux modes peuvent d'ailleurs coexister chez une même espèce. Il peut alors apparaître des lignées parthénogénétiques ou bisexuées, qui sont dénommées races biologiques. Ces lignées ont été observées chez plusieurs espèces [127]. La reproduction bisexuée est le mode le plus courant. Il se rencontre dans la majorité des cas. Le mâle existe mais, il se raréfie considérablement chez certaines espèces [127]. La fécondation n'a lieu que lorsque la femelle est sexuellement mûre, soit 14 jours environ après la dernière mue. Dans le cas de *Parlatoria oleae*, l'accouplement n'intervient pas dans le processus de l'ovogenèse, mais reste indispensable à la ponte. Chez cette espèce, la parthénogenèse n'existe pas et la fécondation se fait au fur et à mesure de la maturation des ovocytes [128].

2.4.2.2. Dégâts

Les cochenilles sont des insectes suceurs qui se fixent sur n'importe quelle partie de la plante et qui peuvent provoquer des dégâts, en vidant les cellules de leur contenu. Le prélèvement de la sève et des liquides intracellulaires [129] :

- entraîne des effractions de la paroi du végétal, la perte d'éléments nutritifs.
- provoque un affaiblissement général de la plante et la perturbation de leur croissance.
- une déformation des feuilles, leur jaunissement et chute partielle ou totale, jusqu'au dessèchement progressif des rameaux et des branches.

Selon le même auteur, l'injection de la salive, phytotoxique, contribue aux malformations de la plante, tout comme la pénétration des stylets, par leur action mécanique. De plus, le dépôt de miellat ; qui est riche en sucres et en acides aminés, il brûle les tissus et favorise le développement de la fumagine (champignons noirs). Brûlures et fumagine qui, outre son aspect inesthétique, limite la photosynthèse, en recouvrant les feuilles et forment des souillures sur les fruits, en particulier les agrumes, et rebutent le consommateur. La perte économique annuelle aux Etats-Unis attribuée aux cochenilles s'est située autour de 500 millions d'euros [129]. Au titre des dégâts indirects, certaines cochenilles sont susceptibles de transmettre des virus.

3. La cochenille du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* (Balakchowsky, 1928)

3.1. Origine

Dynaspidiotus regnieri a été décrite sur *Cedrus atlantica* dans la cédraie d'Azrou au Maroc en 1926. Jusqu'à 1927, sa distribution se limitait à trois pays, le Maroc, l'Algérie où elle a été observée à Chréa par Balakchowsky en 1928, ainsi qu'en Espagne, où elle a été détectée en 1983 dans des jardins de Ségovie, où elle peut coexister avec *Chionaspis kabyliensis* et *Coccus* sp. (probablement *C. hesperidum*) [130].



Figure 8 : Colonie de *Dynaspidiotus regnieri* sur aiguilles de Cèdre [131]

3.2. Systématique et description

Le genre *Dynaspidiotus* appartient à l'embranchement des Arthropodes (Arthropoda), la classe des insectes (Insecta), l'ordre des Hemiptères (Hemiptera), la Famille des Diaspididae [131].

Le bouclier de la femelle dont la taille varie de 2,4 à 2,6 mm, est de forme ovale, allongé, tronqué aux extrémités fortement convexes, rétréci latéralement, d'un blanc pur et soyeux avec l'exuvie larvaire centrale jaune dorée. L'identification spécifique n'est assurée que par l'observation de jeunes femelles, de forme ovale allongée, aux téguments céphalothoraciques non encore épaissis. Le pygidium est pourvu de trois paires de palettes de tailles sensiblement identiques [131 ; 132].

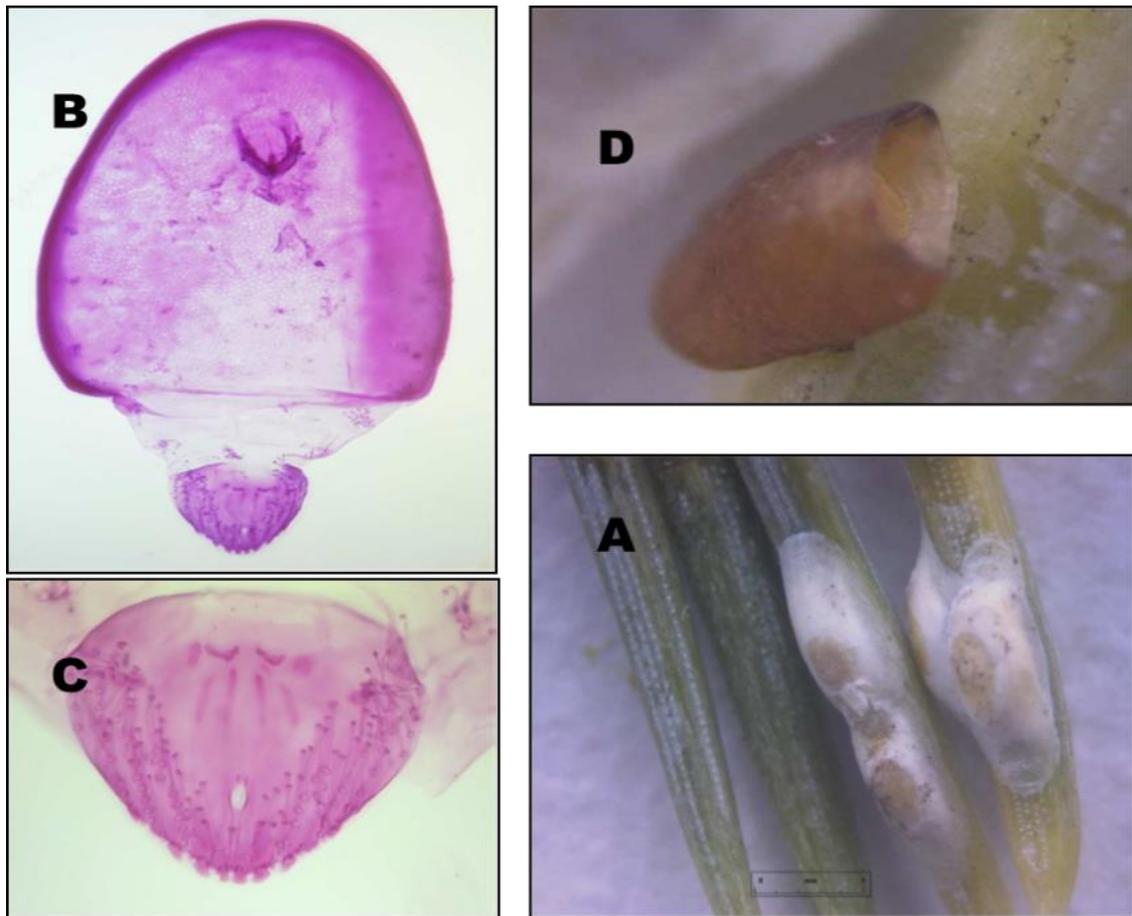


Figure 9 : Les Caractères morphologiques d'identification de *Dynaspidiotus regnieri*. [131].

A: Boucliers de cochenille de *D.regnieri* sur aiguilles de cèdre; **B:** corps d'une jeune femelle adulte; **C:** Pygidium femelle, **D:** corps d'une femelle scléifiée.

3.3. Biologie

Dynaspidiotus regnieri est une espèce univoltine. Les femelles adultes fécondées (aux téguments très scléifiés) sont présentes sur les aiguilles de cèdre tout au long de l'année et constitue la forme de résistance à l'hiver. Les larves de stade 1, qui sont mobiles, constituent la forme de dispersion de l'espèce, elles apparaissent début juin. Elles sont présentes jusqu'en septembre avec un maximum en juin ou juillet suivant les stations étudiées. Ces larves se fixent rapidement. Les larves de stade 2 peuvent être présentes jusqu'à mi-octobre. Les jeunes femelles adultes sont présentes de mi-juillet à novembre. Selon les conditions climatiques, on peut observer des mâles aux stades pré-pupe, pupes et adultes durant une partie de l'hiver en faible proportion mais aucun ne survit jusqu'au printemps, la majorité d'entre eux n'est présente que de début juillet à fin août [12].

3.4. La nuisibilité de *Dynaspidiotus regnieri*

La cochenille *Dynaspidiotus regnieri* est rapportée comme un ravageur du cèdre uniquement en Espagne [130]. Dans les jardins où elle a été détectée, elle a pu entraîner la mortalité de quelques cèdres, contrairement aux deux autres cochenilles *Chionaspis kabyliensis* et *Coccus* sp. qui n'avaient jamais causé de tels dégâts. Nous ne disposons d'aucune information quant à la situation actuelle au Maghreb. Dans les années cinquante, Balachowsky écrivait que l'espèce était présente dans tous les peuplements en Algérie et au Maroc mais toujours en faible abondance, alors que *Chionaspis kabyliensis* présentait généralement des colonies importantes [131; 133].

4. Relation nutritionnelle

Les insectes sont le taxon animal le plus diversifié, avec actuellement plus de six (6) million d'espèces identifiées et une estimation totale d'environ dix (10) millions n'ont pas été décrites [134]. Les interactions entre les plantes et les insectes phytophages reposent sur trois niveaux trophiques et sont régies par un grand nombre de stimuli chimiques impliquant les métabolites primaires et secondaires de défense des plantes hôtes, les phéromones d'agrégation sexuelles et d'alarme des ravageurs et de leurs auxiliaires parasitoïdes et prédateurs qui recherchent leurs proies pour se développer et survivre [135].

4.1. Le régime phytophage

Les stratégies d'acquisition et d'allocation des ressources alimentaires influencent de façon importante le fitness des insectes en jouant sur leur développement, leur fertilité, leur fécondité et leur comportement [136] [137]. Près de la moitié d'entre eux sont phytophages [138], c'est-à-dire qu'ils exploitent des plantes pour compléter leur cycle de développement. Chaque insecte phytophage a sa propre gamme d'hôtes mais une très grande majorité d'entre eux (plus de 90 %) s'est spécialisée sur une ou quelques familles de plantes [139].

La majorité des espèces montre ainsi un degré important de spécificité dans le choix de la prise alimentaire en se développant sur des végétaux avec lesquels ils se sont adaptés, notamment en surmontant les défenses chimiques et physiques des plantes [136] [140] et sur les 25 taxons d'arthropodes terrestres, seulement 10

d'entre eux ont évolué vers la phytophagie partielle ou complète [140]. La proportion des différents acides aminés varie grandement entre les tissus des insectes et ceux des plantes alors que ces dernières sont plus pauvres en éléments azotés et en lipides. Cette différence entre les insectes et leur ressource alimentaire se reflète dans la faible biomasse assimilée et efficacement transformée en tissus de croissance. Malgré l'obstacle évident que représente la déficience en azote, les insectes ont développé une série de comportements et d'adaptations physiologiques pour augmenter au maximum l'assimilation de matières provenant des plantes [138].

4.2. Besoins nutritifs des insectes

La généralisation des besoins en éléments nutritifs est complexe en raison de la présence d'éventuels symbiotes capables de produire des éléments essentiels. De plus, chez les hétérométaboles, les exigences nutritives sont quasiment identiques chez la larve et l'adulte, alors qu'elles s'avèrent souvent totalement différentes chez les holométaboles [136].

4.3. Les protéines et les acides aminés

Les protéines ingérées par les insectes sont hydrolysées en petits peptides et en acides aminés par des enzymes protéolytiques dans le tube digestif et puis dans les cellules. Les petits peptides et les acides aminés importants pour la formation de glucose et la production d'énergie (sous forme d'ATP) via le cycle de Krebs [141] [142], sont généralement absorbés passivement à travers l'épithélium intestinal en présence de NaCl et de KCl qui stimulent la prise alimentaire de tyrosine et de méthionine [143].

4.4. La spécialisation trophique chez les insectes phytophages

Les insectes phytophages sont une source importante de stress pour les plantes, dès l'insertion de leurs stylets dans les tissus végétaux, les pucerons effectuent des prélèvements de contenu tissulaire qui leur permettent d'identifier les propriétés physico-chimiques de la plante et d'évaluer ainsi sa compatibilité alimentaire. Les plantes ont développé divers mécanismes de défense complexes et divers, dont la génération de barrières physiques, notamment chimiques. En fait, elles produisent des composés toxiques qui peuvent affecter la survie et la fertilité des insectes, réduire la digestibilité et agir comme répulsifs en réponse aux

Chapitre I : Synthèse bibliographique

pressions des herbivores et des insectivores, auxquelles elles sont exposées et qui provoque la diminution de la forme physique des plantes en raison de la perte d'organes reproducteurs et de la mort directe. En fait, elles produisent des composés toxiques qui peuvent affecter la survie et la fertilité des insectes, réduire la digestibilité et agir comme répulsifs pour les herbivores et les insectivores [144 ; 145 ; 146 ; 147 ; 148 ; 149]. Certains répulsifs peuvent également agir indirectement en favorisant l'attraction des ennemis naturels des herbivores [150 ; 151].

En parallèle, Afin de combattre ces barrières végétales, les insectes ont développé des stratégies en acquérant souvent des adaptations comportementales, métaboliques et génétiques en leur permettant la résistance aux systèmes de défense des plante généraliste ou spécialiste d'autres plantes. Certains chercheurs trouvent qu'éviter la production de composés végétaux toxiques [152] et les détoxifier [153] ou les lier sans les activer, peut parfois être une solution et vous donner un avantage sur les ennemis naturels [154] [155].

La spécialisation trophique des insectes phytophages a conduit au développement de la capacité à exploiter des signaux physiques (la taille, la forme et la couleur des plantes) et chimiques spécifiques des plantes au sein de leur gamme d'hôtes, qui peuvent donner aux insectes, des indices sur leur identité et leur emplacement, principalement à de grandes distances, permettant ainsi aux phytophages de reconnaître les plantes dans leur environnement [156] [157] [158]. Cependant, ces indices physiques sont moins spécifiques et peuvent évoluer dans le temps, même au sein d'une même espèce et chez un même individu [159] [160]. Il est donc généralement admis que ces signaux seuls ne permettent pas aux insectes de reconnaître les plantes hôtes [161]. Un signal majeur dans la reconnaissance et la sélection de l'hôte sont donc les composés produits par les plantes, en particulier les métabolites spécialisés, dont la distribution taxonomique réduite sert de marqueur d'appartenance à la famille ou l'espèce hôte [162][163].

Chapitre II

Matériel et Méthodes

Chapitre II : Materiel et Méthodes

Notre travail a pour but de connaître le cycle biologique de la cochenille du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.), les périodes d'infestation et l'impact des facteurs climatiques et physicochimique sur la dynamique saisonnière des populations de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* dans les régions de Chréa, Theniet Elhad et Tikjda. Ce travail est une continuité de mon travail de master en 2017.

1. Présentation des stations d'étude

1.1. Situation géographique

1.1.1. Station de Chréa

A 1560 m d'altitude, la station de Chréa se situe dans le parc national de Chréa qui est une aire protégée et qui s'étale sur une superficie de 26587 Ha le long des parties centrales de la chaîne de l'Atlas Tellien (Fig. 10), comprises entre les latitudes Nord $36^{\circ}19'/36^{\circ}30'$ et les longitudes Est $2^{\circ}38'/36^{\circ}02'$. Elle se situe à 50km au Sud-est d'Alger. Elle s'étend entre $36^{\circ} 25' 32''$ Nord et $2^{\circ} 52' 36''$ Est [134].

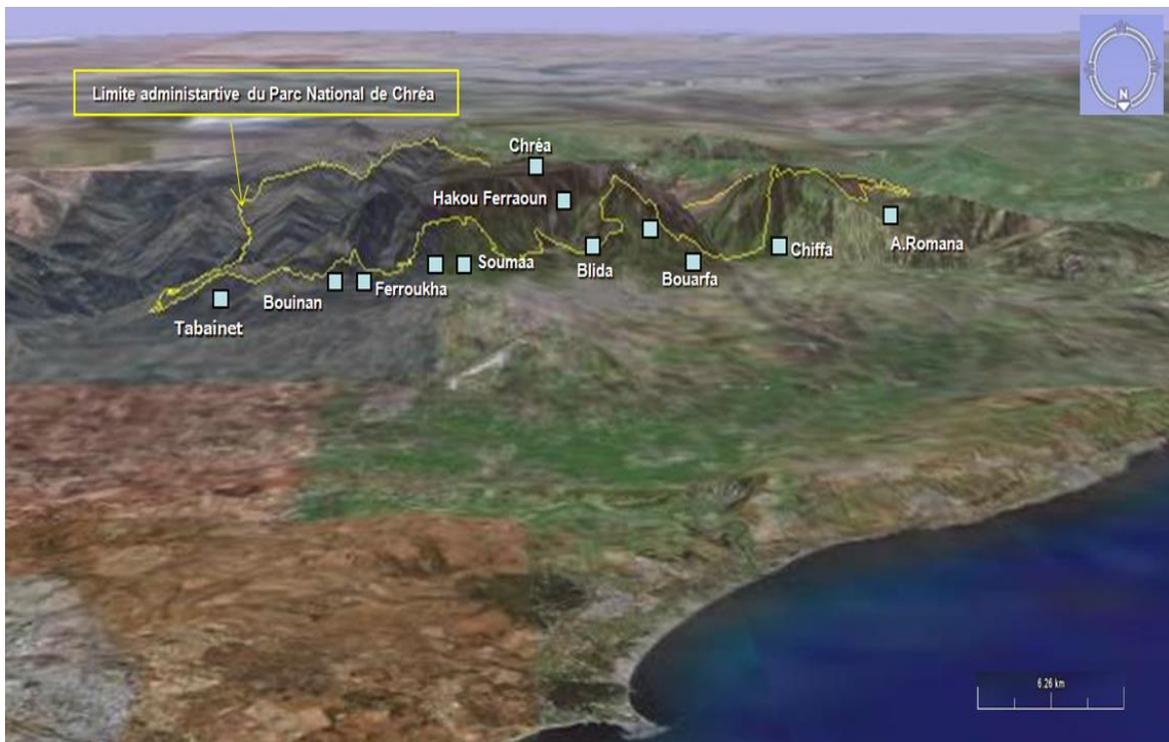


Figure 10: Carte de localisation régionale du Parc national de Chréa [164]

1.1.2. Station de Theniet Elhad

L'étude se situe dans la cédraie naturelle de Theniet El Had (Figure 11) d'une superficie d'environ de 3424 ha. C'est l'unique cédraie occidentale, offrant des curiosités botaniques intéressantes, telles que le mélange unique du cèdre et de pistachier de l'Atlas. C'est également le seul endroit dans le pourtour méditerranéen où le chêne liège monte à plus de 1600 m [165]. Ce milieu forestier constitue l'un des 22 zones importantes pour les plantes algériennes, qui héberge des espèces à haute valeur patrimoniale [38].

Sur le versant Nord du parc, plus froid et plus humide, le cèdre de l'Atlas occupe 2/3 des peuplements forestiers ; tandis que le versant Sud, le plus chaud, présente 3/5 du taux de recouvrement du cèdre dans ce massif forestier. Ce versant est plus exposé aux incendies. Sur le versant Ouest du parc, nous notons une faible étendue du peuplement de cèdre [116].

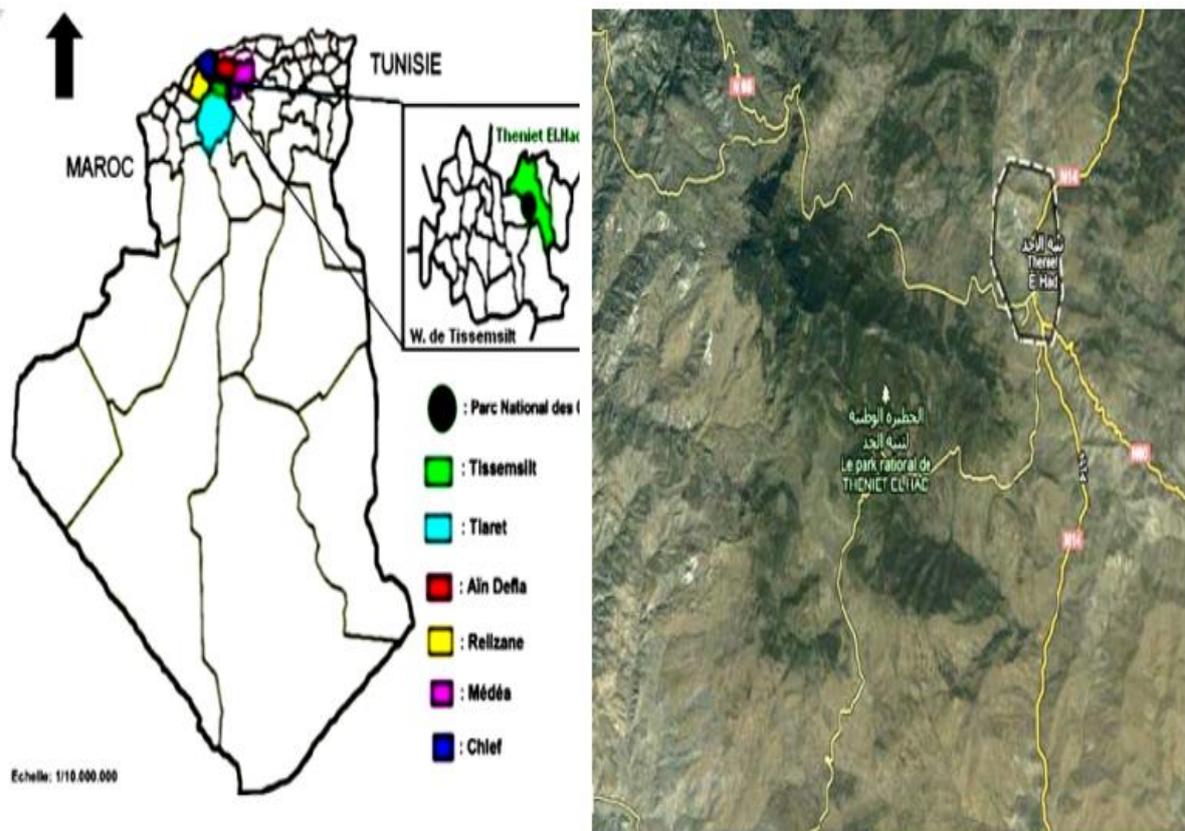


Figure 11: Carte de la situation géographique et satellitaire du parc national de Thniet Elhad [38]

1.1.3. Station de Tikjda

Le Parc National du Djurdjura est situé au Nord de l'Algérie, dans la région de la Kabylie, à 140 Km au Sud-est d'Alger. La capitale et à 50 Km parallèlement de la mer méditerranéenne tout en intégrant une portion de l'Atlas tellien. Il chevauche entre la wilaya de Tizi-Ouzou au Nord et de la wilaya de Bouira au Sud (Fig. 12). Il est cantonné entre les latitudes et longitudes suivantes : $-36^{\circ}25'42''$ et $36^{\circ}32'02''$ Nord, $03^{\circ}57'23''$ et $04^{\circ}19'43''$ Est du méridien Greenwich [166]. D'une superficie de 18.550 hectares, le Parc National du Djurdjura a été créé par le décret présidentiel n° 83-460 du 23 Juillet 1983. Les limites sont naturelles à l'exception de sa partie orientale délimitée par la route nationale n°15.

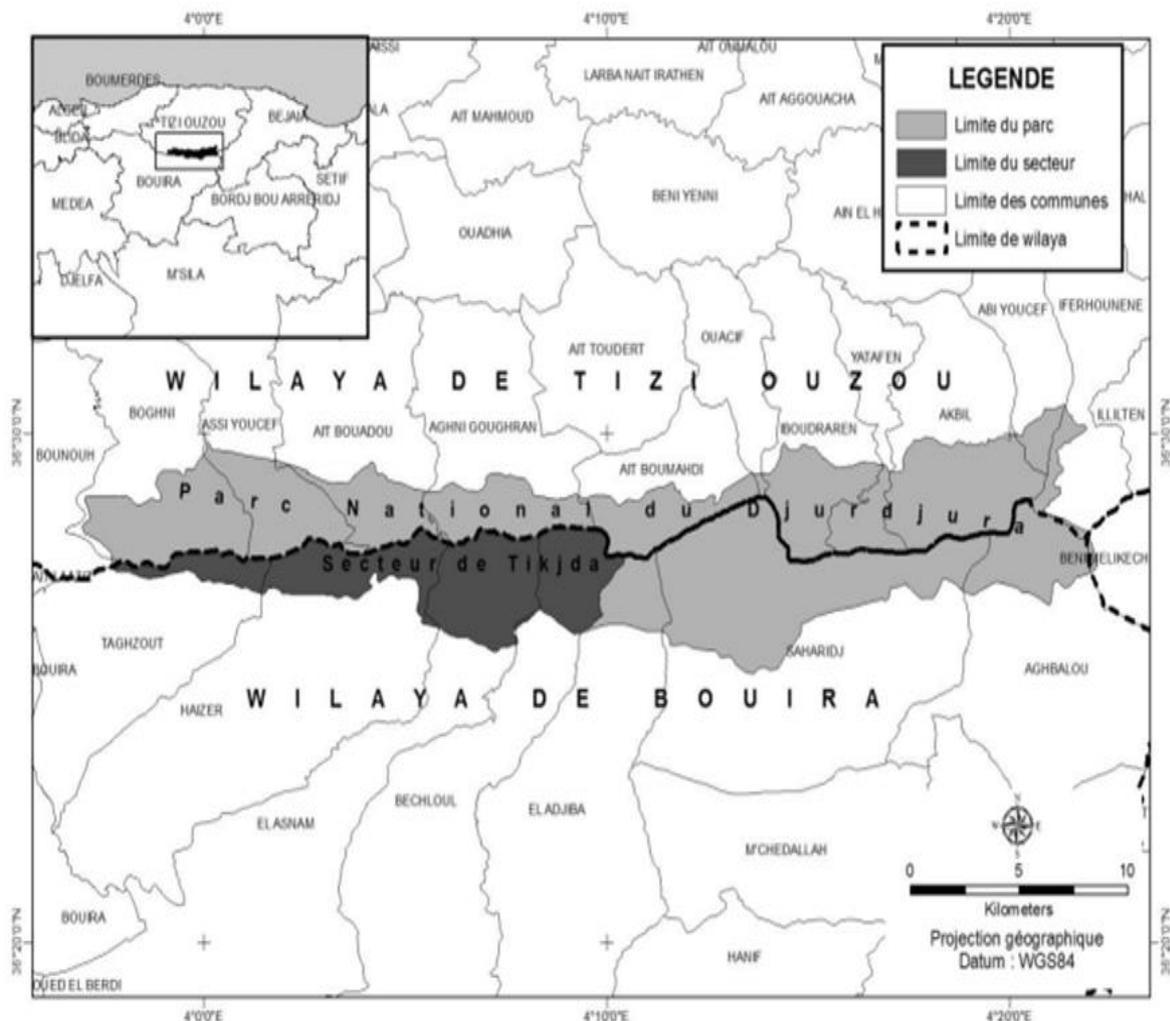


Figure 12: Carte de localisation du site de Tikjda (Parc national du Djurdjura) [167]

1.2. Climat des zones d'étude

Le climat représente un des facteurs du milieu les plus importants qui est étroitement lié à l'équilibre, le maintien et la répartition des êtres vivants [168]. En effet, il est utile de connaître les quantités des précipitations, les températures, les différents facteurs climatiques (gelée, neige, vent) et la durée de la saison sèche, pour avoir une idée précise sur le climat de la région.

La quantité annuelle des précipitations est l'un des paramètres clés dans la caractérisation du climat [169]. L'installation et la répartition de la végétation ne dépend pas seulement du total annuel des précipitations, mais également de la répartition des pluies au cours de l'année [170].

D'après Halimi [83], le facteur thermique dans la zone méditerranéenne est moins important que le facteur eau. Cependant ce paramètre climatique agit directement sur la répartition géographique des espèces. Il convient de noter que très souvent, ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui jouent un rôle décisif

La température est un facteur climatique important. Elle possède un effet direct sur la végétation. En revanche les températures extrêmes jouent un rôle très important dans la distribution géographique des espèces végétales. Le gradient altitudinal thermique établi par Seltzer [171], pour la moyenne des températures du mois le plus froid « m » est de $-0.4^{\circ}/100\text{m}$. La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M », il est de l'ordre de $-0.7^{\circ}/100\text{ m}$.

Selon Meddour en 2010 [59], il y a eu une réduction de $0,41^{\circ}\text{C}$ par 100 m d'élévation altitudinale pour la moyenne des températures minimales et de $0,78^{\circ}\text{C}$ par 100m d'élévation altitudinale pour la moyenne des maximales.

L'absence des stations météorologiques au sein des parcs nationaux, nous a obligés à recourir à des extrapolations des données à partir des stations voisines. Dans notre cas et afin de caractériser le climat de nos régions d'étude, nous avons utilisé les données climatiques de la station de Médéa pour le site de Chrea, les données utilisées sont celles de Lahreche et Khenafif [172 in 173] (tableau 4) qui ont procédé à une correction des données climatiques (température et pluviométrie), les données de la région de Tiaret (2001-2012) (tableau 5) pour la station de Thniet ElHad [38], et

Chapitre II : Materiel et Méthodes

les données climatiques de la station de Bouira localisée sur le même versant, à 555 m d'altitude, pour une période de 20 ans (1990 à 2009) ; pour le site de Tikjda (tableau 6).

1.2.1. La station de Chréa :

Tableau 4 : moyenne des température et précipitations au niveau du PNC (2000-2014)

| Mois | Jan | Fév | Mars | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc |
|----------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moyenne P (mm) | 101,6 | 90,5 | 74,0 | 76,4 | 65,4 | 10,9 | 4,1 | 6,8 | 40,4 | 51,4 | 115,0 | 109,5 |
| Moyenne T (°C) | 4,96 | 5,21 | 8,32 | 10,85 | 15,04 | 20,94 | 24,65 | 24,28 | 19,41 | 15,66 | 9,24 | 5,82 |

L'évolution des précipitations mensuelles moyennes de la station de Theniet Elhad de la période entre 2000 et 2014, révèle une irrégularité des précipitations tout au long de l'année. Cela est bien indiqué par des précipitations avoisinant les 115 mm pour le mois de novembre comme maximum. Le minimum des précipitations est enregistré en été, au cours du mois de juillet, avec seulement 4.1 mm. Cette irrégularité peut influencer la faune et la flore sur place.

Les moyennes mensuelles de température (tableau 4) entre 2000-2014 varient de 4.96 °C à 9.24 °C pendant la période hivernale, tandis que celles de la période estivale varient entre 20.94 °C et 24.65 °C.

1.2.2. La station de Theniet ElHad

Tableau 5: moyenne des températures et des précipitations moyennes mensuelles de la station de Theniet ElHad (en mm) (période 2001-2012) [38].

| Mois | Jan | Fév | Mars | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc |
|----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Moyenne P (mm) | 50,7 | 56,5 | 36,2 | 58,8 | 42,9 | 12,4 | 4,7 | 12,9 | 53,2 | 55,7 | 52,9 | 56,8 |
| Moyenne T (°C) | 4,70 | 5,20 | 8,40 | 10,50 | 14,60 | 21,20 | 25,30 | 24,90 | 19,80 | 15,50 | 8,80 | 5,40 |

L'évolution des précipitations mensuelles moyennes de la station de Theniet Elhad de la période entre 2001 et 2012, révèle une période pluvieuse qui s'étend de

Chapitre II : Materiel et Méthodes

septembre à Mai ($P > 40$ mm) avec un maximum de 58.8 mm en Avril. Tandis qu'au cours de la période sèche (entre juin et aout) la pluviométrie est inférieure à 12.9 mm dans la zone d'étude. Le mois de juillet est le plus sec de toute l'année avec une valeur de 4.7 mm.

Les moyennes de températures mensuelles maximales et minimales en °C de la zone de Theniet Elhad sont données pour une période de 10 ans, de 2001 à 2012, tableau(5). La moyenne des températures mensuelles maximales du mois le plus chaud en juillet varie de 34.0 °C à 34.8 °C. La moyenne des températures maximales du mois le plus froid en janvier est de – 0.2 °C. L'amplitude thermique qui est l'écart entre les moyennes mensuelles des températures maximales et minimales, est relativement importante et enregistre une valeur de 20.6 °C dans la zone d'étude [Annexe 1].

1.2.3. La station de Tikjda :

Tableau 6: moyenne des températures et des précipitations mensuelles de la station de Tikjda (en mm) (période 1990-2009) [174].

| Mois | Jan | Fév | Mars | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc |
|----------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Moyenne P (mm) | 175,47 | 98,86 | 109,23 | 114,27 | 94,69 | 22,50 | 10,41 | 25,34 | 84,58 | 83,65 | 130,63 | 169,85 |
| Moyenne T (°C) | 2,80 | 3,60 | 6,16 | 8,23 | 9,38 | 11,20 | 12,01 | 11,57 | 9,24 | 7,68 | 5,99 | 8,31 |

Selon Seltzer [171], le gradient altitudinal des précipitations est de 64mm par 100m d'altitude, au-delà de 1000 m d'altitude, pour le versant sud du Djurdjura. La différence altitudinale entre la station de Bouira (555 m) et celle de Tikjda (1500 m) est de 945 m. La valeur estimée de la pluviométrie annuelle pour la station de Tikjda est de 1119,5 mm. Janvier est le mois le plus pluvieux avec 175,47 mm, tandis que le mois le moins pluvieux est Juillet avec 10,41 mm.

L'examen du tableau (6) montre que les mois les plus froids sont Décembre, Janvier et Février avec des températures minimales inférieures à 2 °C. Les mois les plus chauds sont Juin, Juillet et Août avec des températures maximales allant de 24 à 27°C. Il ressort aussi que pendant 6mois (Novembre à Avril), la température

Chapitre II : Materiel et Méthodes

moyenne mensuelle est inférieure à la température moyenne annuelle (11,51 °C). Ceci divise l'année en deux saisons distinctes : une saison froide et une saison chaude. L'amplitude thermique annuelle extrême est de 27,81° C. Selon la classification de Debrach en 1953, notre zone d'étude correspond au climat de type semi-continental ($25^{\circ}\text{C} < M - m < 35^{\circ}\text{C}$) [Annexe 2].

1.3. Situation bioclimatique des stations d'étude

1.3.1. Quotient pluviothermique d'Emberger

Pour caractériser un climat, Emberger (1952) [175] a établi un quotient pluviothermique, simplifié par Stewart (1969) [59], dont l'expression est la suivante :

$$Q2 = 3.43 [P / (M - m)]$$

Q2 : Quotient pluviothermique

P : Pluviosité moyenne annuelle exprimée en (mm).

M : Moyennedes maximas du mois les plus chauds exprimés en °C (degré Celsius).

m : Moyenne des minimas du mois le plus froid exprimée en °C (degré Celsius).

Tableau 7: Synthèse climatique des régions d'étude

| Station | Chróa | T/Elhad | Tikjda |
|-----------|------------|------------|--------|
| P (mm) | 746 | 493,7 | 1119,5 |
| m (°C) | 5 | -0,2 | 0,09 |
| M (°C) | 25 | 34 | 27,9 |
| Q2 | 129,95 | 49,5 | 138 |
| Bioclimat | Sub-humide | Semi-aride | Humide |

En reportant les valeurs de Q2 et de m (température minimale) sur le climagramme d'Emberger, nous remarquons que la station de chrea est situé dans l'étage bioclimatique Sub-humide dont le quotient pluviothermique est de l'ordre de 129.95, variante à hiver frais à 1550 m, Theniet Elhad est situé dans l'étage bioclimatique Semi-aride (Q2=49.5), variante à hiver froid à 1407 m et Tikjda est située dans

l'étage bioclimatique humide (Q2= 138) à hiver frais , variante à hiver frais à 1500 m (figure 13)

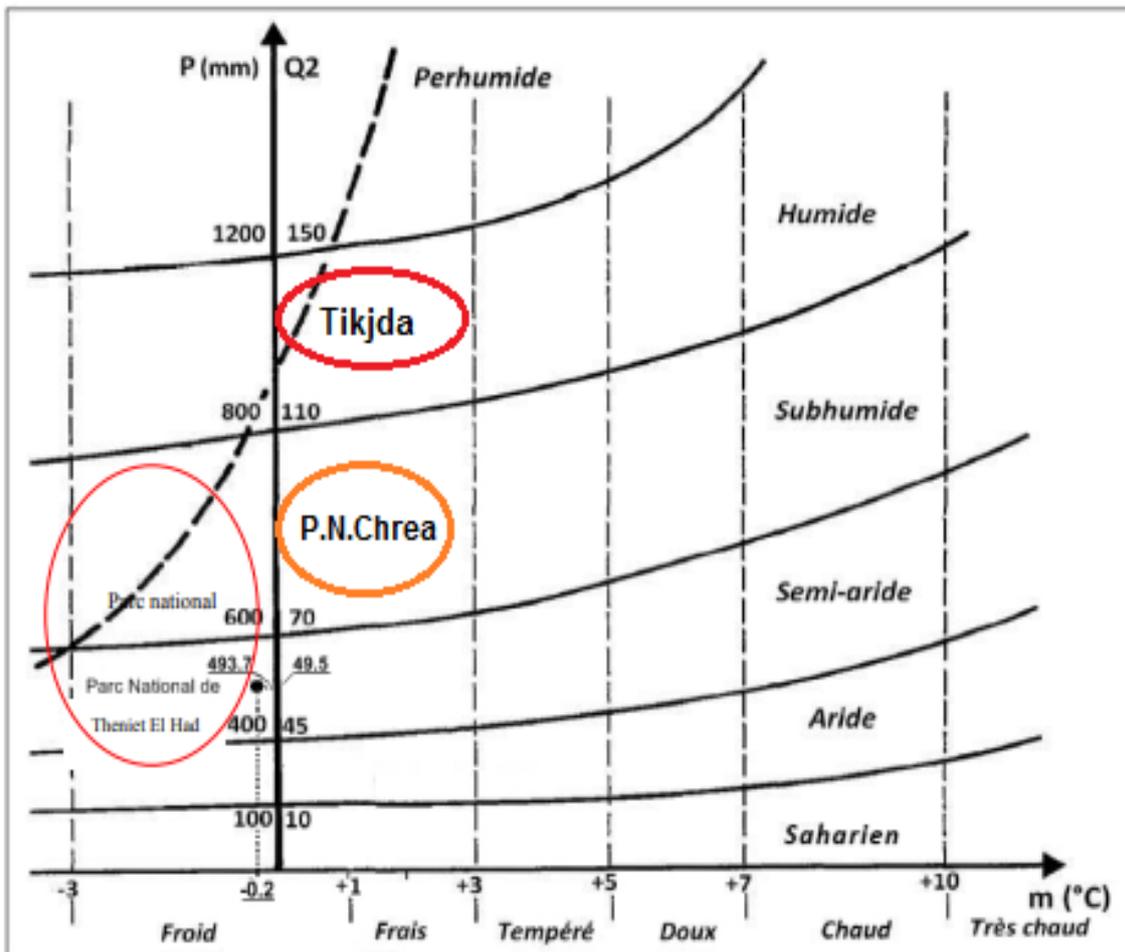


Figure 13: Climagramme d'Emberger des trois stations d'étude

1.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le type de climagramme le plus répandu est sans doute celui conçu par Bagnouls et Gaussen [176]. Il permet une visualisation de la durée et de l'intensité de la saison sèche. Ce diagramme climatique montre ainsi la durée de la période défavorable à la croissance des végétaux et présente une signification écologique précise. Le mois biologiquement sec est le mois où le total des précipitations « P » exprimé en mm, est égal ou inférieur au double de la température moyenne « T » du mois, exprimée en degré centigrades.

$$P = 2T$$

Le croisement de la courbe des précipitations et celle des températures délimite la période de sécheresse.

1.3.2.1. Station de Chréa

Le diagramme ombrothermique établi pour la station de Chréa détermine une saison sèche qui s'étale sur deux mois et demi (mi- juin, juillet, Août). Le massif de Chréa révèle une saison sèche de trois mois et demi à 1550 m sur le versant sud, pour le massif de Chréa (Fig. 14)

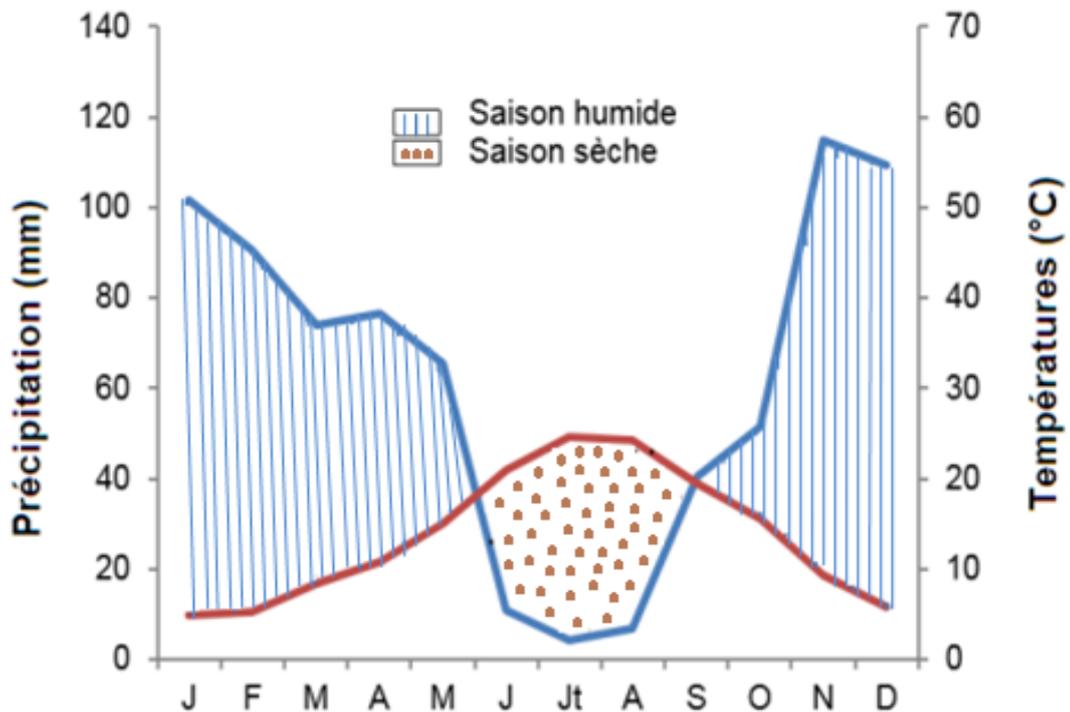


Figure 14: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse pendant la période (2000-2014)

1.3.2.2. Station de Theniet ElHad

Le diagramme ombrothermique établi pour la station de Theniet Elhad (figure 15) détermine une saison sèche qui s'étale sur trois mois et demi (fin mai, juin, juillet, Août, mi-septembre).

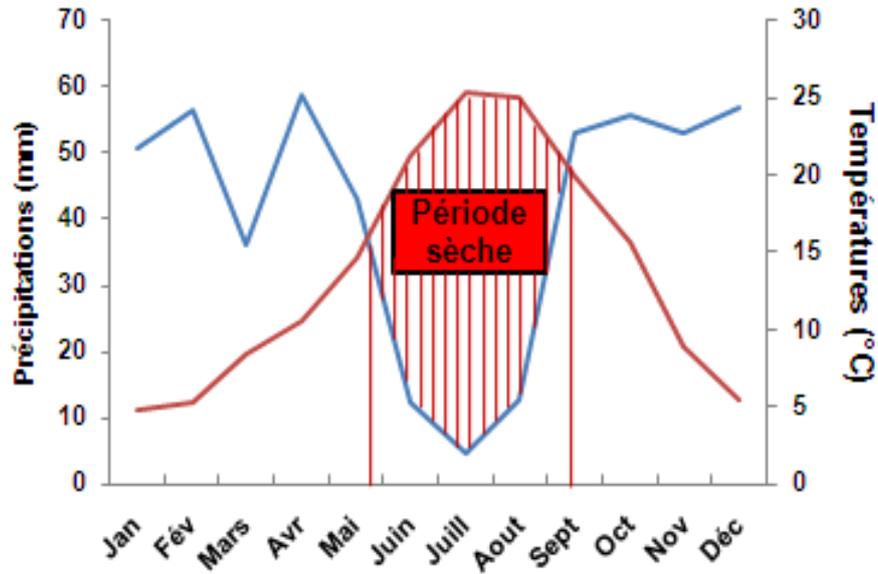


Figure 15: Le diagramme ombrothermique (Theniet Elhad 2001-2012)

1.3.2.3. Station de Tikjda

Le diagramme réalisé pour la station de Tikjda (figure 16), montre que la période sèche s'étale sur une période de trois mois, du mois de Juin jusqu'au mois d'Août (figure 16). Meddour en 2010 [59] a signalé qu'au-delà de cette altitude (> 1 500 m), la période de sécheresse serait de moins de 3 mois.

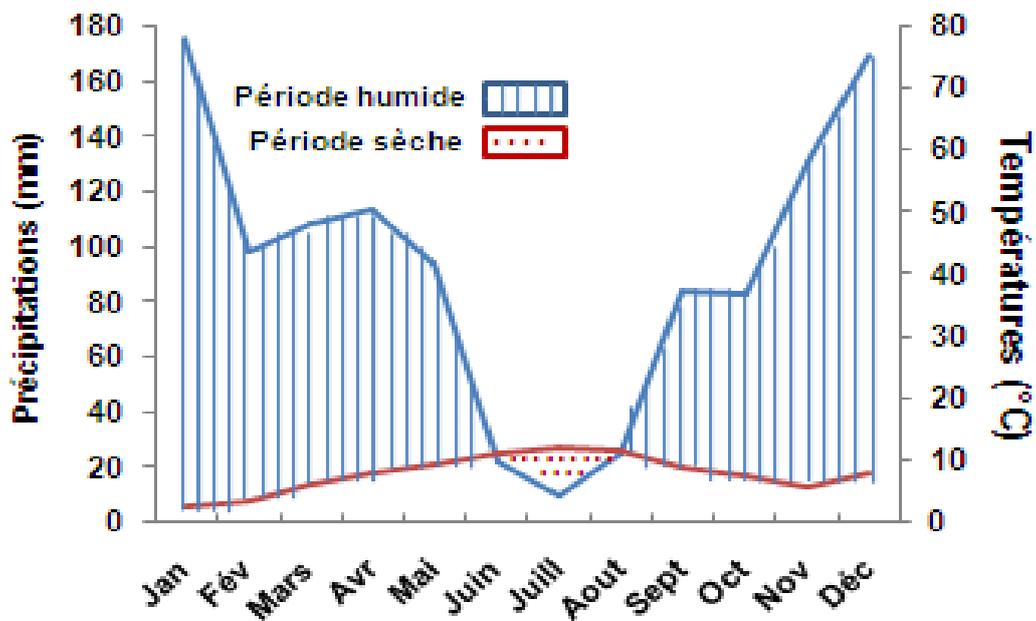


Figure 16: Le diagramme ombrothermique (Tikjda 1990-2009)

2. Matériel

2.1. Matériel biologique végétal (*Cedrus atlantica* Man.) :

Les plants de Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Man. (Figure 17) sur lesquels nous avons réalisé le suivi des variations saisonnières de la cochenille des aiguilles *Dynaspidiotus regnieri* sont âgés d'environ 10 à 15 années et d'une hauteur de 1 mètre 50 à 2 mètres 50.



Figure 17: Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) (Original, 2019)

2.2. Matériel biologique animal (*Dynaspidiotus regnieri*):

La cochenille *Dynaspidiotus regnieri* est une Diaspididae opophage reconnu pour ses infestations sporadiques à l'état larvaire et adulte (Figure 18, 19, 20) a fait l'objet de l'étude que nous avons réalisé sur sa disponibilité temporelle dans les régions de Chréa, ThenietElhad et Tikjda.

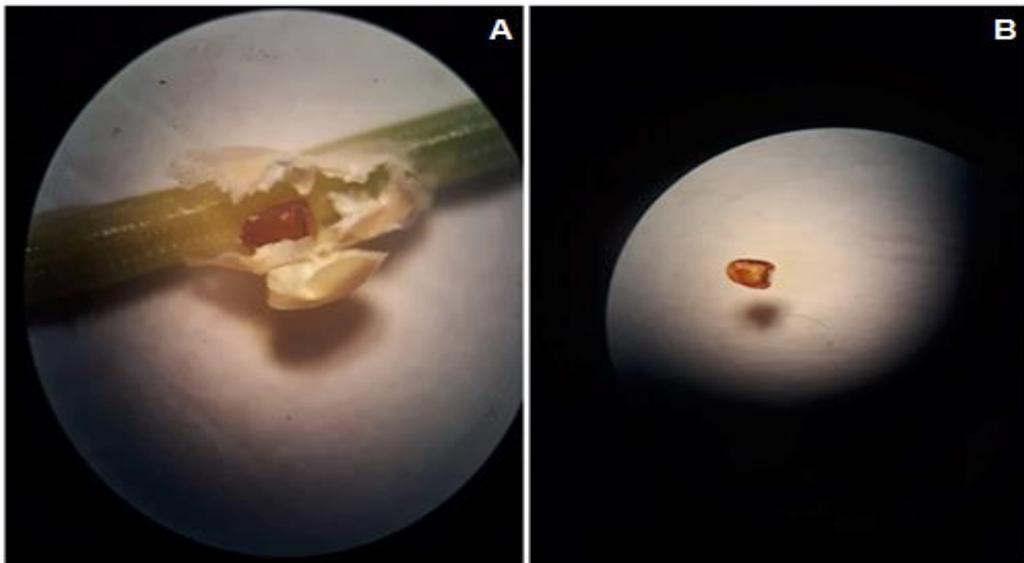


Figure18: La Femelle de la cochenille du cèdre *Dynaspidiotus regnieri* (A et B)
(Originale, 2019)

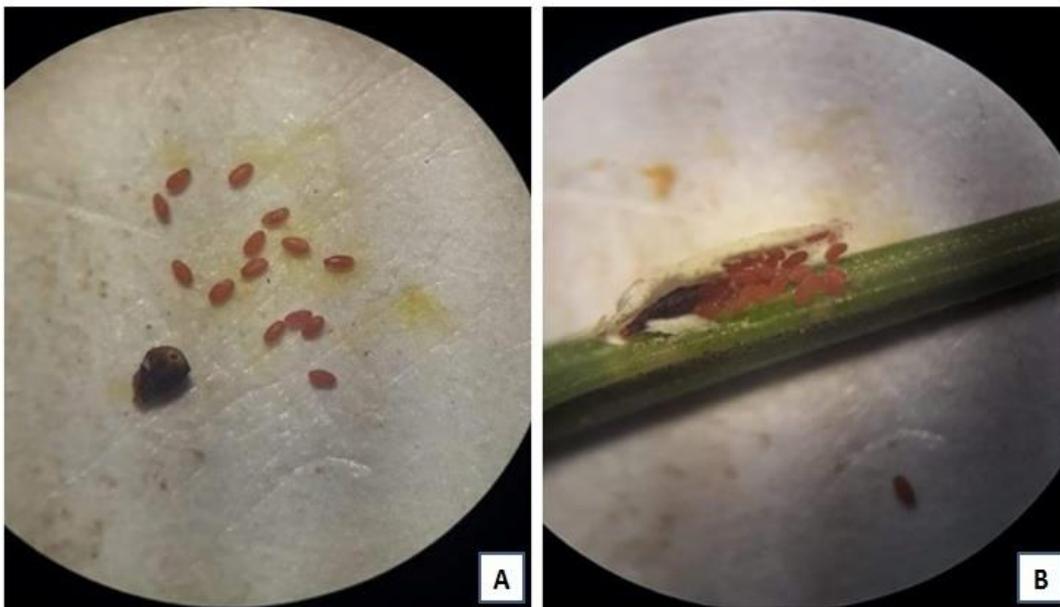


Figure 19: La cochenille du cèdre *Dynaspidiotus regnieri* (Originale, 2019)
(A) et (B)



Figure 20: La cochenille du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* (Originale, 2019)
Bouclier (A) et Larve de 2^{ème} stade (B)

3. Méthodologie de travail

3.1. Méthodes d'échantillonnage :

Le suivi de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* a été réalisé par deux techniques : la première correspond à des prélèvements des aiguilles du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) pour suivre les différents stades de développement de la cochenille *D. regnieri*. La deuxième technique consiste à l'installation des pièges jaune englués pour inventorier l'entomofaune associée au cèdre de l'Atlas dans les trois sites d'étude

Nous avons réalisé, chaque quinzaine, une sortie sur terrain et durant la période qui s'étale du mois de janvier 2019 au mois de décembre 2019, deux sorties par mois en été effectuées. Dix arbres âgés de 10 à 15 ans (jeunes arbres) ont été choisis systématiquement et numérotés. La distance séparant deux arbres est de vingt pas. Deux rameaux d'une vingtaine de centimètres (20 cm) aux différentes positions ont été prélevés avec un sécateur et sont conservés dans des sachets en plastique avec des étiquettes en mentionnant la date du prélèvement, le lieu, numéro d'arbre, l'exposition). Dans le but de rechercher les suceurs de sève (la cochenille *Dynaspidiotus regnieri*) pour le dénombrement des différents stades de développement de la cochenille *D. regnieri* au laboratoire.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Le comptage des cochenilles est effectué sous loupe binoculaire sur une longueur de 20 centimètres après avoir éliminé les parties les plus jeunes des rameaux.

Un inventaire de l'entomofaune des stations d'étude a été établi à travers la méthode des pièges jaunes englués. Nous avons délimité une surface d'un hectare où nous avons placé deux pièges jaunes avec une distance de séparation d'une dizaine de mètres. La récupération et le renouvellement des pièges sont effectués après 15 jours de leurs dépôts du mois de mars jusqu' au mois de Décembre 2019. Ils sont installés dans l'orientation Est et Sud-est de la canopée des arbres à hauteur d'homme [16]. Après la récupération, chaque piège est entouré par un film plastique transparent et sur lequel on note les coordonnées suivantes (date d'installation, date de récupération).



Figure 21: installation des pièges jaunes englués (Originale, 2019)

L'identification des espèces inventoriées nécessite toujours l'utilisation d'une loupe binoculaire et des clés de déterminations spécifiques. L'identification de certaines espèces entomologiques a été faite par Dr SAHRAOUI L. de l'ENSA.

3.2. Avantages et inconvénients des pièges jaunes englués

L'emploi de la méthode des pièges jaunes englués est facile à mettre en œuvre par rapport aux autres méthodes de piégeage car elle ne nécessite pas beaucoup de matériels. Elle est facile à appliquer et permet d'obtenir des résultats qui peuvent être exploités par différents indices écologiques et techniques statistiques.

L'inconvénient de cette méthode est lié à la destruction des pièges par des animaux sauvages (singe). Les insectes ailés de l'ordre des Diptères et des Lépidoptère sont toujours en mauvais état et parfois abimés ; cela pose un problème dans l'identification des espèces.

3.3. Analyse physico-chimique des aiguilles :

3.3.1. Teneur en eau :

100 g d'aiguilles du cèdre de l'Atlas des expositions versants Nord et Sud des stations de Chréa et Theniet Elhad sont mis à sécher à 90°C pendant 48 heures à l'étuve. La différence entre le poids initial des aiguilles (100g) et le poids après séchage détermine le poids ou la teneur en eau. Les aiguilles séchées sont conservées -15°C dans des sachets étiquetés portant la date, le poids sec, la station et exposition pour le dosage des acides aminés et proline.

3.3.2. Extraction des acides aminés solubles et de la proline :

Les échantillons d'aiguilles du cèdre de l'Atlas conservés -15°C sont utilisés pour l'extraction des acides aminés solubles d'après la méthode décrite par Naidu 1998 [177] qui consiste à prélever 50 mg d'échantillon qui sont placés dans des tubes de centrifugation contenant 5 ml d'un mélange (méthanol, chloroforme, eau) (60 ; 25 ; 15 ml). Les tubes scellés sont chauffés au bain marie à 60°C durant 02 heures et centrifugés à 5000 G pendant 10 mn. Le surnageant sert ensuite aux dosages des acides aminés solubles et de la proline.

3.3.3. Dosage des acides aminés solubles :

Un (01) millilitre de solution tampon acide acétique /acétate de sodium (pH= 4,3) et 1 ml de Ninhydrine (5% dans l'éthanol) ont été additionnés à 1ml de surnageant. Les échantillons ont été agités puis chauffés au bain marie à 95°C pendant 15 mn. L'absorbance des essais a été déterminée à 570nm. Une courbe

Chapitre II : Matériel et Méthodes

étalon a été réalisé à partir d'une solution mère de leucine à 5 nmoles préparée dans l'eau distillée pour des valeurs comprises entre 0 et 200 nmoles de leucine. Les résultats ont été exprimés en μ moles d'équivalents leucine/g M.F.

3.3.4. Dosage proline :

La proline est déterminée par une méthode développée par Singh 1973 [178] qui consiste à prendre 1 ml de surnageant, 4 ml de solution de Ninhydrine, 4 ml d'acide acétique glacial et 1 ml d'eau distillée qui sont placés dans des tubes de centrifugation de 10 ml. Ce mélange est chauffé au bain marie à 90°C pendant 45 mn et refroidi à la température ambiante. L'absorbance a été lue à 520 nm. Les résultats sont lus selon la courbe étalon de Proline.

4. Analyse statistiques des données

Les résultats présentés sous forme de courbes réalisées par un logiciel Excel représentent les ravageurs opophages du cèdre de l'Atlas.

4.1. Analyses multivariées (PASTvers.1.37, Hammer *et al.*, 2001)[179] :

Dans le cas de variables qualitatives de type présence absence, ou de variables semi quantitatives (indices de recouvrement, abondances moyennes), nous avons eu recours à une A.F.C. (Analyse factorielle des Correspondances). La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur les premiers axes, de telle sorte que plus de 50% de la variance cumulée soit observée. La distance euclidienne des points a été prise en compte avec le logiciel PAST.

4.2. Test cross corrélation (Logiciel PAST 2,11; Hammer *et al.*, 2001) :

Les analyses de corrélation sont faites sur des valeurs homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de corrélation. La signification des comparaisons des valeurs a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9 et le logiciel Minitab vers. 19.1.

Chapitre II : Materiel et Méthodes

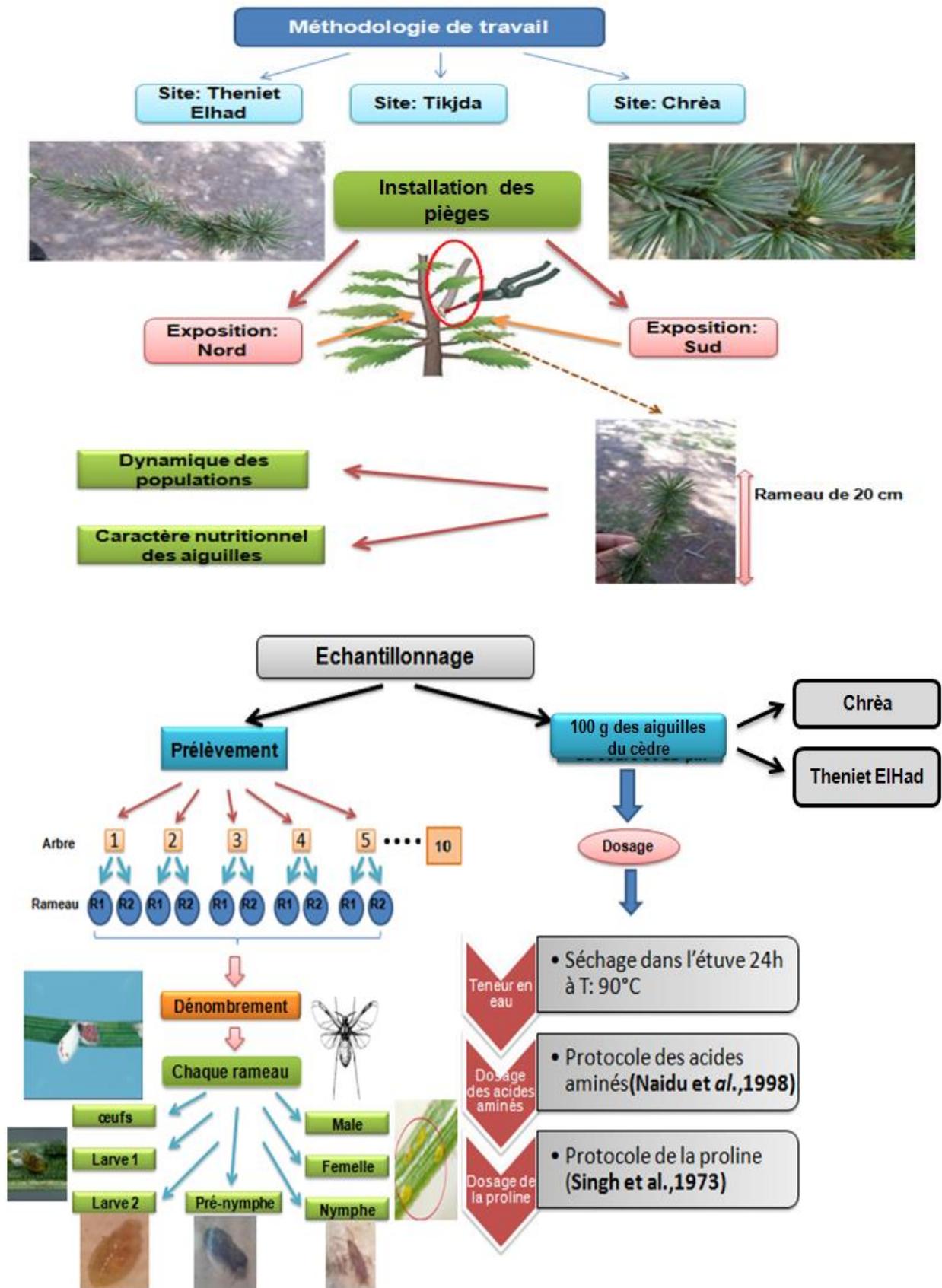


Figure 22: schéma récapitulatif de la méthodologie de travail

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous allons présenter les principaux résultats de notre étude réalisée, dans une première partie, sur l'entomofaune associée au Cèdre et dans une autre partie sur la cochenille *Dynaspidiotus regnieri*, dans le parc national de Chréa (Blida), Theniet Elhad (Tissemsilt) et Tikjda (Bouira).

1. Résultats

Les résultats de cette étude tendent à connaître dans un premier temps l'entomofaune associée au Cèdre de l'Atlas dans les régions d'étude (Chréa, Theniet Elhad et Tikjda), et à étudier dans un deuxième temps le cycle biologique, les infestations saisonnières de la cochenille ainsi que de mettre en évidence les interactions des facteurs climatiques (températures maximale, minimale, humidité relative de l'air) sur le comportement de la cochenille du Cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri* dans les régions de Chréa, Tikjda et Theniet Elhad.

1.1. Aperçu global sur l'entomofaune associée au Cèdre de l'Atlas dans les régions d'étude

Le tableau (8) englobe les taxons identifiés (genre et espèce) recensés dans les trois stations d'étude (Chréa, Theniet Elhad et Tikjda).

Tableau 8 : L'inventaire global des espèces ravageurs et leurs ennemis

| Ordres | Familles | Genres et espèces | Statut trophique |
|------------|-----------|---|------------------|
| Homoptères | Aphididae | <i>Acyrthosiphum pisum</i> | Phy |
| | | <i>Aphis fabae</i> | Phy |
| | | <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 | Phy |
| | | <i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877 | Phy |
| | | <i>Brachycaudus helichrysi</i> Kaltenbach, 1843 | Phy |
| | | <i>Chaitophorus</i> sp | Phy |
| | | <i>Hyperomyzus lactucae</i> | Phy |
| | | <i>Lypaphis erysimi</i> Kaltenbah c1843 | Phy |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | | |
|---------------|---------------|---|-----|
| | | <i>Hoplocallis pictus</i> | Phy |
| | | <i>Therioaphis trifolii</i> | Phy |
| | Aleyrodidae | <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius, 1889 | Phy |
| | Psyllidae | <i>Glycaspis brimblecombei</i> Moore, 1964 | Phy |
| | | <i>Blastopsylla occidentalis</i> Taylor, 1985 | Phy |
| | | <i>Trioza sp</i> | Phy |
| | | <i>Pariaconus nigricapitus</i> Crawford, 1918 | Phy |
| Hémiptères | Anthocoridae | <i>Anthocoris nemoralis</i> Linnaeus, 1761 | Pré |
| | Pyrrhocoridae | <i>Pyrrhocoris apterus</i> Linnaeus, 1758 | Pré |
| | Miridae | <i>Miridae sp</i> | Pré |
| | Pentatomidae | <i>Graphosoma italicum</i> | Phy |
| | Cicadellidae | <i>Cicadellidae sp</i> | Phy |
| | Diaspididae | <i>Dynaspiditus regnieri</i> (Balakchowsky, 1928) | Phy |
| Névroptères | Chrysopidae | <i>Chrysoperla carnea</i> Stephens, 1836 | Pré |
| | | <i>Chrysopa vulgaris</i> Schneider, 1851 | Pré |
| Thysanoptères | Triptidae | <i>Thrips tabaci</i> Lindeman 1889 | Phy |
| | | <i>Gynaikothrips ficorum</i> Marchal, 1908 | Phy |
| | | <i>Aelothrips fasciatus</i> Linnaeus 1758 | Phy |
| | | <i>Frankiniella occidentalis</i> | Phy |
| Diptères | Cecidomyiidae | <i>Holoneurus marginatus</i> | Phy |
| | Agromyzidae | <i>Agromyzidae sp</i> | Phy |
| | Chloropidae | <i>Chlorops calceatus</i> Meigen, 1830 | Phy |
| | | <i>Thaumatomyia sp</i> | Phy |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | | |
|--------------|--|---|-----|
| | Muscidae | <i>Musca domestica</i> Linnaeus, 1758 | Phy |
| | Calliphoridae | <i>Calliphora sp</i> | Phy |
| | Phoridae | <i>Phoridae sp</i> | Phy |
| | Sciaridae | <i>Sciaridae sp</i> | Phy |
| Lépidoptères | <i>Geometridae</i> | <i>Clytia sp</i> | Phy |
| Coléoptères | Coccinellidae | <i>Clitostethus arcuatus</i> Rossi, 1794 | Pré |
| | | <i>Stethorus punctillum</i> Weise, 1891 | Pré |
| | | <i>Coccinella septempunctata</i> | Pré |
| | | <i>Harmonia axyridis</i> | Pré |
| | | <i>Adalia decimpunctata</i> | Pré |
| | | <i>Scymnus (Pullus) subvillosus</i> Goeze, 1777 | Pré |
| | | <i>Nephus peyerimhoffi</i> Sicard, 1923 | Pré |
| | | <i>Nephus quadrimaculatus</i> | Pré |
| | | <i>Oenopia lyncea</i> | Pré |
| | | <i>Hippodamia variegata</i> Goeze, 1777 | Pré |
| | <i>Exochomus anchorifer</i> Allard, 1870 | Pré | |
| | Tenebrionidae | <i>Tenebrionidae sp</i> | Phy |
| | | <i>Tribolium confusum</i> | Phy |
| | <i>Bruchidae</i> | <i>Bruchus sp</i> | Phy |
| | <i>Staphilinidae</i> | <i>Staphylin sp</i> | Pré |
| | <i>Cicindelidae</i> | <i>Cicindela campestris</i> Linnaeus, 1758 | Pré |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | | |
|--------------|---------------|--|------|
| | | <i>Harpalus sp</i> | Pré |
| | Carabidae | <i>Carabidae sp</i> | Pré |
| | | <i>Cantharis obscura</i> | Phy |
| | Cantharidae | <i>Cantharis paludosa</i> | Phy |
| | | <i>Cantharis sp</i> | Phy |
| | Bostrichidae | <i>Bostrichidae sp</i> | Phy |
| | Dermestidae | <i>Anthrenus verbasci</i> Linnaeus 1767 | Phy |
| | Curculionidae | <i>Otiorhynchus sp</i> | Phy |
| | Buprestidae | <i>Anthaxia praeclara</i> | Phy |
| | | <i>Anthaxia sp</i> | Phy |
| Hyménoptères | Apidae | <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758 | Poli |
| | | <i>Aphidius colomani</i> | Par |
| | | <i>Aphidius matricariae</i> | Par |
| | Braconidae | <i>Aphitis sp</i> | Par |
| | | <i>Opius sp</i> | Par |
| | Andrenidae | <i>Andrena flavipes</i> Panzer, 1799 | Poli |
| | Halictidae | <i>Lasioglossum sp</i> | Poli |
| | Myrmaridae | <i>Myrmaridae sp</i> | Par |
| | Eulophidae | <i>Quadrastichus sp</i> | Par |
| | | <i>Pnigalio sp</i> | Par |
| | | <i>Eulophidae sp</i> | Par |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | | |
|--------------|--------------------|---|---------|
| | Megaspilidae | <i>Dendrocerus carpenteri</i> | Hy.para |
| | Diapriidae | <i>Trichopria sp</i> | Par |
| | | <i>Aclista sp</i> | Par |
| | | <i>Diapriidae sp</i> | Par |
| | Proctotrupidae | <i>Phaneroserphus coreanus</i> Kolyada, 2016 | Par |
| | Ichneumonidae | <i>Diaparsis sp</i> | Par |
| | | <i>Diadegma sp</i> | Par |
| | Pteromalidae | <i>Asaphes sp</i> | Hy.para |
| | | Pteromalidae sp | Hy.para |
| | Figitidae | <i>Alloxista vitrix</i> Westwood, 1833 | Hy.para |
| | Ceraphronidae | <i>Ceraphron sp</i> | Hy.para |
| | Aphelinidae | <i>Chalcidien sp</i> | Par |
| | Torymidae | <i>Megastigmus pinsapinis</i> Hoffmeyer, 1931. | Par |
| | Bethylidae | <i>Bethylus sp</i> | Par |
| | Encyrtidae | <i>Phaenoglyphus villosa</i> | Par |
| | | <i>Psyllaephagus sp</i> | Par |
| | | <i>Encyrtidae sp</i> | Par |
| | Platygastridae | <i>Telenomus sp</i> | Par |
| | Formicidae | <i>Tapinoma sp</i> | Omn |
| | | <i>Camponotus barbarius</i> | Omn |
| Psocodea | Elipsocidae | <i>Cuneopalpus cyanops</i> Rostock, 1876 | Phy |
| Total | 49 Familles | 93 Espèces | |

Dans un premier aperçu, les résultats de l'inventaire montrent qu'il y a une diversité très importante au niveau des trois sites d'étude.

1.2. Espèces inventoriées :

Il nous a paru intéressant de regrouper les espèces recensées par ordres et par familles, en fonction des sites d'étude où l'insecte a été localisé et mentionné le régime alimentaire de chaque espèce déterminée. Il est à souligner qu'un grand nombre d'espèces a été inventorié au cours de la période printanière. L'analyse de la liste des espèces montre que l'ordre des hyménoptères est représenté par trente et un (31) espèces réparties en dix-neuf (19) familles, les espèces de coléoptères répertoriées représentent un pourcentage de 22% de l'entomofaune totale (figure 22). Les Diptères rencontrés, comptent 08 espèces appartenant à sept familles qui sont les Cecidomyiidae, les Agromyzidae, les Chloropidae, les Muscidae, les Calliphoridae, les Phoridae et les Sciaridae représentent un pourcentage de 14%. Les Hémiptères représentent un pourcentage de 10% de l'entomofaune globale soit cinq (5) espèces du total réparties en cinq (5) familles (Anthocoridae, Pyrrhocoridae, Miridae, Pentatomidae, Cicadellidae). L'ordre des Homoptères est représenté par quinze (15) espèces réparties en trois (3) familles (Aphididae, Aleyrodidae, Psyllidae) avec un taux de 6% (Figure 23).

L'ordre des Névroptères, Thysanoptères et Psocodea ne sont représentés que par un taux de 2% de l'entomofaune globale. Les espèces énumérées pourraient être nuisibles si les conditions deviennent favorables à leur multiplication.

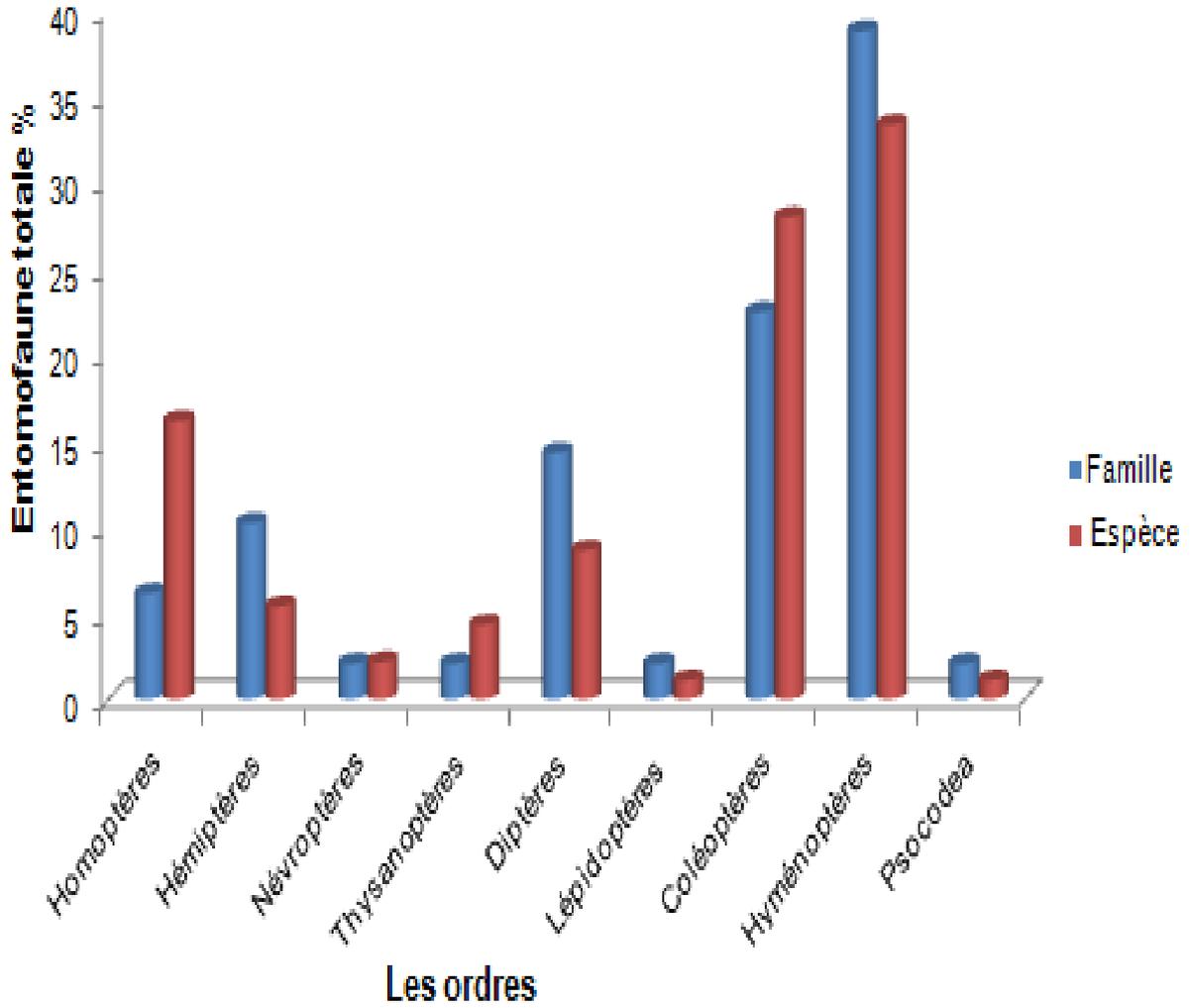


Figure 23: Entomofaune globale du Cèdre de l'Atlas par familles et par espèces dans les trois stations d'étude

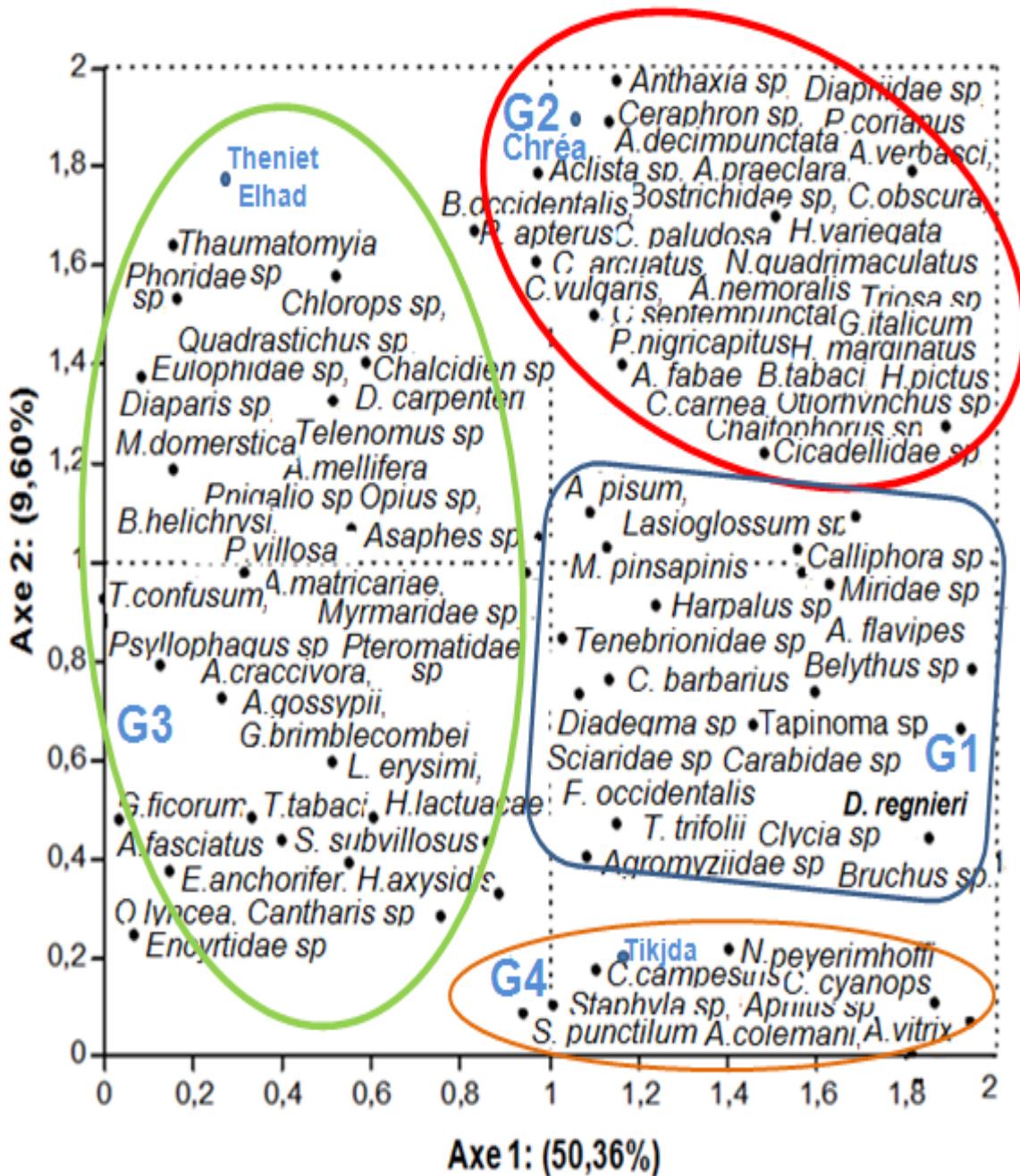


Figure 24 : Analyse factorielle des correspondances des effectifs totaux des espèces en fonction des stations d'étude

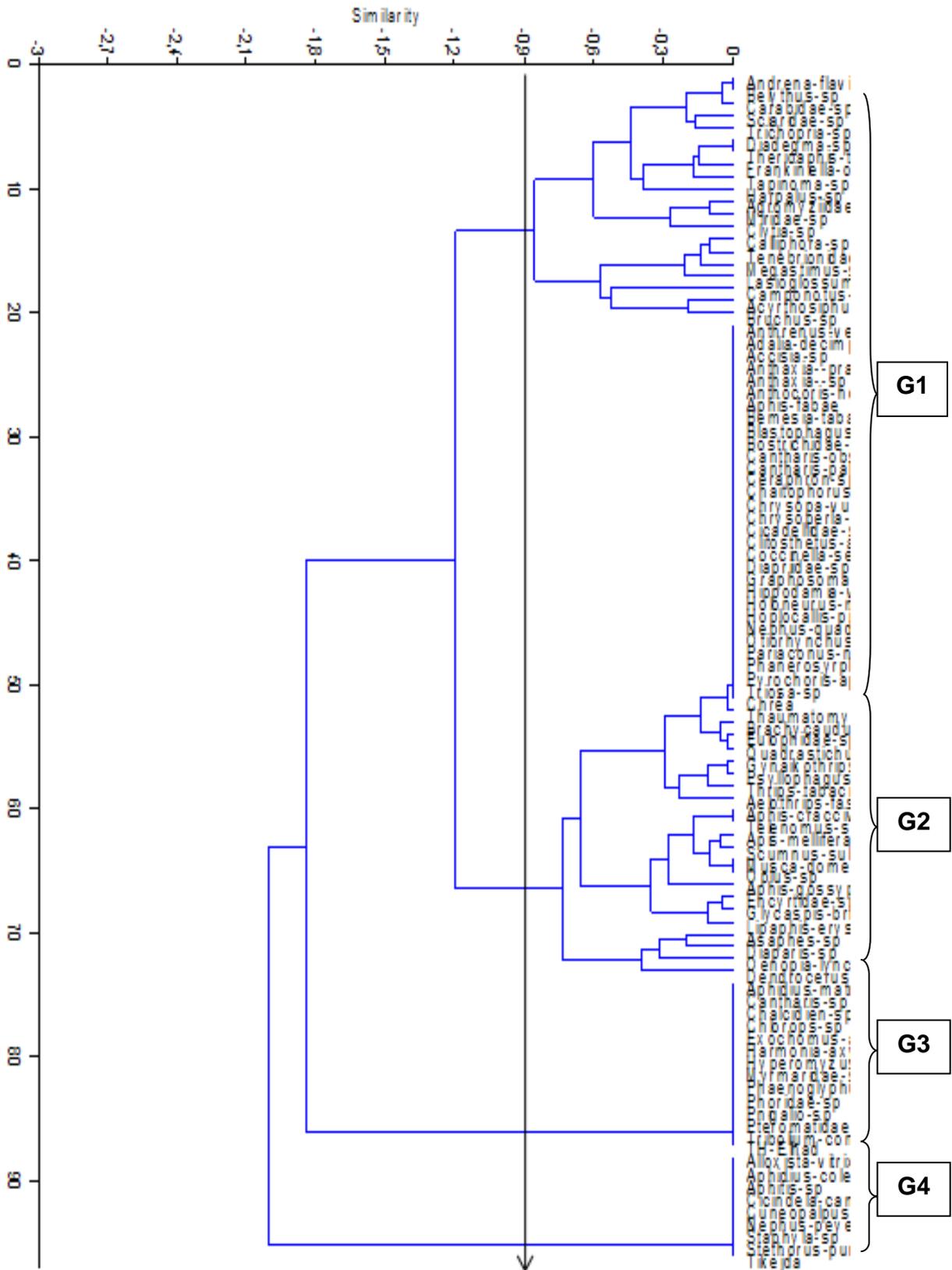


Figure 25 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) des effectifs totaux des espèces trouvées en fonction des stations d'étude

Chapitre III : Résultats et discussion

L'Analyse factorielle des correspondances des effectifs totaux des espèces (figure 24) et l'analyse du dendrogramme (figure 25) sur la base du calcul de la distance Euclidienne prise comme mesure de similitude (valeur -1.0) ont mis en évidence quatre groupes : Le groupe 1 (G1) rassemble essentiellement les espèces recensées dans les trois stations (Chr ea, Theniet ElHad et Tikjda). Ces espères appartiennent aux ordres des : Hyménoptères (*Andrena flavipes*, *Belythus* sp, *Belythus* sp, *Diadegma* sp, *Tapinoma* sp, *Camponotus barbarius*, *Megastigmus pinsapinis*, *Lasioglossum* sp), les Hémiptères (*Miridae* sp), les coléoptères (*Carabidae* sp., *Tenebrionidae* sp, *Bruchus* sp, *Harpalus* sp), les Diptères (*Sciaridae* sp, *Agromyziidae* sp., *Calliphora* sp.), les Homoptères (*Acyrtosiphum pisum*, *Therioaphis trifolii*), les Lépidoptères (*Clycia* sp), et les Thysanoptères (*Frankiniella occidentalis*).

Le groupe 2 (G2) rassemble les espèces trouvées dans la stations de Chrea et appartenant à l'ordre des : Hyménoptères (*Ceraphron* sp, *Diapriidae* sp, *Phanerosyrphus corianus*), les coléoptère (*Anthrenus verbasci*, *Adalia decimpunctata*, *Aclista* sp, *Anthaxia praeclara*, *Anthaxia* sp, *Bostrichidae* sp, *Cantharis obscura*, *Cantharis paludosa*, *Clitosthetus arcuatus*, *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata*, *Nephus quadrimaculatus*, *Otiorhynchus* sp), les Homoptères (*Aphis fabae*, *Bemesia tabaci*, *Blastophagus occidentalis*, *Chaitophorus* sp, *Hoplocallis pictus*, *Pariaconus nigricapitus*, *Triosa* sp), les Hémiptères (*Anthocoris nemoralis*, *Cicadellidae* sp, *Graphosoma italicum*, *Pyrochoris apterus*), les Névroptères (*Chrysopa vulgaris*, *Chrysoperla carnea*, *Holoneurus marginatus*) et les Diptères (*Holoneurus marginatus*).

Le groupe 3 (G3) rassemble essentiellement les espèces rencontrées dans la station de Theniet ElHad et qui appartiennenent aux ordres des : Hyménoptères (*Eulophidae* sp, *Quadrastichus* sp, *Telenomus* sp, *Apis mellifera*, *Opius* sp, *Asaphes* sp, *Diaparis* sp, *Dendrocercus carpenteri*, *Aphidius matricariae*, *Chalcidien* sp, *Myrmaridae* sp, *Phaenoglyphus villosa*, *Pnigalio* sp, *Pteromatidae* sp, *Psyllophagus* sp), les Homoptères (*Brachycaudus helichrysi*, *Aphis craccivora*, *Aphis gossypii*, *Glycaspis brimblecombei*, *Lipaphis erysimi*, *Hyperomyzus lactuacae*), les coléoptères (*Exochomus anchorifer*, *Harmonia axysidis*, *Oenopia lyncea*, *Cantharis* sp, *Encyrtidae* sp, *Tribolium confusum*, *Scumnus subvillosus*), les Diptères (*Chlorops* sp,

Phoridae sp, *Musca domerstica*, *Thaumatomyia sp*) etles Thysanoptères (*Gynaikothrips ficorum*, *Thrips tabaci*, *Aelothrips fasciatus*).

Le dernier groupe (G4) englobe les espèces rencontrées dans la station de Tikjda et appartenant aux ordres des : Hyménoptères (*Alloxista vitrix*, *Aphidius colemani*, *Aphitis sp*), les coléoptères (*Cicindela campestris*, *Nephus peyerimhoffi*, *Staphyla sp*, *Stethorus punctilum*) et l'ordre des Psocodea (*Cuneopalpus cyanops*).

1.3. Evaluation de la diversité entomologique dans les trois stations d'études

Dans cette partie, nous allons évaluer la diversité des stations d'études (Chróa, Theniet ElHad et Tikjda. Pour cela, le nombre d'espèces, l'indice de la diversité de Shannon et l'équitabilité sont calculés.

1.3.1. Richesse totaleet abondance relative

Les abondances relatives des espèces ont été calculées en tenant compte l'effectif total de chaque ordre durant toute la période d'échantillonnage. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 9: La richesse totale et l'abondance relative de l'entomofaune du Cèdre de l'Atlas dans les trois stations d'étude

| Ordres | Richesse total | | | AR% | | |
|--------------|----------------|---------------|--------|-------|---------------|--------|
| | Chróa | Theniet ElHad | Tikjda | Chróa | Theniet ElHad | Tikjda |
| Homoptera | 181 | 29 | 5 | 9,12 | 4,02 | 1,31 |
| Hemiptera | 11 | 35 | 12 | 0,55 | 4,85 | 3,13 |
| Nevroptera | 5 | 0 | 0 | 0,25 | 0,00 | 0 |
| Thysanoptera | 283 | 75 | 43 | 14,26 | 10,39 | 11,23 |
| Diptera | 830 | 153 | 51 | 41,83 | 21,19 | 13,32 |
| Lepidoptera | 0 | 2 | 1 | 0 | 0,28 | 0,26 |
| Coleoptera | 87 | 50 | 24 | 4,39 | 6,93 | 6,27 |
| Hymenoptera | 587 | 378 | 244 | 29,59 | 52,36 | 63,71 |
| Psocodea | 0 | 0 | 3 | 0 | 0,00 | 0,78 |
| Total | 1984 | 722 | 383 | 100% | 100% | 100% |

Les résultats de la présente étude sur l'entomofaune associée au Cèdre de l'Atlas a permis d'inventorier 93 espèces d'insectes ($S=93$), appartenant à 9 ordres avec un nombre total de 3089 individus (la richesse totale).

Les données sur les abondances relatives montrent que l'ordre des Hyménoptères est majoritaire dans la station de Theniet ElHad et Tikjda avec respectivement 52,36% et 63,71% suivi par l'ordre des Diptères avec un taux de 21,19% pour la station de Theniet ElHad et 13,32% à Tikjda. Les autres ordres, leurs abondances relatives étaient faibles dans les deux stations.

Concernant la station de Chréa, les Diptères sont les plus dominants avec un pourcentage de 41,83% suivi par l'ordre des Hyménoptères avec 29,59%.

1.3.1.1. Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Chréa :

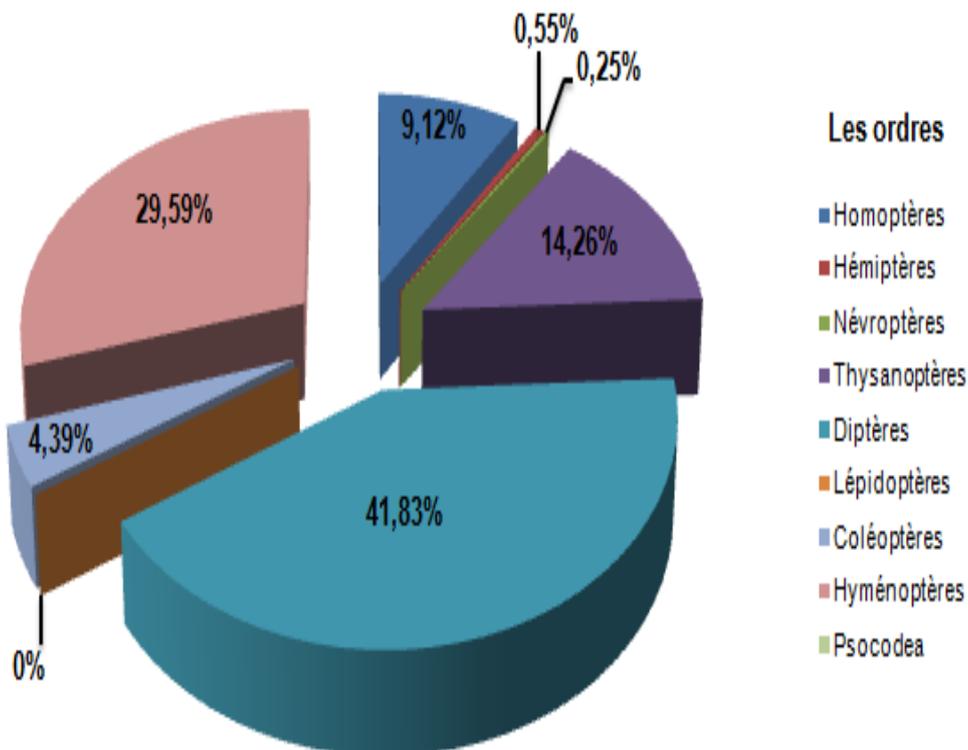


Figure 26: Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Chréa

Le calcul de l'abondance relative des ordres des insectes montre que l'ordre le plus représentés est celui des Diptères avec 41,83% suivi par l'ordre des hyménoptères avec 29,59%. En troisième position nous trouvons les Thysanoptères avec 14,26% suivi par l'ordre des Homoptères avec 9,12%. Les autres ordres de faibles portions sont : les coléoptères avec un taux de 4,39%, les Hémiptères avec 0,55% et les Névroptères avec 0,25%(Fig. 26).

1.3.1.2. Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Theniet ElHad

Le calcul de l'abondance relative des ordres des insectes recensés au niveau de la station de Theniet Elhad est représenté dans la (Fig. 27). Cette figure montre que l'ordre le plus représenté est celui des Hyménoptères avec 52,35% suivi par l'ordre des Diptères avec 21,19%. En troisième position nous trouvons les Thysanoptères avec 10,39% suivi par l'ordre des Coléoptères avec 6,93%.

Les autres ordres de faibles portions sont : les Hémiptères avec un taux de 4,85%, les Homoptères avec 4,02% et les Lépidoptères avec 0,28%.

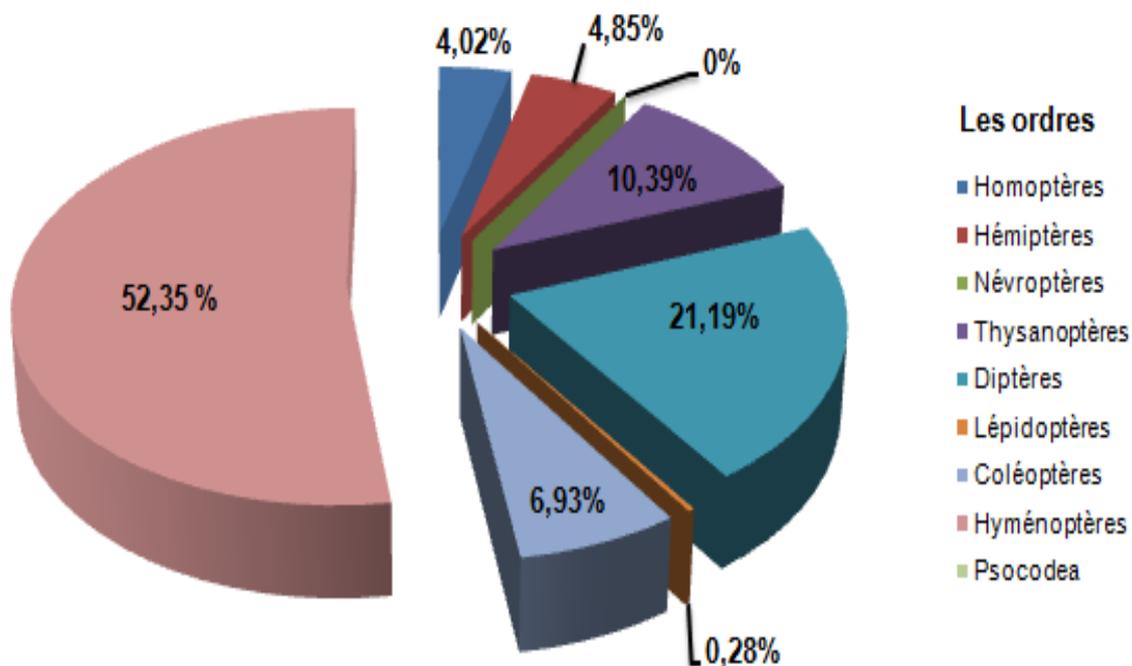


Figure 27 : Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Theniet ElHad

1.3.2.3. Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Tikjda

Le résultat de l'abondance relative des ordres des insectes recensés au niveau de la station de Tikjda (Fig. 28) montre que l'ordre le plus dominant est celui des Hyménoptères avec 63,71% suivi par l'ordre des Diptères avec 13,32%. En troisième position nous trouvons les Thysanoptères avec 11,23% suivi par l'ordre des Coléoptères avec 6,27%.

Les autres ordres de faibles portions sont : les Hémiptères avec un taux de 3,13%, les Homoptères avec 1,31% et les Lépidoptères avec 0,26%.

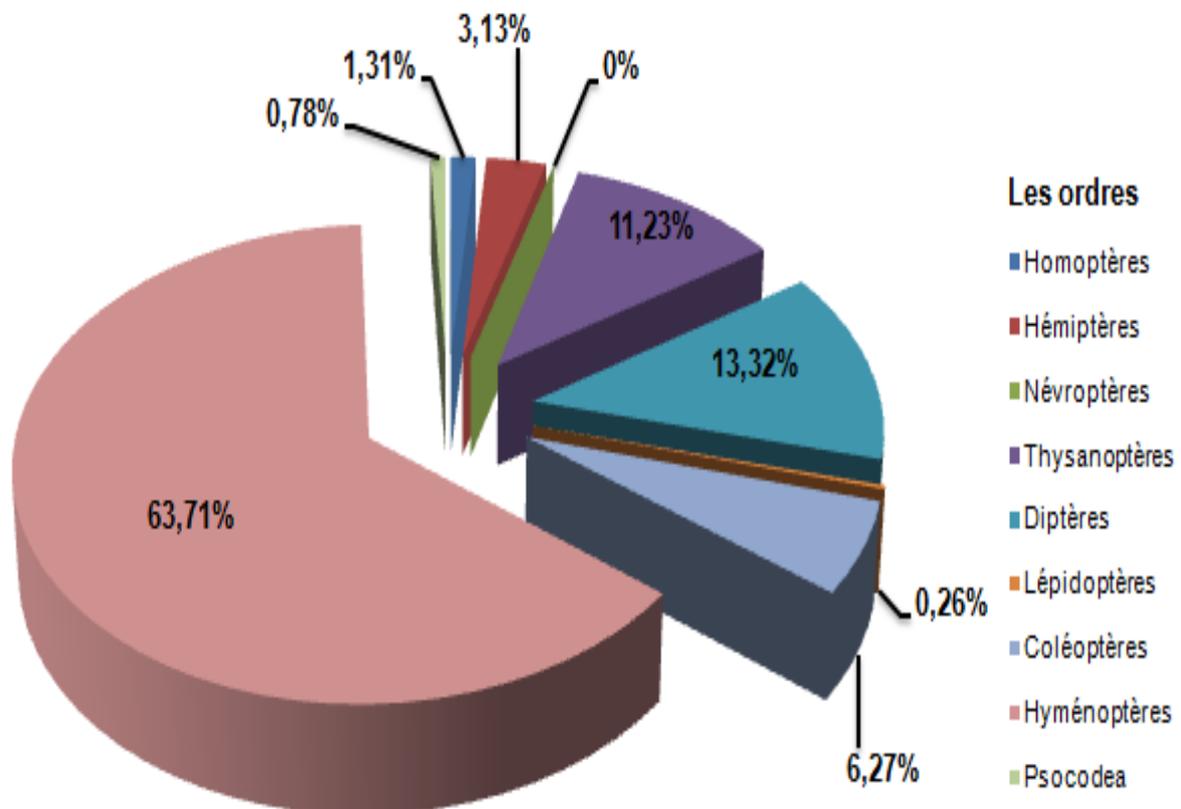


Figure 28: Abondance relatives des ordres d'insectes recensés au niveau de la station de Tikjda

1.3.2. Répartitions des espèces recensées selon leurs Régime alimentaire

Les espèces recensées sont réparties selon leur régime alimentaire en six (6) catégories : Les phytophages, prédateurs, polyphages, parasitoïdes, parasites et omnivores (Fig. 29).

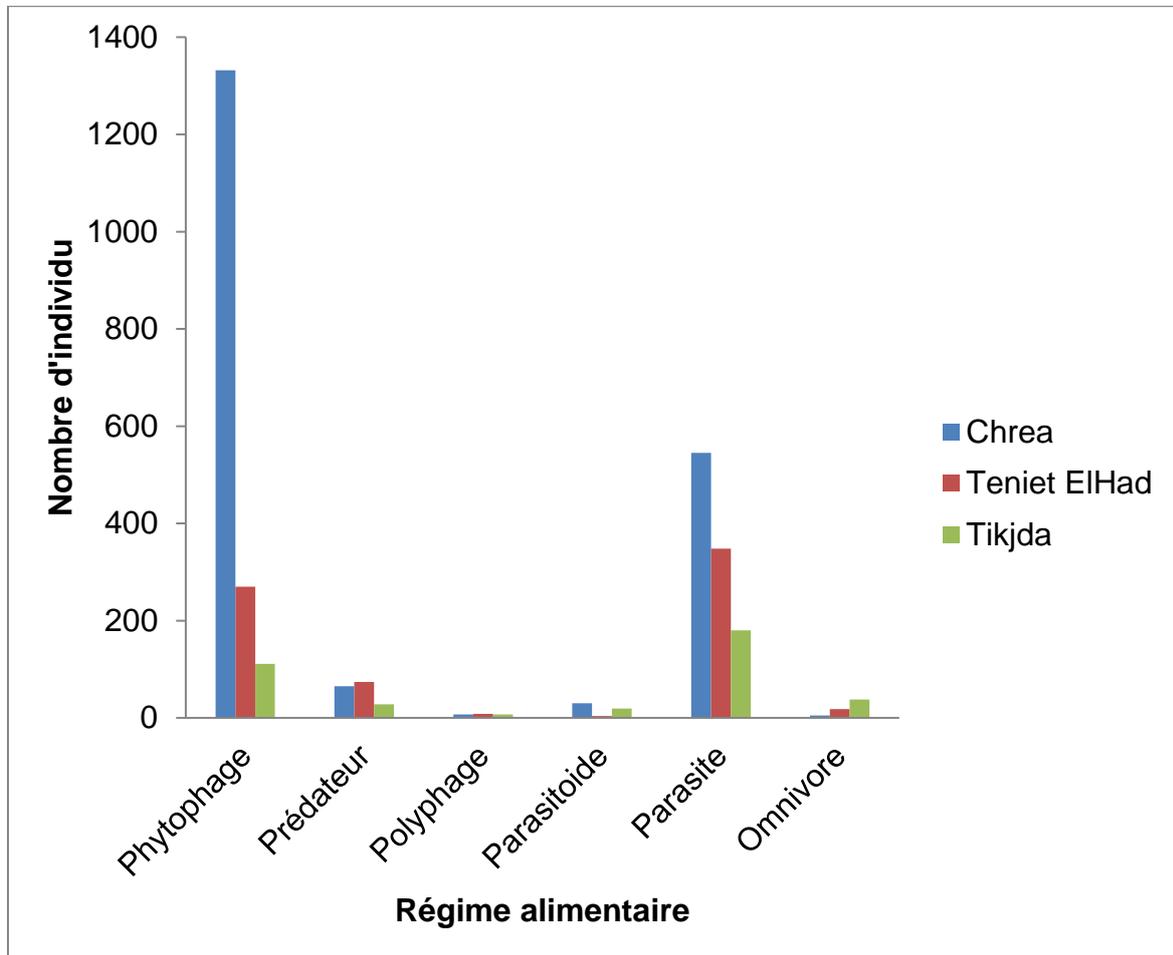


Figure 29: Répartitions de l'entomofaune selon le régime alimentaire dans les trois stations

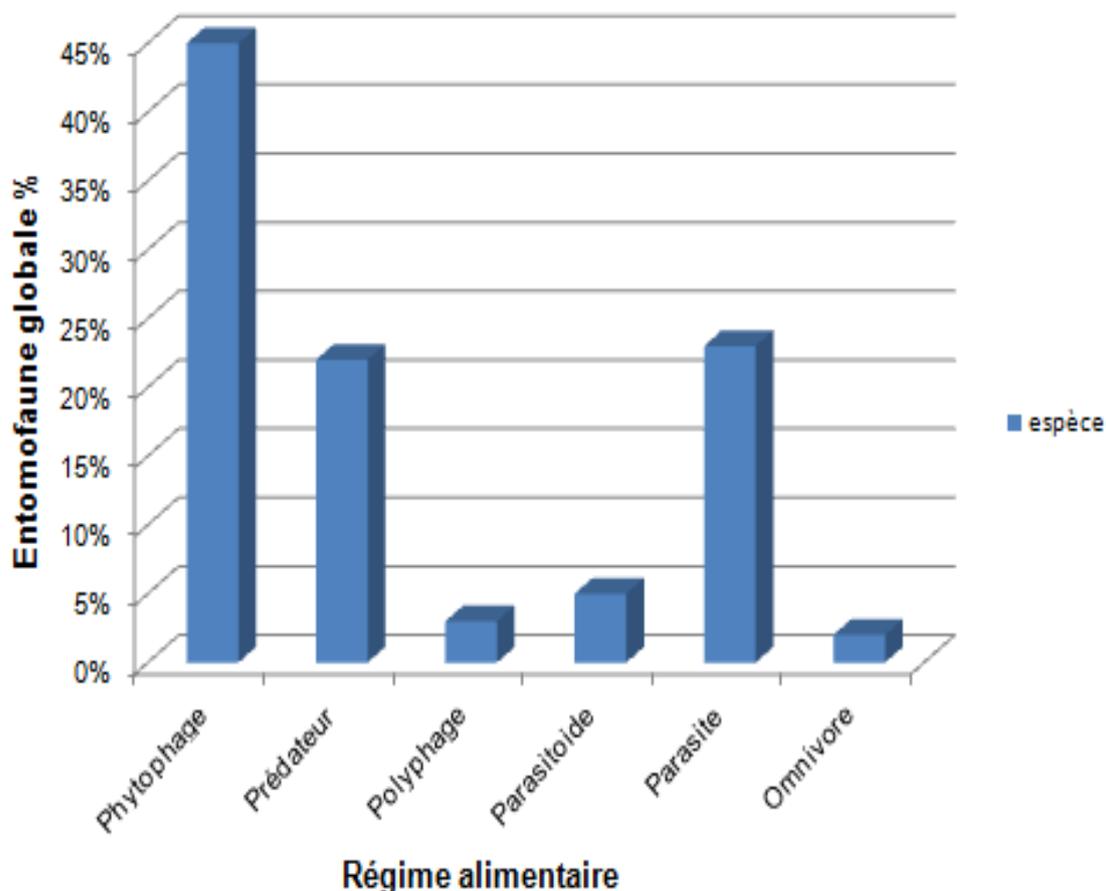


Figure 30: Répartitions de l'entomofaune globale selon le régime alimentaire

Les résultats de cet histogramme (Fig. 30) montrent que les insectes phytophages sont les plus dominants et totalisent 42 espèces appartenant aux ordres des Homoptères (15 espèces), Hémiptères (2 espèces), Thysanoptères (4 espèces), Diptères (8 espèces) et Lépidoptères (une seule espèce), ce qui présente un taux de 45%.

Les Parasites viennent en second rang avec un taux de 23% représenté par (21) espèces, cette catégorie est suivie par les prédateurs qui viennent en troisième rang avec 20 espèces et un taux de 22%.

Les parasitoïdes occupent le quatrième rang avec 5 espèces représentées par 5 espèces de l'ordre des Hyménoptères, soit le taux de 5 %.

En cinquième rang, Les polyphages qui représentent un taux de 3% et regroupent 3 espèces appartenant à l'ordre des Hyménoptères. En dernière position ils viennent les omnivores représentés par deux espèces des Hyménoptères, soit le taux de 2%.

2. Dynamique des populations de la cochenille *Dynaspidotus regnieri*

2.1. Station de Chrèa :

2.1.1. L'évolution temporelle des populations de la cochenille *Dynaspidotus regnieri* dans la région de Chrèa :

Les résultats de l'évolution temporelle des populations globales et des différents stades de la cochenille des aiguilles du cèdre de l'Atlas *Dynaspidotus regnieri* dans la région de Chrèa (Fig. 31), font apparaître que les infestations globales et par stade biologique sont plus prononcées et plus étalées temporellement de mars jusqu'au mois de décembre.

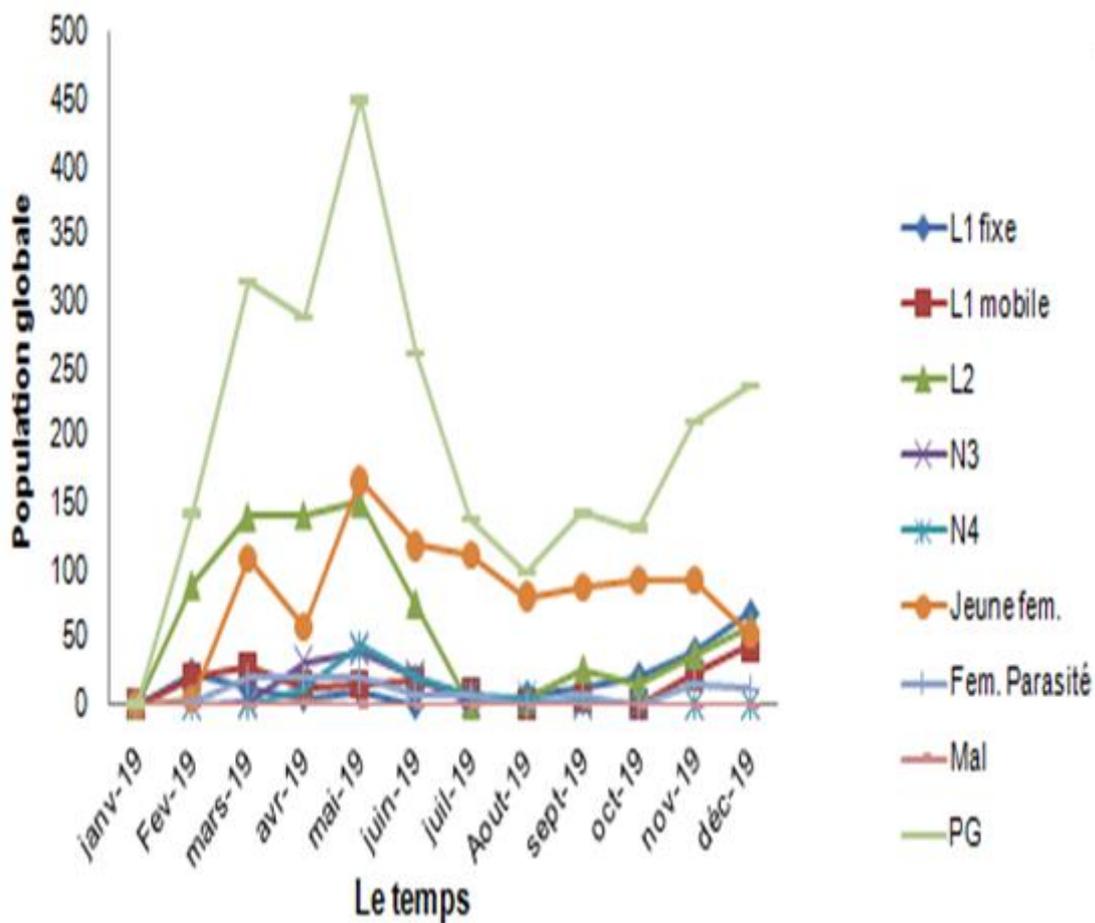


Figure 31: L'évolution temporelle des populations globale dans la région de Chrèa

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; PG: population globale

Les populations hivernales des différents stades sont caractérisées en particulier par la présence plus prononcée des femelles adultes que celles des larves de 1^{er} stade et de 2^{ème} stade qui sont présentes en faible effectif. Durant à la période automnale prédomine beaucoup plus les larves de 2^{ème} stade que celles du 1^{er} stade et des femelles. Durant la phase printanière, les larves de 2^{ème} stade et les femelles prédominent par rapport aux larves de 1^{er} stade, aux pré-nymphes et aux nymphes.

2.1.2. Répartition temporelle de différents stades *Dynaspidiotus regnieri* dans la région de Chréa

Les résultats de la répartition temporelle comparée des différents stades de *D. regnieri* dans la station de Chréa reportés graphiquement sur la figure (32) montrent la présence de deux groupes homogènes.

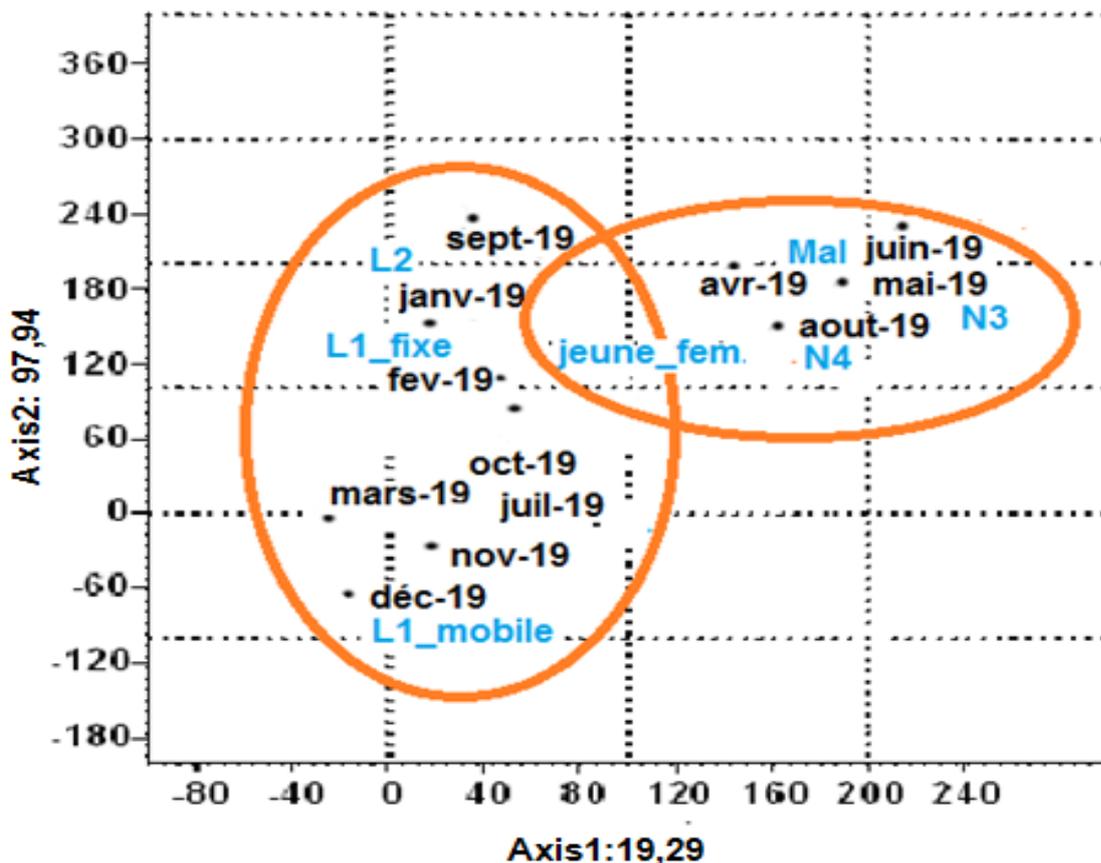


Figure 32: La répartition temporelle de la cochenille dans la station de Chréa

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle

Un premier groupe est représenté par les larves de 1^{er} stade (fixe et mobile) et les larves du deuxième stade (L2) durant la période automnale et hivernale. Le deuxième groupe rassemble les mois d'avril et d'août, les prénymphe, les nymphes et les males. Les jeunes femelles sont présentes toute l'année.

2.2. Station de Theniet Elhad :

2.2.1. L'évolution temporelle des populations de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* dans la région de Theniet ElHad :

Le suivi temporel des populations globales et des différents stades de la cochenille des aiguilles du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* dans la région de Theniet ElHad a montré qu'il existe une forte activité entre le mois de Mars et le mois d'Aout.

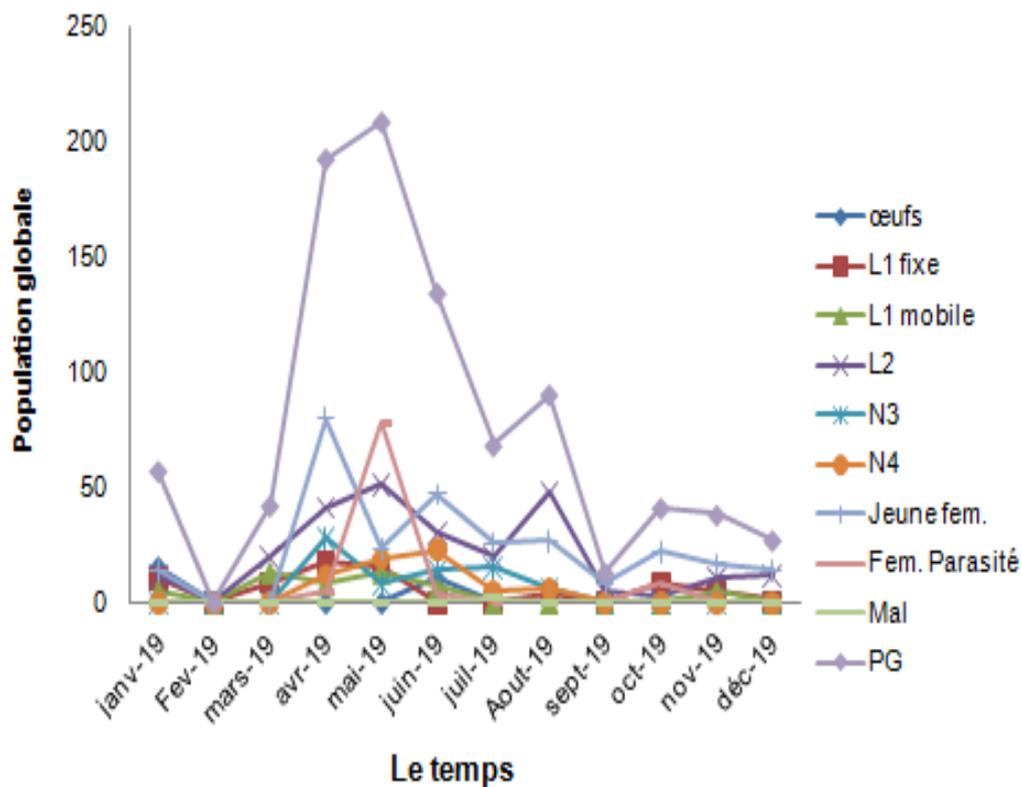


Figure 33: L'évolution temporelle des populations globales dans la région de Theniet ElHad

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; PG: population globale

Un premier sous groupe est représenté par les larves de 1^{er} stade (fixe et mobile), les larves de 2^{ème} stade et les femelles durant la période automnale et hivernale. Le deuxième groupe rassemble entre le mois de Février et le mois d'aout les prénymphe, les nymphes et les males durant la période qui s'étale du mois d'Avril au mois d'Aout. Les jeunes femelles et les larves de deuxième stade sont présentes durant toute l'année.

2.3. Station de Tikjda :

2.3.1. L'évolution temporelle des populations de la cochenille *Dynaspidotus regnieri* dans la région de Tikjda :

Le suivi temporel des populations globales et des différents stades de la cochenille des aiguilles du cèdre de l'Atlas *Dynaspidotus regnieri* dans la région de Tikjda (Fig. 35) a montré qu'il existe une forte activité entre le mois de Mars et le mois de Juillet.

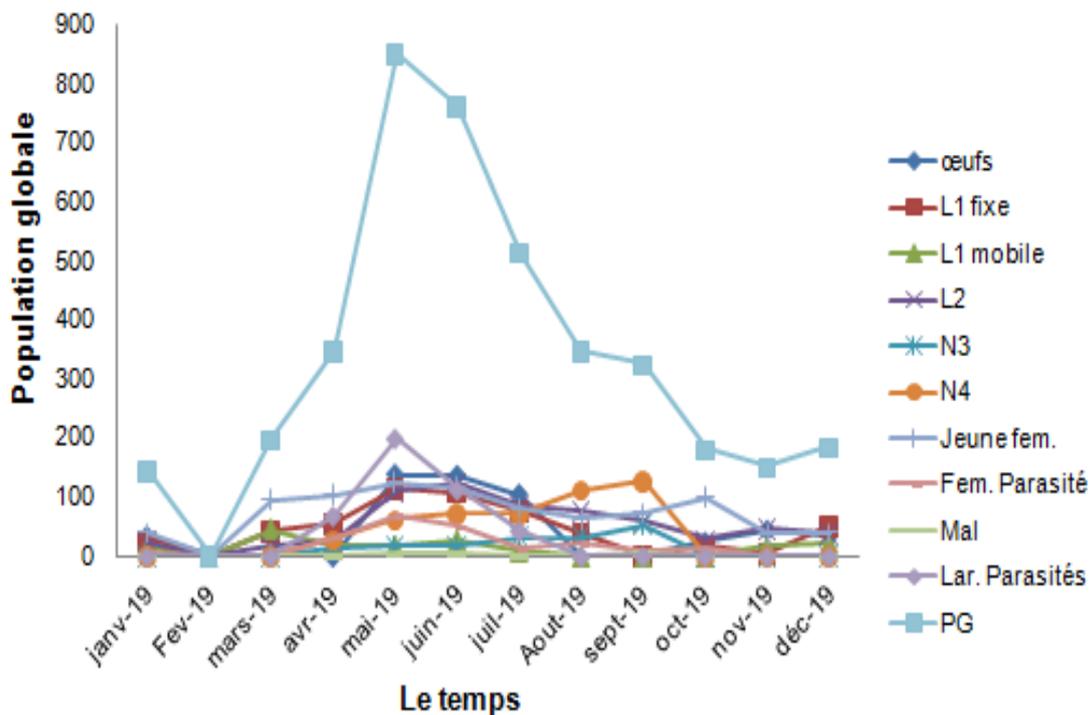


Figure 35 : L'évolution temporelle des populations globale dans la région de Tikjda

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle; PG: population globale

Durant la phase hivernale, nous avons remarqué la présence prononcée des larves du 1^{er} stade et de 2^{ème} stade par rapport aux jeunes femelles qui sont présentes toute l'année. L'activité de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri* était très prononcée durant la période qui s'étale du mois de Mars au mois de décembre. Citant les jeunes femelles qui ont présenté un pic durant la période printanière (avril) avec l'apparition des prénymphe et des nymphes (avril-Aout). En mois de Mai, nous avons noté la présence d'un pic des larves de 2^{ème} stade

2.3.2. Répartition temporelle de différents stades *Dynaspidiotus regnieri* dans la région de Tikjda

Les résultats de la répartition temporelle comparée des différents stades de *D. regnieri* dans la station de Tikjda reportés graphiquement sur la figure (36) montrent la présence d'un seul groupe.

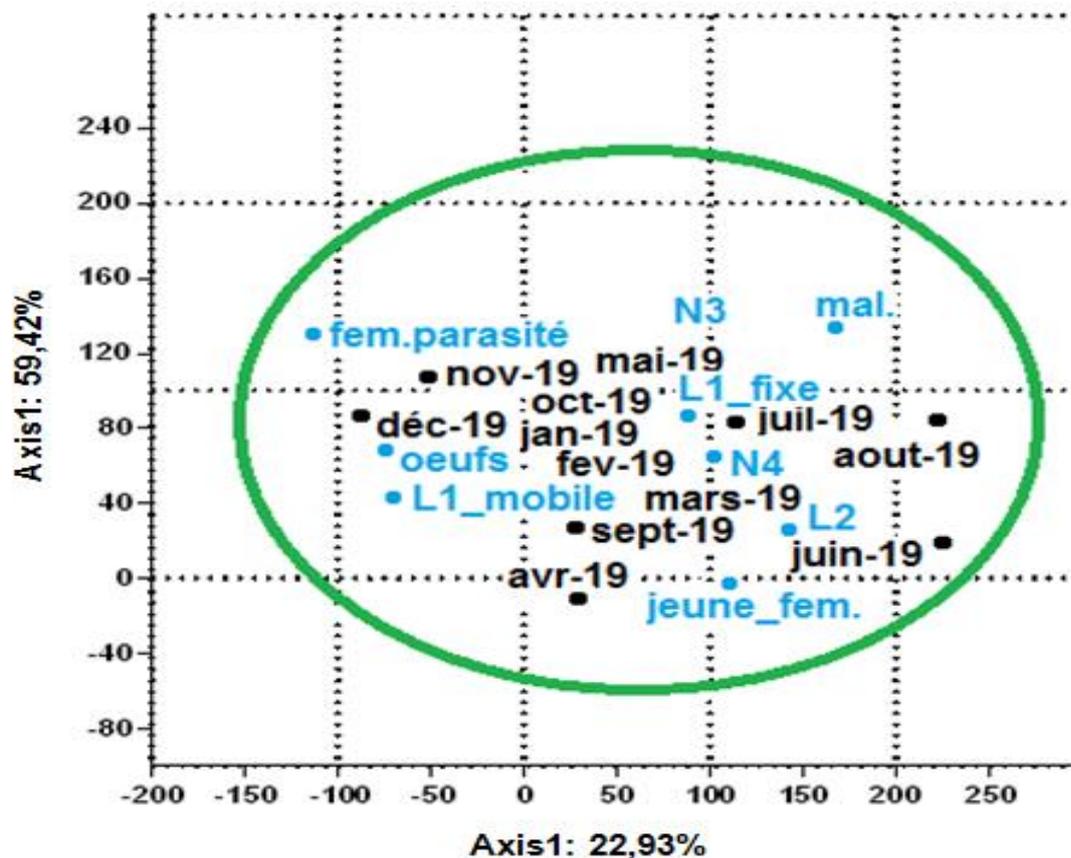


Figure 36: La répartition temporelle de la cochenille dans a station de Chréa

L1: larves mobile et fixe de 1^{er} stade ; L2: larve de 2^{ème} stade; N3 : pré nymphe; N4:nymphe; Fem: Femelle

Ce dernier est représenté par les larves de 1^{er} stade (fixe et mobile), les larves de 2^{ème} stade, les prénymphe, les nymphe et les males et les femelles, durant la période qui s'étale du mois de Janvier jusqu'au mois de Décembre (2019).

3. Etude comparative des différents stades de la cochenille *Dynaspidotus regnieri* dans les trois stations d'étude :

Afin de montrer la différence entre les différents stades dans les trois stations d'étude nous avons eu recours au test ANOVA et le test Tukey pour les groupes homogènes en utilisant logiciel Minitab [181].

3.1. Activités des Larves du premier stade (L1 fixe) dans les trois stations

Les résultats reportés sur la figure 36 montrent que la présence des L1 fixe s'est manifesté durant toute la période d'étude, Cela a révélé qu'il y a une différence hautement significative entre les effectifs des larves du premier stade (L1 fixe) d'une station à une autre avec la valeur de ($p=0.000$; $F=25.82$) dans la station de Chréa (Fig. 37 A). Cependant, il ressort que les larves du 1^{er} groupe présentent une forte activité durant la période hivernale (novembre, décembre et février) (groupe A), le deuxième groupe (B) se manifeste durant la période printanière (Avril et Mai) et le troisième groupe (C) durant la période hivernale (janvier) et la période estivale (juin - Aout).

Dans la station de Theniet Elhad (Fig. 37 B), il y a une activité très importante des L1 fixe ($p=0.000$; $F=6.03$). Nous avons soulevé 3 groupes homogènes : le premier groupe (A) se manifeste durant la période hivernale (Janvier) et la période printanière (Avril et Mai), mais il se distingue fortement du deuxième groupe (B) qui s'active durant la période printanière (mars) et la période Automnale (octobre et novembre). Le troisième groupe (C) active durant la période hivernale (décembre et février) et la période estivale (juin - septembre) dont la présence des larves est moins importante.

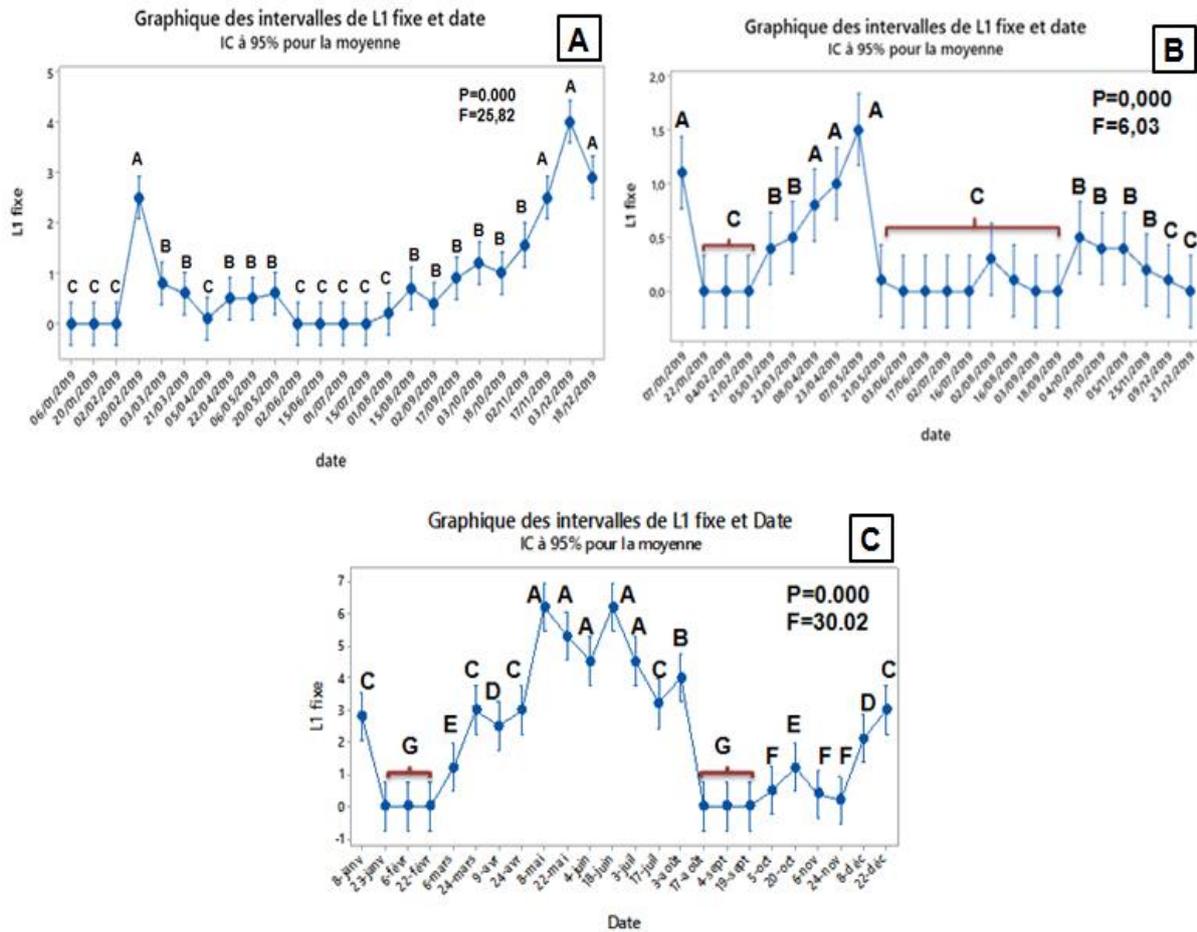


Figure 37: L'intervalle de confiance des Larves du premier stade (L1 fixe) dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda)

Dans la station de Tikjda (Fig. 37 C), il y a une activité très importante des L1 fixe ($p=0.000$; $F=30.02$). Nous avons noté la présence de 6 groupes homogènes : l'activité des effectifs des L1 fixe est plus importante durant la période estivale (juin-Aout) les groupes (A et B)], moins importante durant la période printanière (mars) et la période hivernale (décembre)(C et D) et une faible activité durant la période Automnale (septembre-novembre)(G et F).

3.2. Activités des Larves du premier stade (L1 mobile) dans les trois stations

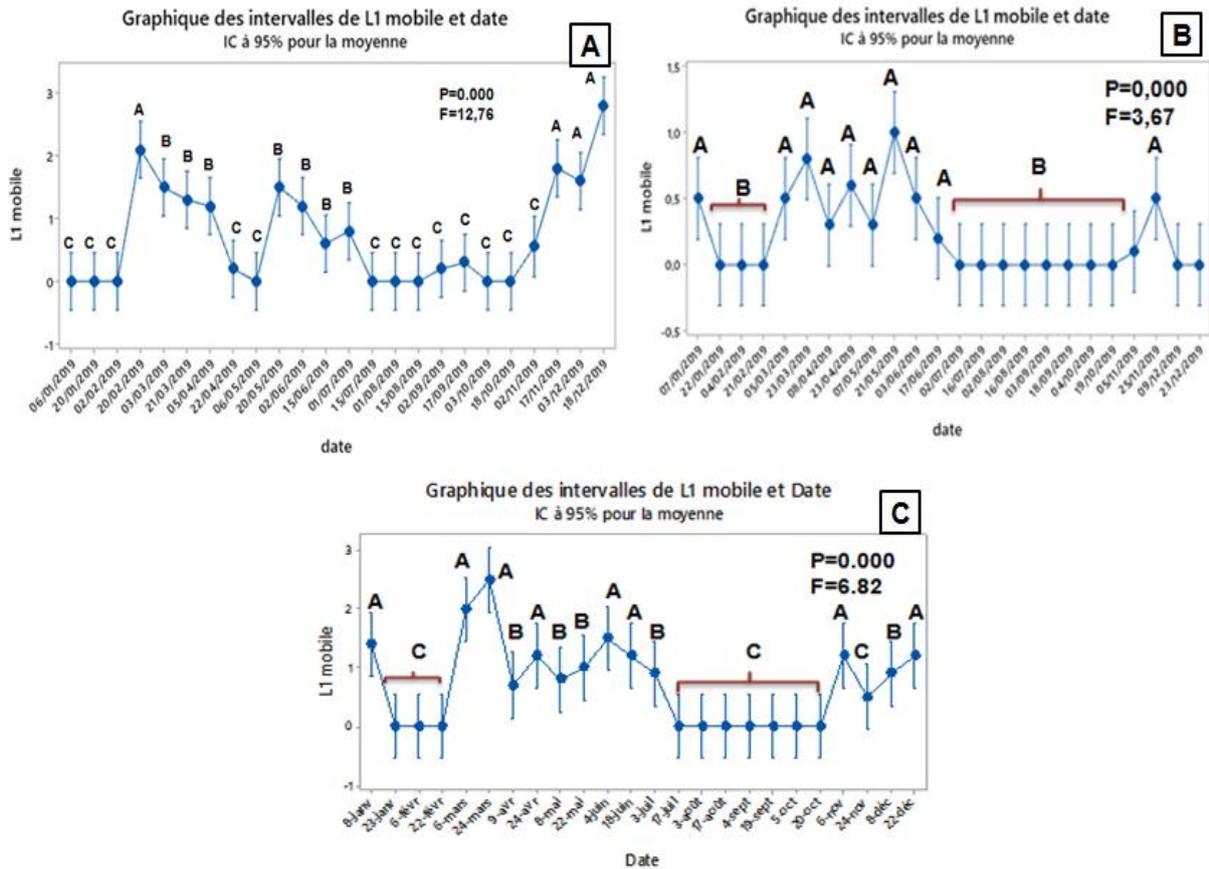


Figure 38: L'intervalle de confiance des Larves du premier stade (L1 mobile) dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda)

Les résultats reportés sur la figure (38) montrent que la différence des activités des larves du 1^{er} stade est hautement significative dans les trois stations d'études avec des valeurs de : $p= 0.000$; $F= 12.76$ dans la station de Chrèa, $p= 0.000$; $F= 3.67$ dans la station de Theniet Elhad et $p= 0.000$; $F=6.82$ au niveau de la station de Tikjda. Cependant, il ressort qu'elle est très présente durant la période printanière et estivale (Mars-Juillet) à Chrèa (Groupe A et B (Fig. 38 A)), durant la période printanière, estivale et automnale dans la station de Theniet ElHad (Fig. 38 B) et durant la période printanière et automnale dans la station de Tikjda (Fig. 38 C).

3.3. Activités Larves du deuxième stade (L2) dans les trois stations

D'après la figure (39), nous remarquons que la différence des activités des larves du 2^{ème} groupe est hautement significative dans les trois stations d'études avec des valeurs de : $p= 0.000$; $F= 92.58$ dans la station de Chrèa, ($p= 0.000$; $F= 12.17$) dans la station de Theniet Elhad et $p= 0.000$; $F=26.44$ pour la station de Tikjda. Cependant, il ressort qu'il y a une présence très importante des L2 (Groupe A et B) durant la période hiverno-printanière (février-mai) (Fig. 39 A) à Chrèa, durant la période printanière et estivale dans la station de Theniet ElHad (Fig. 39 B) et durant la période printanière dans la station de Tikjda (Fig. 39 C).

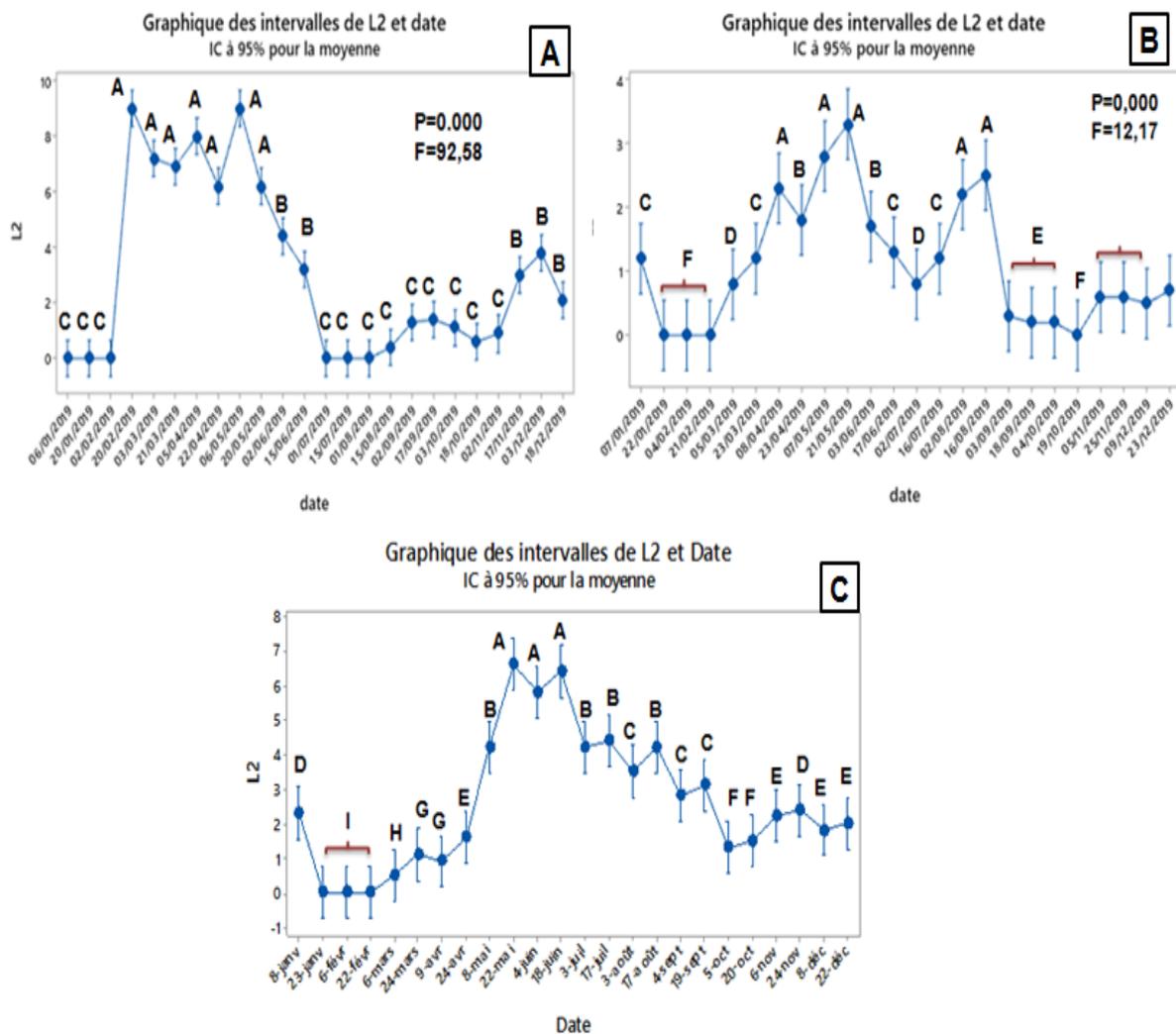


Figure 39 : L'intervalle de confiance des Larves du deuxième stade (L2) dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda)

Dans les trois stations, une activité moins importante (groupes : C, D, E, F, G, H), des larves L2 s'est manifesté durant la période estivale et automnale dans la station

de Chréa et durant les périodes estivale, automnale et hivernale pour la station de Theniet Elhad et Tikjda.

3.4. Activité des prénymphes dans les trois stations

Les résultats représenté dans la figure (40) montrent que la différence des activités des prénymphes est hautement significatives dans les trois stations d'études avec des valeurs de : $p= 0.000$; $F= 18.63$ dans la station de Chréa, $p= 0.000$; $F= 6.24$ dans la station de Theniet Elhad et $p= 0.000$; $F=10.2$ pour la station de Tikjda. Il ressort qu'il y a une présence très importante (Groupe A et B) des effectifs des prénymphes durant la période printanière et estivale (Mars-Septembre) (Fig. 40 A, B et C).

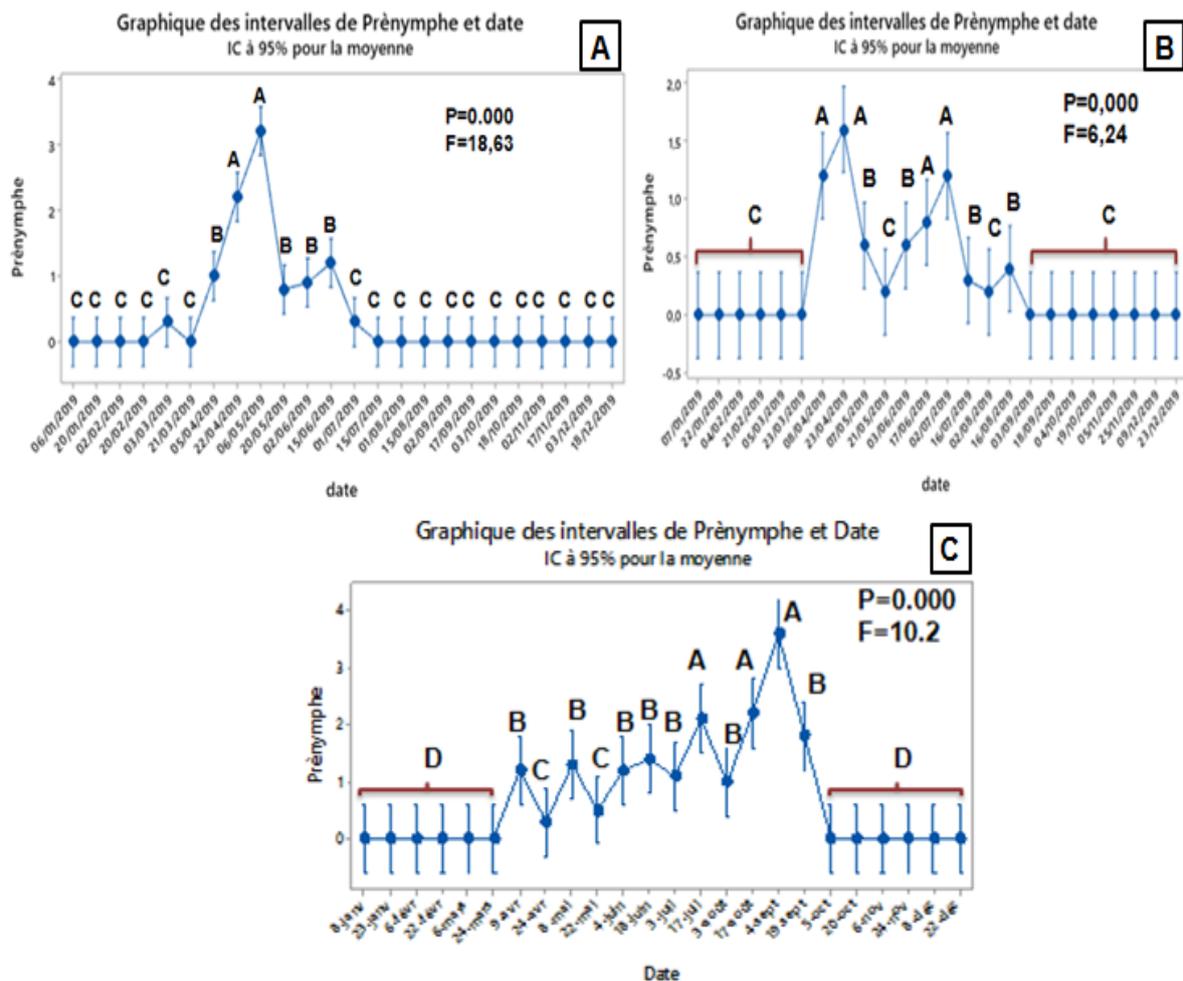


Figure 40: L'intervalle de confiance des prénymphes dans les trois stations d'étude (A : Chréa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda)

Une activité moins importante (groupes : C, D) des prénymphes s'est manifesté durant les périodes automnale et hivernale dans les trois stations (Fig. 40 A, B et C).

3.5. Activités nymphes dans les trois stations

Les résultats représenté dans la figure (41) montrent que la différence des activités des prénymphe est hautement significatives dans les trois stations d'études avec des valeurs de : $p= 0.000$ $F= 15.98$ dans la station de Chrèa, $p= 0.000$; $F= 5.31$ dans la station de Theniet Elhad et $p= 0.000$; $F= 39.98$ pour la station de Tikjda. Il ressort qu'il y a une présence très importante (Groupe A et B) des effectifs des nymphes durant la période printanière et estivale (Mars-Septembre) (Fig. 41 A, B et C).

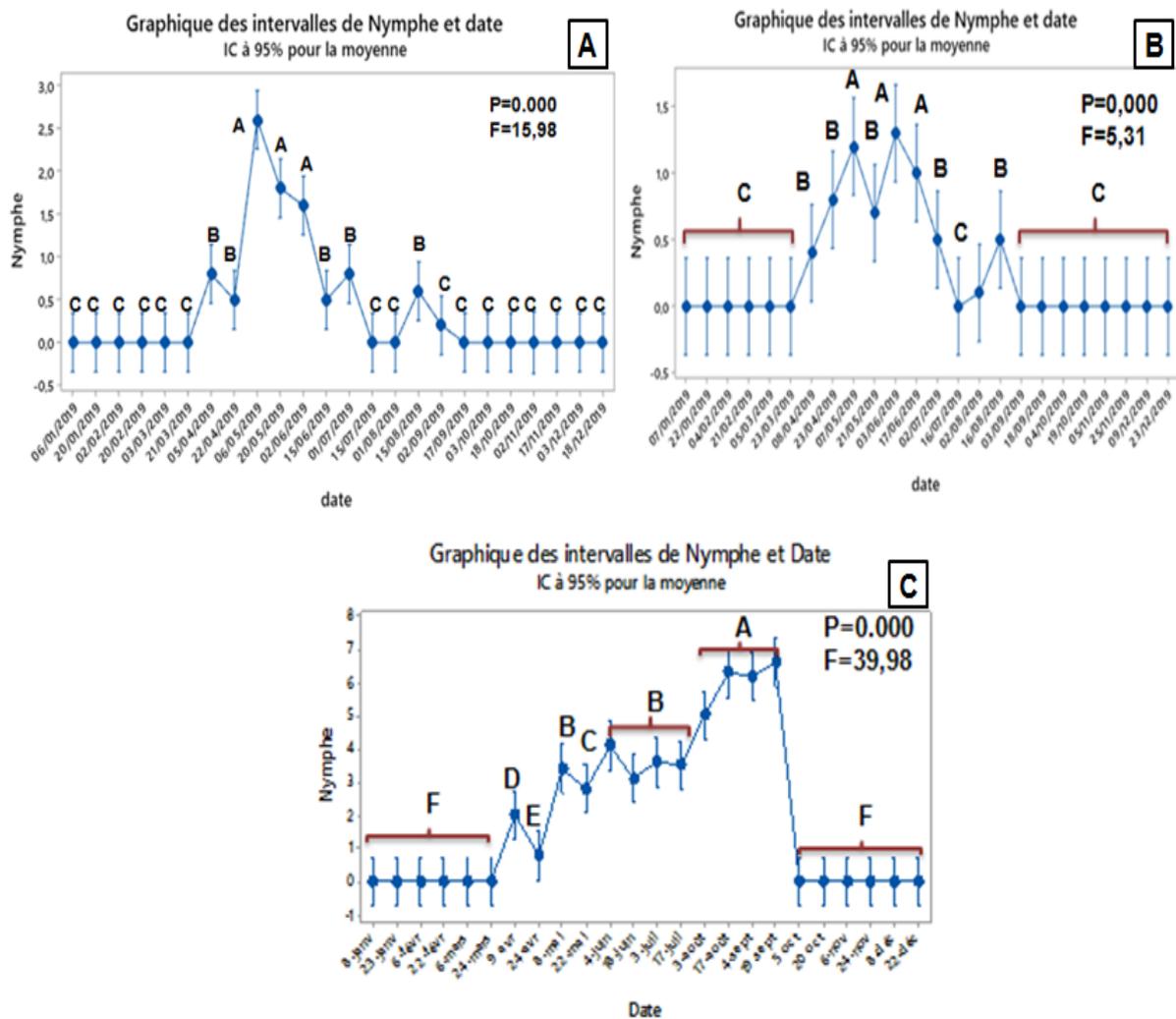


Figure 41: L'intervalle de confiance des Nympe dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Thniet Elhad ; C : Tikjda)

3.6. Activités jeunes femelles dans les trois stations

Les résultats reportés dans la figure (41) montrent que la différence des activités des jeunes femelles est hautement significative dans les trois stations d'études avec des valeurs de : $p= 0.024$; $F= 31.71$ dans la station de Chréa, $p= 0.000$; $F= 13.41$ dans la station de Theniet Elhad et $p= 0.000$; $F= 23.09$ pour la station de Tikjda. Il ressort qu'il y a une présence très importante (Groupe A et B) des effectifs des femelles durant la période printanière, estivale et automnale (Mars-Novembre) (Fig. 42 A, B) et une faible activité durant la saison hivernale (décembre-février) (Fig. 42 C).

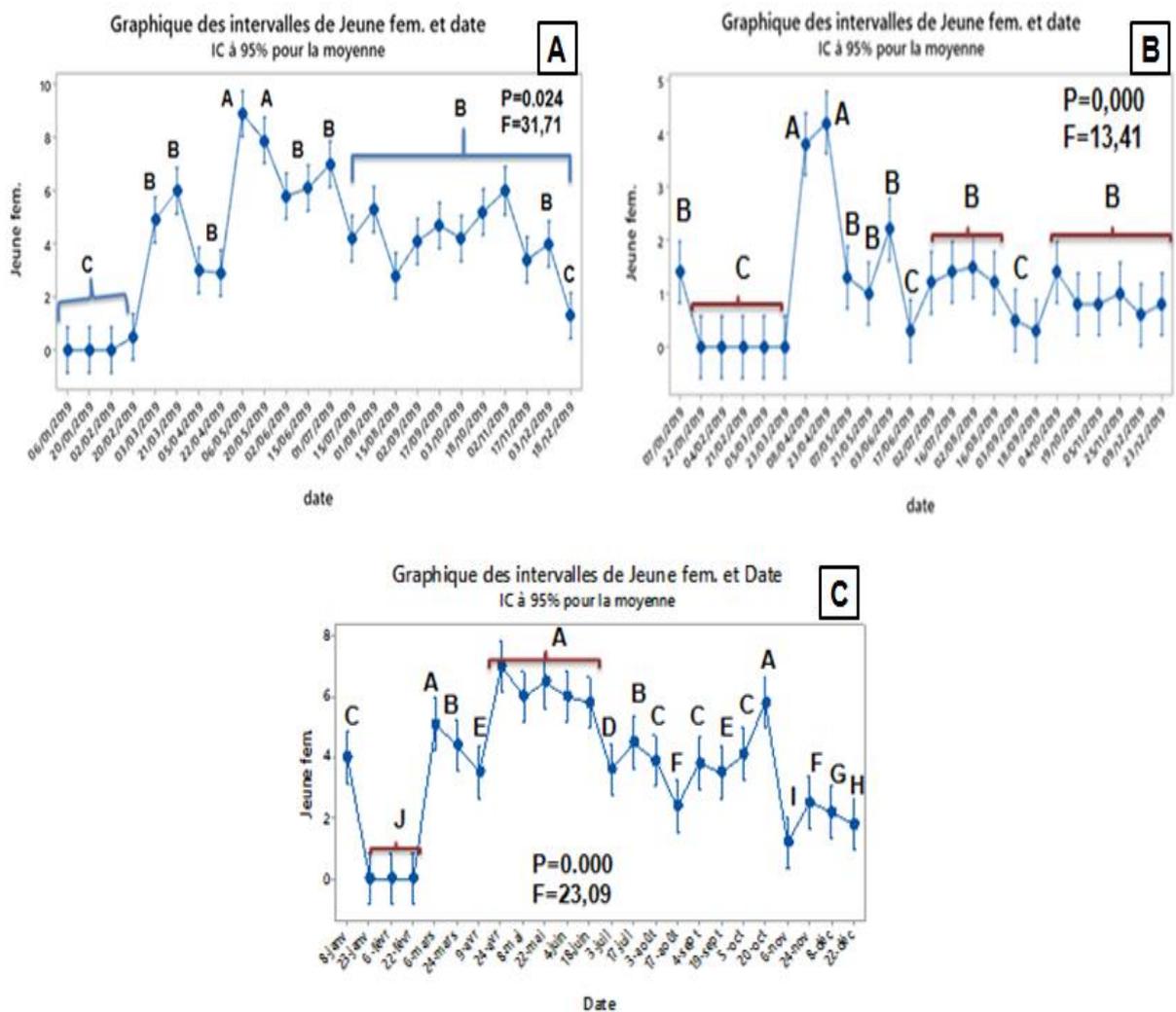


Figure 42: L'intervalle de confiance des jeunes femelles dans les trois stations d'étude (A : Chréa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda)

3.7. Activités mâles dans les trois stations

Les résultats reportés dans la figure (43) montrent que la différence des activités des mâles est hautement significatives dans les trois stations d'études avec des valeurs de : $p= 0.024$; $F= 1.73$ dans la station de Chrèa, $p= 0.000$; $F= 0.96$ dans la station de Theniet Elhad et $p= 0.000$; $F=17.24$ pour la station de Tikjda. Il ressort qu'il y a une présence très importante (Groupe A) des effectifs des mâles durant la période printanière à Chrèa (Fig. 43 A) avec une faible activité durant la saison (hivernale, estivale et automnale (groupe B), et estivale à Theniet Elhad (Fig. 43 B) et dans la station de Tikjda durant la période estivale et automnale (Mi- mai jusqu'au mi-juin / Septembre) (Fig. 43 C) et une faible activité durant la saison hivernale et printanière (Fig. 43 C).

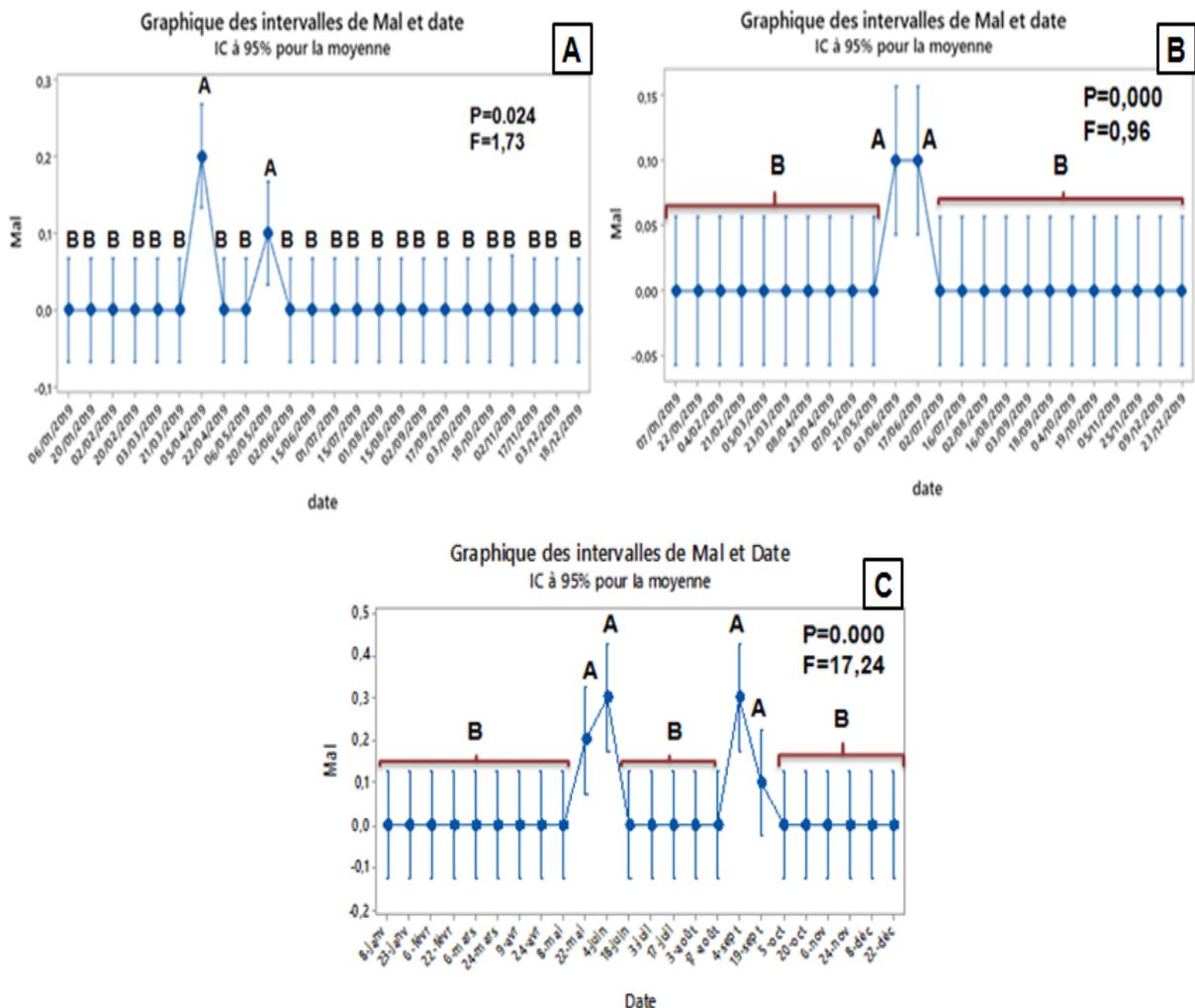


Figure 43: L'intervalle de confiance des mâles dans les trois stations d'étude (A : Chrèa ; B : Theniet Elhad ; C : Tikjda)

4. Effet comparé des facteurs climatiques et physiologique sur les infestations de *Dynaspidotus regnieri* dans la station de Chréa et Theniet ElHad :

Les résultats comparés de l'interaction des facteurs climatiques (températures maximale, minimale, humidité relative de l'air) et physiologiques (teneur en eau, acides aminées, proline) des aiguilles du cèdre de l'Atlas dans les stations de Chréa et de Theniet ElHad ont été reporté dans le Tab.10. Les coefficients de corrélation montrent qu'il existe une forte interaction entre certains de ces facteurs sur les infestations de la cochenille, *Dynaspidotus regnieri*. Ainsi, au niveau des deux stations, il apparait que le facteur température maximale a un effet inverse, et ce en diminuant la teneur en eau des aiguilles ($r = -0,72254(A)$; $r = -0,67183(B)$), la quantité des acides aminés ($r = -0,5003(A)$; $r = -0,61147(B)$) et les infestations ($r = -0,62646(A)$; $r = -0,6537(B)$). Elles sont corrélées positivement avec le taux de proline ($r = +0,62323(A)$; $r = +0,56593(B)$). Les températures minimales sont beaucoup plus corrélées avec le taux d'infestation au Nord de la station de chrea ($r = +0,64034$) et au Nord de Theniet Elhad ($r = +0,54439$). L'humidité relative de l'air est fortement corrélée positivement avec la teneur en eau aussi bien à Theniet ElHad ($r = +0,74288$) qu'à Chréa ($r = +0,87209$) et moyennement corrélée avec les infestations des aiguilles ($r = +0,40705 (A)$; $r = +0,48009 (B)$).

Tableau 10: L'effet des facteurs climatiques (T° max., min. et l'humidité relative de l'air) et sur les infestations de *Dynaspidotus regnieri* entre les deux stations Chréa et Thniet ElHad (A: Chrea ; B: Thniet ElHad).

Chapitre III : Résultats et discussion

| A | AAC | PROC | INFC | TEC |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| AAC | 0 | 0,19361 | 0,40933 | 0,72945 |
| PROC | -0,85739 | 0 | 0,42456 | 0,7259 |
| INFC | -0,67341 | 0,76226 | 0 | 0,09627 |
| TEC | 0,16146 | 0,16364 | 0,67485 | 0 |
| TmaxC | -0,50033 | 0,62323 | -0,62646 | -0,72254 |
| TminC | -0,35523 | -0,19407 | 0,64034 | 0,06251 |
| HRC | 0,33494 | -0,54798 | 0,40705 | 0,87209 |

| B | AATH | PROTH | INFTH | TETH |
|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| AATH | 0 | 0,63222 | 0,47983 | 0,61206 |
| PROTH | 0,55208 | 0 | 0,8259 | 0,85756 |
| INFTH | 0,70298 | 0,71031 | 0 | 0,14237 |
| TETH | -0,23494 | -0,084202 | 0,61409 | 0 |
| TmaxTH | -0,61147 | 0,56593 | -0,65374 | -0,67183 |
| TminTH | -0,503204 | 0,32415 | 0,544389 | 0,080073 |
| HRTH | 0,46552 | -0,15268 | 0,48009 | 0,74288 |

AAC: Acides Aminé Chrèa, **PROC:** Proline Béni Ali, **INFC:**Infestation Chrèa, **TEC:** Teneur en Eau Chrèa, **TmaxC:** Température maximale Chrèa, **TminC:** Température minimale Chrèa, **AATH:** Acides Aminé Theniet ElHad, **PROTH:** Proline Theniet ElHad, **INFTH:**Infestation Theniet ElHad, **TETH:** Teneur en Eau Theniet ElHad, **TmaxTH:** Température maximale Theniet ElHad, **TminTH:** Température minimale Theniet ElHad.

Discussion générale

La connaissance de l'inventaire des ravageurs dans les différentes régions et milieux et la compréhension des relations nutritionnelles qui unissent les plantes, les populations de ravageurs et leurs ennemis naturels, en tenant compte des adaptations aux conditions environnementales, deviennent indispensables et une nécessité à prendre en considération pour l'élaboration des stratégies de lutte plus efficaces afin de gérer et préserver les écosystèmes.

1. L'entomofaune associée au Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.)

L'étude de l'entomofaune dans un milieu forestier constitue un volet très important. Elle se limite le plus souvent à une association de plusieurs espèces de différents régimes alimentaires, strictement inféodés aux arbres forestiers. Il est admis que la dégradation des milieux forestiers résulte d'une détérioration générale et graduelle des différents types de tissus des arbres, causée par l'interaction des facteurs biotiques et abiotiques et qui fait intervenir d'autres facteurs prédisposants qui contribuent à la mort des arbres, notamment le dépérissement et les insectes ravageurs [180,181].

La compréhension des relations nutritionnelles qui unissent les plantes, les populations de ravageurs et leurs ennemis naturels tout en tenant en compte des adaptations aux conditions environnementales est donc un élément clé afin de gérer et de préserver les écosystèmes. Dans cette optique, la présente étude vise à connaître, d'une part, l'entomofaune associée au Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Man., les périodes d'infestations de la cochenille *Dynaspidiotus regnieri*, et d'autre part, à mettre en évidence les effets des facteurs climatiques (température, humidité de l'air) et physiologiques (acides aminés, proline, eau) sur les infestations de la cochenille du Cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri* sur les aiguilles dans trois stations (Chrèa, Thniet Elhad et Tikjda).

Les principaux groupes d'insectes identifiés, associés à la Cédraie du parc national de Chrea, Thniet ElHad et Tikjda se distribuent selon neuf (9) ordres taxonomiques : Hymenoptera, Hemiptera, Neuroptera, Thysanoptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera et Psocodea. Les espèces d'insectes capturées se

Chapitre III : Résultats et discussion

répartissent entre différents statuts écologiques et trophiques regroupant des polyphages, des phytophages, prédateurs, parasites, parasitoïdes et les omnivores.

L'ordre le plus représenté dans la station de Chréa est celui des Diptères, et les Hyménoptères pour la station de Theniet ElHad et Tikjda. Un effectif de quatre vingt treize(93) espèces d'insectes a été inventorié sur *Cedrus atlantica*. Les espèces d'insectes rencontrées appartiennent à divers groupes des défoliateurs, des suceurs de sève, des Tordeuses, des corticoles et xylophages. A cela quelques espèces prédatrices en association avec les déprédateurs de *Cedrus atlantica* ont été recensées. Certaines espèces sont spécifiques à l'arbre et trouvent des conditions favorables à leur développement, d'autres sont polyphages et se trouvent sur le Cèdre de l'Atlas. Enfin, un groupe d'insectes secondaires se trouve accidentellement sur cet arbre car, ils l'utilisent comme un endroit de refuge ou de passage. La répartition des espèces rencontrées est liée aux différents organes de l'arbre par le mode de vie et les conditions du milieu propre à chaque insecte [38]

D'une part, le desserrage du peuplement forestier permet de diminuer la concurrence et dans une certaine mesure de favoriser la biodiversité entomologique sans pour autant être nuisible [37]. D'autre part, des populations d'insectes peuvent survenir à la suite de périodes de sécheresse pouvant favoriser la croissance, la reproduction et la résistance de ces ravageurs [117].

La comparaison globale des peuplements entomologiques inféodés aux aiguilles du Cèdre ont fait l'objet d'un suivi systématique au sein des trois stations de Cédraie. L'analyse des données d'observation de la période allant de mars 2019 au mois de juin 2019, a mis en évidence une richesse de 93 espèces d'insectes inventoriées dans les trois stations d'étude (Chréa, Theniet Elhad et Tikjda)

Nos constatations nous ont permis de montrer que la répartition des espèces rencontrées est liée aux différents organes de l'arbre par le mode de vie et les conditions du milieu propre à chaque insecte. Il est à souligner qu'un grand nombre d'espèces a été inventorié au cours de la période printanière. Cette abondance se traduit par les conditions clémentes favorables au développement des insectes ainsi qu'à leurs complexes parasitaires [182][183]. De plus, le nombre d'espèces diffère d'une station à une autre ceci peut être lié à l'état sanitaire des arbres en relation avec les facteurs des milieux. Quelques travaux fragmentaires sur l'entomofaune

associées au Cèdre de l'atlas ont été réalisés sur les cédraies du nord d'Afrique et en Algérie. Parmi ces études nous citons : Mineur (1935) [184], Remaudière (1954) [185] et Fabre (1976)[186] pour le nord de l'Afrique ; Mouna (1988)[187] et Mouna et Fabre (2002)[188] dans la cedraie du moyen Atlas ; Mhenni (1994) dans diverses cédraies Algériennes [189]. Nous citons aussi ceux de la cédraie de Chréa [190 ; 191,192 ; 193], de Theniet ElHad [194 ; 195 ; 37,38] et de Tikjda [196].

L'analyse de la liste des espèces montre que l'ordre des Hyménoptères est représenté par trente et un (31) espèces réparties en dix-neuf (19) familles. Les espèces de Coléoptères répertoriées représentent un pourcentage de 22% de l'entomofaune totale. Les Diptères rencontrés comptent 08 espèces appartenant à sept familles qui sont les Cecidomyiidae, les Agromyzidae, les Chloropidae, les Muscidae, les Calliphoridae, les Phoridae et les Sciaridae et qui représentent un pourcentage de 14%. Les Hémiptères représentent un pourcentage de 10% de l'entomofaune globale soit cinq (5) espèces du total réparties en cinq (5) familles (Anthocoridae, Pyrrhocoridae, Miridae, Pentatomidae, Cicadellidae). L'ordre des Homoptères est représenté par quinze (15) espèces réparties en trois (3) familles (Aphididae, Aleyrodidae, Psyllidae) avec un taux de 6%.

L'ordre des Névroptères, Thysanoptères et Psocodea ne sont représentés que par un taux de 2% de l'entomofaune globale. Les espèces énumérées et peuvent être nuisibles quand les conditions sont favorables à leur multiplication.

Au niveau de la station de Chréa, l'ordre des Diptères est représenté par sept (8) espèces réparties en sept (7) familles. Les espèces de Diptères représentent un pourcentage de 41.83% de l'entomofaune globale.

Pour la station de Theniet Elhad, le calcul de l'abondance relative des ordres d'insectes montre que les Hyménoptères représentent l'ordre le plus dominant avec un taux de 52.35% de l'entomofaune. Cet ordre compte 31 espèces appartenant à dix-neuf (19) familles.

Dans la station de Tikjda, l'ordre le plus dominant est celui des Hyménoptères avec 63,71% suivi par l'ordre des Diptères avec 13,32%. En troisième position nous trouvons les Thysanoptères avec 11,23% suivi par l'ordre des Coléoptères avec

6,27%. Les autres ordres de faibles portions sont : les Hémiptères avec un taux de 3,13%, les Homoptères avec 1,31% et les Lépidoptères avec 0,26%.

Concernant les insectes Homoptères rencontrés au cours de nos investigations, nous avons recensé seulement 4 espèces appartenant à deux familles dont trois espèces de Cochenilles *Diaspididae* et une espèce aphidienne *Cinara cedride* la famille des *Lachnidae*.

2. Dynamique des populations de *Dynaspidotus regnieri*

Les espèces de cochenilles *Leucaspis pini* et *Dynaspidotus regnieri* peuvent cohabiter ensemble, contrairement à l'espèce *Chionaspis kabyliensis* qui semble se localiser individuellement sur les aiguilles. D'après la littérature, *Leucaspis pini* est très spécifique du genre *Pinus*, mais peut s'attaquer au Cèdre. Quant à *Dynaspidotus regnieri*, elle a été décrite sur *Cedrus atlantica* dans la cèdraie d'Azrou au Maroc en 1926. Elle a aussi été trouvée en Algérie à Chrea en 1927, dans l'Atlas Blidéen au dessus de 1450m d'altitude [197,198, 199][38] et en 1983 dans les jardins à Ségovie en Espagne. Sa présence a été signalée pour la première fois dans la cèdraie du parc national de thniet elhad [194 ; 37]. Elle a été aussi signalée dans la Cèdraie de Belezma à Batna par Adoui (1991) [200]. Au Maroc, elle fut également signalée dans des certains ouvrages scientifiques [38]. Cette Diaspine a été considérée comme un nouveau parasite dans les forêts du Cèdre de l'Atlas en France [132] ou des individus de cette espèce ont été détectés en 2012 sur des aiguilles dans un peuplement de cèdre de l'Atlas âgé d'une quarantaine d'années dans la commune d'Antonaves située dans le département des Hautes-Alpes.

Les résultats de l'évolution temporelle comparée des populations globales et des différents stades de *Dynaspidotus regnieri* ont montré que cette cochenille est présente sous formes de deux stades larvaires 1 et 2, ainsi qu'à l'état femelle. Un niveau d'infestation hiverno-printanier a été plus prononcé que celui des pré-nymphes et nymphes à Chréa et Theniet elhad qu'à Tikjda. Cependant, durant la phase hivernale, l'infestation des larves du premier stade est plus importante que celle des larves de deuxième stade qui se rapproche de celle des femelles dans la station de Chréa. Alors que les infestations des larves de premier et deuxième stade se raccordent à Theniet Elhad. L'infestation printanière globale reste très peu marquée que celle de l'hiver dans les trois stations. Les populations sont beaucoup

Chapitre III : Résultats et discussion

plus représentées par les larves de 2^{ème} stade par rapport à celles des larves mobiles et fixe de 1^{er} stade, qui diminuent pour devenir très rares. Les pré-nymphes et les nymphes sont très peu abondantes et les femelles sont présentes durant toute la période d'étude. Au niveau de la station de Chrea, les larves de 1^{er} stade sont présentes durant le mois de Décembre, alors que les larves du 2^{ème} stade et les femelles sont présentes entre les mois de Février et Avril. Les pré-nymphes et les nymphes apparaissent entre les mois de Mars et Mai. Au niveau de l'exposition Sud, les femelles et les larves de 1^{er} stade sont présentes entre les mois de Décembre et Février. Alors que les larves de 2^{ème} stade, les pré-nymphes, les nymphes apparaissent entre Février et mai. Il ressort de ces résultats que la cochenille du cèdre de l'Atlas, *Dynaspidiotus regnieri* arrive à se préserver durant la période hivernale sous forme de larves de premier et de deuxième stade, mais également à l'état de femelle immature, non pondreuse. Au printemps, les infestations sont représentées beaucoup plus par les larves 2 que par les larves 1. Le cycle biologique des femelles, dans les deux stations et quelque soit l'exposition, diffère de celui qu'elle développe en Espagne [130]. Ce même auteur précise que la biologie de cette espèce n'est pas connue dans son aire d'origine et seuls les travaux des données biologiques dans le centre de l'Espagne (Ségovie et Madrid) arrivent à démontrer que *D. regnieri* est une espèce univoltine (une seule génération par an) et que les femelles adultes fécondées (aux téguments très sclérifiés) sont présentes sur les aiguilles de cèdre tout au long de l'année, constituant également la forme de résistance en hiver. Ces auteurs précisent que les larves de stade 1 mobiles, n'apparaissent qu'au début du mois de juin, constituant la forme de dispersion de l'espèce et restent présentes jusqu'en septembre, avec un maximum en juin ou juillet. Les larves de stade 2 peuvent être présentes jusqu'à mi-octobre et les jeunes femelles adultes de mi-juillet à novembre.

Les morphes mâles pré-nymphes, nymphes et adultes n'apparaissent et ne se préservent qu'au printemps aussi bien à Chréa, Theniet El Had qu'à Tikjda. Ils apparaissent en été. Le cycle à Chrea et Thniet El Had ne présente pas le même type de cycle de vie annuel que celui observé en Espagne par Del Estal [130] montrant que les mâles aux stades pré-pupe, pupes et adultes sont présents durant une partie de l'hiver en faible proportion, mais aucun ne survit jusqu'au printemps. La

majorité d'entre eux n'est présents que du début juillet jusqu'à la fin août ce qui confirme nos résultats à Tikjda.

3. L'effet des facteurs climatiques et physico-chimiques sur les infestations de la cochenille *Dynaspidotus regnieri*

Les résultats portant sur l'effet des interactions des facteurs physico-chimiques (teneur en eau, acides aminés, proline) des aiguilles des rameaux à exposition Nord et Sud du cèdre de l'Atlas dans les stations de Chrèa et Theniet Elhad, ainsi que l'effet des facteurs climatiques, sur les infestations de *Dynaspidotus regnieri* montrent qu'ils ont des effets controversés. Ainsi, la température a un effet majoratif sur la production des acides aminés par rapport à la production de la proline qui est la moins prononcée au niveau des aiguilles de l'exposition Nord ; sur lesquelles les infestations sont les plus importantes sous l'effet des températures minimales. L'augmentation du taux de la proline et des infestations sont moins importantes sous l'effet des températures maximales, mais qui diffèrent selon les stations (Chrèa 1500 m, Theniet Elhad à 140 et Tikjda à 1500 m). Les températures maximales provoquent une augmentation du taux de proline, mais une diminution des infestations quelque soit les stations. Par contre, la production temporelle des acides aminés et de proline est la plus marquée pendant la période hiverno-printanière et sous l'effet des températures minimales. Les résultats obtenus nous permettent d'avancer que, quelque soit l'exposition et la station, la disponibilité des éléments nutritifs facilement assimilables, en particulier l'augmentation de la synthèse des acides aminés, provoque une augmentation du niveau d'infestation, et induisent la plante à produire des métabolites secondaires de stress, la proline dont la sécrétion s'observe en particulier au niveau des aiguilles des rameaux dans chaque station. En absence d'études similaires sur cette espèce de cochenille, nous nous sommes documentés et nous avons essayé de confronter nos résultats à ceux des travaux réalisés sur d'autres insectes, en particulier les Aphididae ; dont le régime alimentaire est similaire. Ce groupe d'insecte est sensible à la qualité nutritive des plantes, puisqu'un changement de statut nutritif des plantes affecte directement ou indirectement leur croissance [201], sans affecter leur métabolisme [191]. Des études réalisées par quelques chercheurs, [202 ; 203 ; 204] ont montré que les glucides et les acides aminés sont les métabolites prédominants dans la sève élaborée. Les acides aminés sont des éléments essentiels dans la nutrition des cochenilles, dont la

teneur peut varier selon le stade phénologique [205 ; 206] et la nutrition minérale azotée de la plante [207].

L'accumulation de la proline dans les aiguilles des rameaux à exposition Nord est une, des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement [208]. Ce marqueur est également intéressant pour évaluer leur résistance au stress [209]. De même, les niveaux de l'infestation printanière beaucoup plus prononcés que ceux de l'hiver quelque soit la station, mais plus marquée à Chrea qu'à Theniet Elhad et au Sud qu'au nord, sont dûs à la disponibilité plus importante de jeunes pousses et des acides aminés, accompagnée chez la plante par la production du facteur marqueur de stress, la proline. Les jeunes feuilles les plus riches en azote, mais plus pauvres en métabolites secondaires de défense, sont plus recherchées par les insectes car elles augmentent la rapidité de développement des larves et des nymphes, comme elles augmentent également la taille des larves, des nymphes et celle des adultes et améliorent leur fécondité [210]. Ainsi, lorsqu'elles éclosent en début de saison, les larves recherchent davantage des feuilles de bonne qualité nutritive. Lorsqu'elles éclosent en fin de saison, les valeurs nutritives des feuilles sont déjà plus homogènes. Chucho et *al.* (2014) [211] avaient déjà démontré que les différences de teneur en acides aminés ainsi que les concentrations en isoleucine, en leucine et en phénylalanine, 3 acides aminés essentiels aux insectes, sont plus élevées dans les jeunes feuilles ; mais leurs teneurs et leurs disponibilités diminuent au fur et à mesure de la maturation des feuilles. Par contre, la teneur en acides aminés non-essentiels augmente dans les vieilles feuilles, notamment en alanine et en proline. C'est ce qui est également vérifié par nos résultats.

L'impact des changements climatiques sur les insectes est étroitement lié à l'augmentation de la température, un paramètre important qui régule leur vitesse de développement [212 ; 212].

Conclusion et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Les cédraies en Algérie, qui occupent des surfaces d'inégale importance de l'Est à l'Ouest du pays, sont attaquées par plusieurs ravageurs qui peuvent causer une dégradation de cette essence forestière s'ils ne sont pas contrôlés. Une connaissance de leur dynamique de population ainsi que leurs ennemis naturels est nécessaire et primordial pour les maîtriser.

Cette étude est menée dans la Cédraie de Chréa (Blida), Theniet Elhad (Tissemsilt) et Tikjda (Bouira), dont le but est d'étudier le cycle biologique, l'évolution temporelle, les périodes d'infestation de la cochenille du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnierii* l'effet des facteurs physico-chimiques de la plante ainsi que les facteurs climatiques sur ses infestations. Nous sommes intéressés également à l'entomofaune associée au cèdre de l'Atlas dans les régions d'étude.

Nous avons réalisé un échantillonnage des aiguilles du cèdre de l'Atlas, et placé des pièges d'attractions (plaques jaunes) dans les pépinières des cédraies des trois régions. L'étude de l'inventaire de l'entomofaune associée au Cèdre de l'Atlas montre qu'un effectif de quatre vingt treize (93) espèces d'insectes a été inventorié à partir du *Cedrus atlantica*. Les espèces d'insectes rencontrées appartiennent à divers groupes des défoliateurs, des suceurs de sève, des Tordeuses, des corticoles et xylophages. A cela quelques espèces prédatrices en association avec les déprédateurs de *Cedrus atlantica* Man. ont été recensées. Certaines espèces sont spécifiques à l'arbre et trouvent des conditions favorables à leur développement, d'autres sont polyphages et se trouvent sur le Cèdre de l'Atlas

Ce travail a été consacré aussi, à l'étude de l'incidence des facteurs climatiques et de leurs interactions avec les facteurs physico-chimiques, ainsi que leur incidence sur les infestations de la cochenille du cèdre de l'Atlas *Dynaspidiotus regnieri* dans la station de Chréa et de Theniet Elhad. Nous avons démontré que quelque soit l'exposition, et l'altitude des milieux d'étude, les différents stades présentent deux périodes d'infestation ; la première automno-hivernale qui se caractérise par la présence plus marquée des larves L1 que celle des larves 2 et des femelles, contrairement à la période printanière durant laquelle prédominent les Larves 2, par rapport aux larves 1, pré-nymphes, nymphes et femelles. Cette cochenille passe l'hiver sous forme de jeunes larves de premier, deuxième stade et de femelle. Les

résultats portant sur l'effet des interactions des facteurs physico-chimiques (teneur en eau, acides aminés, proline) des aiguilles du cèdre de l'Atlas, montrent que l'exposition a un effet sur la production des acides aminés. Elles sont plus importantes par rapport à la production de la proline sur l'exposition Nord. L'infestation est plus importante sous l'effet de la température minimale, au niveau de l'exposition Sud et provoque en période printanière une augmentation du taux de proline et des infestations qui sont induits par la disponibilité des éléments nutritifs facilement assimilables, en particulier l'augmentation de la synthèse des acides aminés, mais qui induit la plante à produire des métabolites secondaires de stress qui est la proline.

En perspective, il serait intéressant de compléter ce travail par des études plus approfondies sur les parasites qui s'attaquent aux femelles de la cochenille du Cèdre de l'Atlas. La technique de piégeage employée (pièges jaune englué) semble être complémentaire du point de vue qualitatif et quantitatif. Il est nécessaire que cette technique soit complétée par d'autres techniques pour des études plus approfondies visant plusieurs de leurs aspects, entre autre, connaître encore mieux le cortège des insectes ravageurs selon les différents stades de dégradation sanitaire des arbres ; leurs mécanisme d'installation sur les arbres; par la suite étudier leur bio-écologie ainsi que leur nuisibilité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] GIEC., 2007- Bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques. Rapport du groupe de travail du GIEC .27p.
- [2] Toth J., 1978- contribution à l'étude de la fructification et de la regeneration naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans le sud de la France. These, ing.Univ. Paris, 136 p.
- [3] Barriteau M. et Ferrandes P., 1990- L'amélioration des cèdres en France. In actes du Symposium International sur le cèdre. Antalya, Turquie : 366-379.
- [4] El hassani A., Graf P., Hamdaoui M., Hanachi K. et Moussaoudi J., 1994- Ravageurs et maladies des forets au Maroc. Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forets.Edition D.P.V.C.T.R.F., Rabat, 203 p.
- [5] Di Croce G., 1999- La déforestation .1^{er} Sem.Algéro-Italien sur la protection du patrimoine naturel, Alger, 4-12.
- [6] Zamoum M., 2002- La foret algerienne. Revue inf. vul., Alger, (4) :4-5.
- [7] Arrus R., 1997– Scénarios, eau et stratégie de développement en méditerranéen. L'Algérie, un exemple CIHEAM, option méditerranéen : 31,171-191.
- [8] Xoplaki E., Gonzalez-rouco J.F ; Luterbacher J. and Wanner H., 2004- Wet season mediterranean precipitation variability : influence of large-scale dynamics and trends Climate dynamics : 23, 63-78.
- [9] Yahi N., 2007-Etude phytoécologique et phytosociologique et problèmes de conservation des cédraies algériennes. Thèse de doctorat, USTHB.
- [10] Touchan R., Anchukaitis K.J., Meko D.M., Sabir M., Attalah S., Aloui A., 2011 : Spatiotemporal drought variability in northwestern Africa over the last nine centuries. Climate Dynamics, (37), 237-252.
- [11] SPANB, 2016 : La biodiversité pour le developpement économique et social durable et l'adaptation au changement climatique>>. Ministère des ressources en eau et de l'environnement, 158p.

[12] Derridj 1990 - Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Doc. U.P.S Toulouse .288 p.

[13] M'hirit O., 1994- Le cèdre de L'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Siva Méditerranéa « le Cèdre.*Ann.Sci. For.Maroc. Numérospecial (27). Vol I : 03-22.*

[14] Lanier L., (1976) - Mycologie et pathologie forestières. Tome II. Pathologie forestière. Edition Masson. Paris. Pp : 16-26.

[15] M'hirit O., (1982) - Études écologiques et forestières des cédraies du Rif Marocaine : essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc. Vol. 2. 499 p.*

[16] Ferrandes P., (1986) - Cèdres. *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, n° spécial "Amélioration génétique des arbres forestiers". Pp: 139-141.

[17] Benabid A., 1994 - Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. Pp : 61-76.*

[18] Dahmani-Megrerouche M., 1997- Le chêne vert en Algérie, syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse de doctorat d'Etat. USTHB, 384p.

[19] Ezzahiri M., et Belghazi B., 2000 : Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du Cèdre de l'Atlas au moyen Atlas (Maroc).*Science et changement planétaire/Sécheresse.Vol 11 n°2 : 79-89.*

[20]Khanfouci M.S., 2005 - Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif du Belezma.Thè. Mag.Uni. Batna 249p.

[21] De Peyerimhoff, 1919-1933 –Les Coléoptères attachés aux Conifères dans le nord de l'Afrique. *Ann.Soc.Entm.Fr.*, 102, Pp: 359-412.

[22] Villiers A., 1946 -Coléoptères Cérambycides de l'Afrique du nord. Faune de l'Empire Français, Tome 5. *Off.Sci.col.*, Paris, 152p.

- [23] Balachowsky A.S., 1963 /1962- Entomologie appliquée à l'Agriculture. Tome 1, vol 2, Paris, Masson, 1391 p.
- [24] Chararas C., Juster M. et Balmain-oligo N., 1968 - Recherches sur le stimulus attractif de *Cedrus libani* BARR. Vis-à-vis de *Phloeosinus cedri* SCHEDL. (Coléoptère Scolytidae). Bull.Soc.Zool., 93 (2) :309-316.
- [25] Mouna M., Bigot L. et Fabre J-P., 1985 -Comparaison des communautés frondicoles des Coléoptères du Cèdre (*Cedrus atlantica* Man.) en France (Provence) et au Maroc (Moyen-Atlas).Vie Milieu, 35 (2) : 99-106.
- [26] Fabre J-P., 1988 – Possibilités d'infestation par les pucerons : *Cedrobium laportei* Remaudière, *Cinara cedri* Mineur (Homoptera, Lachnidae), chez le genre *Cedrus*. Ann.Sci.For., 45 (2) : 125 -140.
- [27] Demolin G., Frerot B., Chambon J.P et Martin J.C., 1994- Réflexions biosystématiques sur toutes les processionnaires du genre *Thaumetopoea* Lep. Thaumetopoeidae, considérée comme ravageurs importants des cèdres *Cedrus libani* Barel et *Cedrus atlantica* Manetti sur le pourtour du bassin méditerranéen. Ann.Rech.For., T. (27) : 577-591.
- [28] Gachi M., 1994 – Note sur la présence en Algérie de la processionnaire du Cèdre : *Thaumetopoea bonjeani* Powell (Lepidoptera ; Thaumetopoeidae). Ann.Rech.For., T. (27) : 527-537.
- [29] Mouna M. et Graf P., 1994- Les ravageurs xylophages et sous-corticaux du Cèdre in : El Hassai A., Graf P., Hamdaoui M., Harrachi K., Messaoudi J., Mzibri M.et Stiki A. (Eds), Ravageurs et maladies des forêts du Maroc. DPVCTRF, Rabat, Pp: 54-56.
- [30] Khemici M., 2001 – Protection des cèdraies en Algérie : Inventaire des insectes ravageurs et réseaux d'avertissement et de lutte in : workshop on « Assessment of the scale of insect infestation in Cedar forest in Lebanon and the Mediterranean region ». Univ., Beirut, Liban, Pp : 10-18.

- [31] Mouna M. and Fabre J.P., 2005– Pest Insect of Cedar : *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in Mediterranean Forest Ecosystems. INRA, France, Pp : 89 -103.
- [32] Halitim S, 2006 - Contribution à l'étude de la réserve utile en eau des sols de cédraies dans les Aurès : influence des facteurs édaphiques. Thèse de magister, université de Batna (Algérie).86 p.
- [33] Kherchouche D., Kalla M., Gutierrez E., Briki A. et Dhamch A., 2013 - La sécheresse et le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Belezma (Algerie). Rev. Secheresse 2013 ; 24 : 129 –137.
- [34] Quézel P. & Médail F., 2003- Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 592 p.
- [35] Mouna M., 1994- Etat des connaissances sur l'entomofaune du Cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. Ann. Rech. For. Maroc, T(27) : 513-526.
- [36] Mouna M., 2001- Les principaux insectes ravageurs du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) au Maroc in : workshop on " Assessment of the scale of insect infestation in cedar forest in Lebanon and the Mediterranean region ". Univ., Beirut, Liban, pp. 25-34
- [37] Abdelhamid D., 1999- Contribution à l'étude biologique de l'entomofaune du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti (1844) dans la cédraie de Theniet El Had (Algérie). Thèse de magister, INA, Alger.
- [38] Abdelhamid D., 2018-Le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had : Investigations des principaux facteurs. Thèse de doctorat, univ. Blida 1. Blida. Algerie.160p.
- [39] Boudy P., 1950- Economie forestière Nord-Africaine T.2: Monographie et traitement des essences forestières. Edition Larose. p. 529-619.
- [40] White F., 1986- La végétation de l'Afrique, mémoire accompagnant la carte de la végétation d'Afrique, UNESCO/AETFAT/ UNSO : recherche sur les ressources naturelles X X, 391p.

[41] Maire R., 1928- Origine de la flore des montagnes de l'Afrique du Nord. Mém. Soc. Biogéog., 2, 187-194.

[42] Larbi R., 2015- Analyse de la diversité floristique et de la phytodynamique de la série de végétation à *Cedrus atlantica* au Djurdjura Centro- méridional (Secteur de Tikjda). These Magi. Univ. M.M.T.O., 103p.

[43] Le Houérou H.N., 1990- La forêt et l'utilisation des terres dans le bassin méditerranéen en 2050. Le modèle de circulation mondial « global change ». Forêt méditerranéenne, XII ; 3. Pp : 225-224.

[44] Tassin C., 2012. Paysages végétaux du domaine méditerranéen : Bassin méditerranéen Californie, Chili central, Afrique du Sud, Australie méridionale IRD (Institut de Recherche pour le Développement). Edition Marseille 2012.

[45] Quézel P., 1998- Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique. Forêt médit. 19 : 243-260.

[46] Nedjahi M., 1988- la croissance et la productivité du cèdre de l'Atlas à Chréa, Ann.Rech. Forest.Algérie, Vol2, Pp23-58.

[47] Benchechrone F., 1993- L'économie de la cédraie marocaine et son impact sur le développement des collectivités locales, Annales des Recherches Forestières du Maroc 27(spécial), Pp : 714-724.

[48] M'hirit O., Benziane M., Bariteau M., Lahlou B., Kerrouani H., Abourouh M., Naggar M., El Yousfi S.M., Mhamedi A., Benchechrone F., Chahou D., Naciri M., Fennane M., Mouna M., Benhalima S., Et-Tobi M., Qarro M., El Abid A., Meghnoudj M., Merraha M., Hadjib S., Villement C. et Fabre J.P., 2006- Le cèdre de l'Atlas (mémoire du temps). Ed. La croisée des chemins, Casablanca, 288p.

[49] Terrab A., Paun O., Telavera S., Teremetsberger K., Arista M. et Stuessy T.F., 2006. Genetic diversity and populations of Moroccan Atlas cedar (*Cedrus atlantica*, Pinacea) determined with cpSSR markers, American Journal of Botany 93(9), pp : 1274-1280.

[50] Helis L., 2006- Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique, problème de conservation et

d'aménagement. Ed : Thèse doc.ing.fac/des sciences et techniques ?st Jérôme Aix Marseille, 200p.

[51] Quézel P., 1957- Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Lechevalier(Ed).Paris. France, 463p.

[52] Abdessemed K., 1981- Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Étude phytosociologique. Problèmes de conservation et d'aménagement. Université d'Aix- Marseille, 1981. 199 p. (Thèse de docteur-ingénieur).

[53] Quézel P. et Barbero M., 1989- Les formations à Genévriers rampants du Djurdjura ; leur signification écologique dynamique et syntaxinomique, dans une approche d'interprétation globale des cédraies kabyles. *Lazaroa*, 2 : 85-99.

[54] Meddour, R., 1994- Cédraies de l'Atlas Blidéen, bioclimatologie, syntaxonomie et dynamique Séminaire sur le Cèdre de l'Atlas.Ifrane (Maroc, 7-11 juin 1993).Ann. Rech. For. Maroc., 27(numéro spécial), Vol.1.Edité par M'Hirit, O., Samih, A. et Malagnoux, M. Pp: 106-127.

[55] Tafer M., et Zergane R., 1994- Contribution à l'analyse phytosociologique et structurale de la série de *Cedrus atlantica* de Tikjda (versant méridional de Tikjda).Mémoire Ing. Agr. U.M.M.T.O.140 p.

[56] Yahi N. et Mediouni K. 1997- Phytosociologie des groupements végétaux à cèdre « *Cedrus atlantica* Manetti » du massif de Théniet El Had(Algérie). Colloques phytosociologiques, XXVII : 479-490.

[57] Yahi N., Mediouni K. et Géhu J-M., 1999- Syntaxonomie des groupements à cèdre« *Cedrus atlantica*Manetti » d'Algérie. Documents phytosociologiques, Vol XIX, Bailleul, France.

[58] Gharzouli R., 2007- Flore et Végétation de la Kabylie des Babors : étude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post forestiers des djebels Takoucht, Adrar Oumelal, Tababort et Babor. Thèse doctorat, Univ. Sétif, Algérie.

- [59] Meddour R., 2010- Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie. Thèse. Doct. Agr. Option : Foresterie. U.M.M.T.O. 398p.
- [60] Panetsos K.S., Scaltsoyiannes A. and Tsaktsira M., 1994 – Genetic variations in Allozymes of *Cedrus libani* A. Rich. And *Cedrus atlantica* Manetti). *Ann. Rech. For.*, T (27) :419-434.
- [61] Scaltsoyiannes A., 1999- Allozyme defferentiation and phylogeny of cedar species, *Silvae Genet.*48 : 61-68.
- [62] Krouchi F., 2010- Étude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala-guilef, Djurdjura nord – ouest, Algérie). Thèse. Doct. Univ.Mouloud MAAMERI, Tizi-Ouzou, Algérie, 156p.
- [63] Maire R., 1952-1980- Flore de l'Afrique du Nord 1-15. – Le chevalier, Paris.
- [64] Quézel P., 1980- Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In PESSON : Actualités d'Ecologie Forestières Bordas édit., Paris : 205-256.
- [65] Barriteau M. et Ferrandes P., 1992- Les cèdres. *In*«L'amélioration des plantes»>. Gallais A., Bannerot H., INRA. Paris : 732-743.
- [66] Farjon A., 1990- Pinacéae, drawing and descriptions of the jenera : *Abies*, *drus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Kathaya*, *Pseudotsugatsuga*, L'and *Picea*. Ed. Koeltz zcientific Books,D-6240 Konigstein/Federal Republic Germany. 330p.
- [67] Toth J., 2005- Le cèdre de France. Etude approfondie de l'espèce. Ed. L'harmattan. Paris, 207P.
- [68] Boudy P., 1952- Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La Maison Rustique. 505 p.
- [69] Sabatier S. et Barthelemy D., 1994- Premières observations sur l'architecture du Cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carriere, (Pinacea). *Ann.Rech.For.*, T(27) : 363-379.

- [70] M'hirit O., 2006- Le cèdre de l'Atlas : Mémire du temps. Ed. MARDAGA. 288p.
- [71] Derridj A., 1990- Etude des populations du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algerie. Thèse de doctorat. Univ. Paul Sabatier. Toulouse, 288 p.
- [72] Aussenac G. et Guehl J., 1990- Ecophysiologie du cèdre (*Cedrus* sp.). Conséquence pour la sylviculture station de sylviculture et de production INRA, Nancy, pp : 191-139
- [73] Emberger, L., 1938- Contribution à la connaissance des cèdres en particulier du Deodar et du cèdre de l'Atlas. Rev. de Bot. App. Et d'Agr. Tropicale. Bull. n°198 Fev. Tome XVII, pp. 77-91.
- [74] Abdessemed K., 1982- Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif de l'Aurès et du Belazma. Etude phyto-sociologique. Problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse de Doc. Ing. Fac. Des sciences et techniques, St Jérôme Aix Marseille ,200p.
- [75] Courbet F., Lagacherie M., Marty P., Ladier J., Ripert C., Riou-Nivert P., Huard F., Amandier L. & Paillassa É., 2012- Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations P 7.
- [76] Toth J., 1980.- Le cèdre dans quelques pays du pourtour Méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière forêt méditerranéenne. t. II. N° 1. 1980. Page 1.
- [77] Morandini, R. and Mercurio, R., 1990- Atlas Cedar (*Cedrus atlantica* M.) in Italy. In actes du Symposium International sur le cèdre. Antalya, Turquie.
- [78] Krouchi F., 1995- Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tal-Guileg (Djurdjura Nord Occidental). Thè. Mag. INA. Alger. 105p. 6 Annexes.
- [80] Quezel, P., 1976- Les forêts du pourtour méditerranéen. In Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB, 2. Pp : 9-33. UNESCO, Paris.

- [81] Benhalima S., 2006- Les insectes ravageurs du cèdre de l'Atlas, *In : Le cèdre de l'Atlas ; mémoire du temps*. Editions MARDAGA, Belgique, 300p.
- [82] Putod R., 1979- Le reboisement du cèdre dans le Sud-est de la France. Bull. Vulg. Forrest. N°8 P : 58.
- [83] HALIMI, A., 1980- L'Atlas Blideen, Climat et étage végétaux. Ed. O.P.U. Alger : 523 p.
- [84] Le Houerou H.N., 1975- Deterioration of the ecology in the arid zones of North Africa. FAO, Rome. Pp : 45-57.
- [85] Pujos A., 1966- Les milieux de la cédraie marocaine. Etude d'une classification des cédraies du Moyen Atlas et du Rif en fonction du sol et du climat de la régénération actuelle dans les peuplements. Ann. Rech. For. Maroc. 8 : Rabat 283.
- [86] Benabid A., 1982- Etudes phytoécologique, biogéographique et dynamique des associations et séries sylvatiques du Rif occidental(Maroc). Thèse. Doct. Univ.Sci. Aix Marseille. 199p+ ann.
- [87] Gaussen H., 1967- Les gymnospermes actuelles et fossiles. Faculté des sciences de Toulouse, Fasc. 7, 477p.
- [88] Aussenac G., 1984- Essai d'interprétation bioclimatique et éco physiologique. Ed : BUU. SOC, Sci, Nat. Vaucuse, pp : 386-387.
- [89] Quézel P. 1978 - Conifères du pourtour méditerranéen. Thèse Doc., Univ. St Jérôme, Marseille, pp 213-256.
- [90] Emberger L., 1935- La distribution géographique du cèdre au Maroc. C.R. Soc. Biog., 12, 45-58.
- [91] Emberger L., 1930- La végétation de la région méditerranéenne, essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Gén. Bot. 42 :641-662, 705-721.
- [92] Harfouche et Nedjahi A., 2003- Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies du Belezma et de l'Aurès à la recherche de peuplements semenciers et d'arbre. Rev. For. Fr. Vol. 55, n°2, Pp : 113-122.

- [93] Belloula N., 2011- Etude expérimentale de l'Influence de la typologie des Cédraies sur la distribution des formes d'Azote dans certains sols du massif forestier du Chelia (W. De Khenchela) Magister Filière : Sciences Agronomiques, Option : Forêts et conservation des sols 136p.
- [94] Emberger L., 1938- Contribution à la connaissance des Cèdres et en particulier du Deodar et du Cèdre de l'Atlas. In: Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale. 18e année, bulletin n°198, février 1938. Pp : 77-92.
- [95] Meddour-Sahar O., Meddour R. et Derridj A., 2008- Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007). Les notes d'analyse du CIHEAM. N° 3 9.11p
- [96] Ben Jamaa M.L. et Abdelmoula K., 2004- Les feux des forêts dans la subéraie Tunisienne- Vivexpo. Le chêne-liège face au feu. I.N.R.G.R.E.F. Tunisie. 11p
- [97] Barbero M., Quezel P., et Loisel R., 1990- Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. Forêt méditerranéenne, XII, 3 : 194-216.
- [98] Bentouati A., 2008- La situation du Cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). Forêt Méditerranéenne, t. XXIX, (2) : 203-208.
- [99] P.N.B. 2007- Dépérissement du cèdre de l'Atlas au Parc National de Bélezma (historique, évaluation et perspectives). P.N.B. et D.G.F., Batna, Algérie, 6 p
- [100] Bentouati A. et Bariteau M., 2006- Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). Forêt méditerranéenne t. XXVII, n° 4 :317-322
- [101] I.N.R.F., 2002- La forêt algérienne. Revue d'information et de vulgarisation. Ed. Office des publications. Ed. Institut national de la recherche forestière, (4) : 4-7.
- [102] Mouna M., 1982- Recherches écologiques sur le peuplement frondicole des insectes du cèdre (*Cedrus atlantica*) dans le moyen atlas Marocain. Th. Docteur spécialité. Univ. D'aix. Marseille. 121p.
- [103] Du Merle P. 1990- Etudier les insectes ravageurs des arbres forestiers : Pourquoi ? Comment ? ... Quelques résultats. *Forêts*, 42, (4) : 23-27.

- [104] Fairmaire L., 1868- Essai sur les Coléoptères de Barbarie (sixième partie) Ann. Soc. Entomol. Fr., Pp : 471-502.
- [105] Ghezlane A. et Bertella N., 1982- Rapport de mission effectuée dans les cédraies des Aurès. Ed. Inst. Nati. Agro., Alger, 8 p.
- [106] Zamoum M., 1998-Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermuller (Lep. Thaumetopoeidae) dans les pinèdes subsahariennes de la région de Djelfa. UFR Science, vie et environnement. Thèse Doct. Univ., Rennes, 247p.
- [107] Fabre J.P., Mouna M., Du Merle P. et Benhalima S., 1999- Le Point sur certains ravageurs du Cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord, en France et en Europe. Forêt méditerranéenne, tome 20, n° 4, 1999, pp :203-218.
- [108] El Yousfi M., 1994- La santé du Cèdre de l'Atlas au Maroc. Ann. Rech. For., T (27): 593-611.
- [109] Chararas C., 1974- La pression osmotique des essences forestières et ses rapports avec l'installation des insectes xylophages *in* Pession P-Ecologie forestière. Ed Gauthier Villart, Pp : 192-215.
- [110] Graf P. et Mzibri M., 1994- Les ravageurs sous-corticaux et xylophages : les Scolytes des pins *in* : El Hassani A., Graf P., Hamdaoui M., Harrachi K., Messaoudi J., Mzibri M. et Stiki A. (Eds), Ravageurs et maladies des forets du Maroc. DPVCTRF, Rabat, Pp.33-43.
- [111] Fabre J.P. et Mouna M., 1983- Sur la présence au Maroc d'une tordeuse *A cleris undulana* Walsingham (Lep. Tortricidae) grave ravageur des cèdres : *Cedrus atlantica* Man. *Cedrus libani* B arrel. Acad. Agriculture. France, 11 mai, 642-647.
- [112] Fabre J.P., 1994- Etat actuel des connaissances sur les ravageurs originaux de l'aire naturelle des Cèdres parvenus en France, colonisation par les insectes d'un nouvel écosystème forestier. Ann. Rech. For., T (27): 539-551.
- [113] Fabre, J.P., Chevin, H., 1991- Un nouveau ravageur du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) en Algérie, la tenthrède *Prionomeion gaullei* (Hym. : Diprionidae). Bull. Soc. Entomol. Fr., 96, 309-311.

- [114] Mouna M., 1994- Etat des connaissances sur l'entomofaune du Cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. Ann. Rech. For. Maroc, T(27) : 513-526.
- [115] Kawar N., 2001- Insect pests of cedar forest in Lebanon, in : workshop on « Assessment of the scale of insect infestation in cedar forest in Lebanon and the Mediteranean region ». Univ., Beirut, Liban, pp : 41-50.
- [116] Boudy., 1955- Economie forestière nord-africaine : Description forestière de l'Algérie et dela Tunisie. Éd. Larose, T (4), Paris, 483.
- [117] Abdelhamid D. et Chakali G., 2008– Diversité entomologique du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Manetti, 1844) dans le parc national de Theniet El Had (Algérie) (Résumé). Congrès international sur la diversité biologique des invertébrés en milieux Agricoles et Forestiers, INA, Elharrach, Alger, p.59.
- [118] Guerroudj A., 2008- Biodiversité des Scolytes des pins et du Cèdre de l'Atlas en Algérie. (Résumé). Congrès international sur la biodiversité biologique des invertébrés en milieux Agricoles et Forestiers, INA,El-Harrache Alger, p.59.
- [119] Benhalima S., 2004- Les insectes xylophages et leur rôle dans le dépérissement du Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière dans le Haut et le Moyen Atlas (Maroc). Thèse Doc., Univ. Moh. V- Agdal, Rabat, 107 p.
- [120] Ihssan S., 2001- Preliminary observation on *Phloeosinus cedri* (Scolytidae) found on *Cedrus libani* in the Syrian Costal Region in : workshop on « Assessment of the scale of insect infestation in cedar forest in Lebanon and the Mediterranean region". Univ., Beirut, Liban, pp. 3-9.
- [121] Pintureau B., Fabre J.P. et Oliveira M.L., 1990 - Étude de deux formes de *Megastigmus suspectus* Borries [Hym. Torymidae]. In : Bulletin de la Société entomologique de France, volume 95 (9-10), pp. 277-289.
- [122] Fabre J.P., 1988- Possibiités d'infestation par les pucerons : *Cedrobium laportei* Remaudière, *Cinara cedri* Mineur (Homoptera, Lachnidae), chez le genre *Cedrus*. Ann.Sci.For., 45(2) : 125-140.
- [123] Cahuzac D., 1986 – Les cochenilles des ligneux d'ornement. Rev.Phytoma, n° 383 : 37 – 38.

- [124] Guillaume A., 1938– Les animaux ennemis de nos cultures, procédés de destruction. 2^{ème} édition service de la protection des végétaux, Strasbourg, 411 p.
- [125] Belguendouz R., 2005 – Biosystématique des cochenilles diaspidines d'Algérie. Mem. Magist. Agron., Inst. Nat. Agron., El – Harrache, 86p.
- [126] Panis A., 1979 - Mealybugs (Homoptera, Coccidea, Pseudococcidae) in the scope of integrated control in Mediterranean citrus crops. *Revue de Zoologie Agricole et de Pathologie Végétale* 78(3) : 88-96
- [127] Balachowsky A., 1939 - Les cochenilles de France, d'Europe, du nord de l'Afrique et du bassin Méditerranéen. (3^e partie) III. Caractères généraux des cochenilles reproduction,développement embryonnaire, développement postembryonnaire. *Actualités Scientifiques et Industrielles* 784
- [128] Biche M., 1987– Bioécologie de *Parlatoria oleae* Colvee (Hom. ; Diaspididae) ravageur de l'olivier, *Olea europea* L, dans la région de Cap Djenet (Algérie) et étude biologique de son parasite externe *Aphytis maculicornis*. Masi (Hym. Aphelinidae). Mém. Dip. Univ. Rech., Univ. De Nice (France), 119p.
- [129] Foldi 2003– Les cochenilles. *Insectes*, vol.3, n°130, pp :27-30.
- [130] Del Estal P., Soria S. et Vinuela E., 1994- Localizacion y ciclo biologico de *Nuculaspis regnieri*, Balachw 1928 (Homoptera Diaspididae) en la zona centro de espana. *Bolletino Sanidad Vegetal, Plagas* 20(2) pp. 477-486.
- [131] Germain, J.-F., Boutte, B., Boivin, T & Chalon, A., 2014. Un nouveau parasite dans les forêts de cèdre de l'Atlas : La cochenille des aiguilles *Dynaspidiotus regnieri*. *Forêt Méditerranéenne*, 35 (1), Pp : 53-58.
<http://prodinra.inra.fr/record/361618>
- [132] Balachowsky A., 1954- Etude comparative des cochenilles du cèdre au Liban et en Afrique du Nord. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole en France*. 33, pp : 108-114. Courbet F. (coordinateur) et al 2012. *Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations*. Document RMT AFORCE, 29 pages.

- [133] Balachowsky A., 1948- Les cochenilles de France, d'Europe du nord de l'Afrique e du bassin méditerranéen. IV. Monographie des Coccoidea, classification Diaspidinae (Première partie). Entomologie Appliquée. Actualités Scientifiques et Industrielles. 1054 : 243-394.
- [134] Garcia-Lara S. and Saldivar S.O.S., 2016- Insect Pests. Encyclopedia of Food and Health : 432-436.
- [135] Petersen M.K et Hunter M.S., 2002- Ovipositional preference and larval - early adult performance of two generalist lacewing predators of aphids in pecans. *Biol. Cont.*, 25 : 101-109.
- [136] Sauvion N., Calatayud P. A., Thiery D., et marion-Poll F., 2013-*Interactions insectes-plantes*. Editions Quae.
- [137] Slansky F. J. R. et Rodriguez J.G., 1987- *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates : an overview*, In : F.Slansky Jr. and J.G. Rodriguez (eds.), New York. pp. 1-69.
- [138] Strong D.R; Lawton J.H. et Southwood R., 1994- Insects on plants : community patterns and mechanisms. Harvard University press. Cambridge, Massachusetts. 313 p.
- [139] Bernays E, Graham M., 1988- On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. *Ecology* 69 :886–892. <https://doi.org/10.2307/1941237>
- [140] Chapman R.F et Blaney W.M., 1979. Chapitre 4 : How animals perceive secondary compounds, dans Rosenthal G.A. et Janzen D.H. 1979. Herbivores, their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press. New York, New York.718 p.
- [141] Corrigan J.J. et Srinivasan N.G., 1966. The occurrence of certain D-amino acids in Insects. *Biochemistry*, 5, pp. 1185-1190.
- [142] Hahn D.A., 2005. Larval nutrition affcts lipid storage and growth, but not protein or carbohydrate storage in newly eclosed adults of the grasshopper *Schistocerca Americana*. *Journal of Insect Physiology*, 51 : 1210-1219.

- [143] Wolfersberger M.G., 2000. Amino acid transport in insects. *Annual Review of Entomology*, 45, 111-120.
- [144] Vancanneyt G., Sanz C. et Farmaki T., 2001- Hydroperoxide lyase depletion in transgenic potato plants leads to an increase in aphid performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 :8139– 8144.
- [145] Hartmann T., 2007 - From waste products to ecochemicals : Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry* 68 :2831–2846.
- [146] De Moraes C.M., Mescher M.C. and Tumlinson J.H., 2001- Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. *Nature* 410 :577–580.
- [147] Kessler A. and Baldwin I.T., 2001- Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science* 291 :2141–2144.
- [148] Mello M.O. et Silva-Filho M.C., 2002- Plant-insect interactions : an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. *Braz J Plant Physiol* 14 :71–81.
- [149] War A.R., Paulraj M.G. and Ahmad T., 2012- Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling & Behavior* 7:1306–1320.
- [150] Dicke, M., 1999- Evolution of induced indirect defense of plants (Vol. 1999, pp. 62-88). Princeton, NJ : Princeton University Press.
- [151] Mc Cormick A.C., Unsicker S.B. and Gershenzon J., 2012- The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. *Trends in Plant Science* 17 :303–310.
- [152] Pentzold S., Zagrobelny M., Rook F. and Bak S., 2014- How insects overcome two-component plant chemical defence : plant β -glucosidases as the main target for herbivore adaptation. *Biological Reviews* 89 :531– 551.
- [153] Heidel-Fischer H.M. and Vogel H., 2015- Molecular mechanisms of insect adaptation to plant secondary compound. *Current Opinion in Insect Science* 8 :8–14.
- [154] Duffey, S.S., 1980- Sequestration of plant natural products by insects. *Annual review of entomology*, 25(1), 447-477.

- [155] Müller C.B., Williams I.S. et Hardie J., 2001- The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecol Entomol* 26 :330– 340.
- [156] Renwick J.A.A. et Chew F.S., 1994- Oviposition behavior in lepidoptera. *Annu Rev Entomol* 39 :377–400.
- [157] Calatayud P.A., Ahuya P.O. and Wanjoya A., 2008- Importance of plant physical cues in host acceptance for oviposition by *Busseola fusca*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 126 :233–243.
- [158] Whitney H.M., Kolve M. and Andrew P., 2009- Floral iridescence, produced by diffractive optics, acts as a cue for animal pollinators. *Science* 323 :130–133.
- [159] Eisikowitch D. and Rotem R., 1987- Flower orientation and color change in *Quisqualis indica* and their possible role in pollinator partitioning. *Botanical Gazette* 148 :175–179.
- [160] De Melo B.T., Mota T. and Schlindwein C., 2018- Floral colour change in *Byrsonima variabilis* (Malpighiaceae) as a visual cue for pollen but not oil foraging by oil-collecting bees. *Sci. Nat.* pp: 105-46.
- [161] Prokopy R.J. and Owens E.D., 1983- Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 28 :337–364.
- [162] Bernays E.A. and Chapman R.F., 1994- Host-plant selection by phytophagous insects. Springer Science & Business Media.
- [163] Schoonhoven L.M., Loon B.V., Loon J.J.A. and van, Dicke M., 2005- Insect-plant biology. OUP Oxford.
- [164] Aroun M.E.F., 2015. Le complexe aphides et ennemis naturels en milieu cultivé et forestier en Algérie. Thèse de doctorat en protection des végétaux, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrache, Alger, 118p.
- [165] PNTH., 2019- Parc national de Theniet elhad
- [166] PND, 2009- parc national de Djurdjura
- [167] PND 2014- Parc national du Djurdjura

- [168] Faurie C., Ferra C. et Medori P., 1980- Ecologie. *Ed.J.B. Baillière*, Paris : 168.
- [169] Long G., 1974- Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire, T1 : Principes généraux et méthodes : Recueil, analyse, traitements et expression cartographique et l'information. Ed. Masson et Cie, Paris, 252p.
- [170] Ozenda P., 1982- « les végétaux dans la biosphère », Doin Editeur, Vol.57 Num (1), Paris. Pp : 83 -84.
- [171] Seltzer P., 1946- Climat de l'Algerie.Inst. Nati. Météo. phys. Globe de l'Algerie.Alger, 219 p.
- [172] Lahrech B. et Khenafif H., 2018- Evaluation de la biodiversité du parc national de Chrea (Blida). Mém. Master, Sc.Agro.uni.Blida 1. 89p.
- [173] Lemiti S., 2020- Effet de la combinaison des facteurs écologiques sur le Cèdre de l'Atlas dans le parc national de Chrea. Thèse.Doc. Uni.Blida 1, 118p.
- [174] Larbi R., 2014- Analyse de la diversité floristique et de la phytodynamique de la série de végétation à *Cedrus atlantica* au Djurdjura Centro-méridional (Secteur de Tikjda).Thèse.Mag. Uni.MouloudMAMMERI. Tizi Ouzou, 103 p.
- [175] Emberger L., 1952- Sur le quotient pluviothermique. *Sciences*, 234, pp : 2508-2511
- [176] Bagnouls F., et Gaussen H., 1953- « Saisons sèches et les indices xérothermiques », *Bull.Soc.Hist.Nat.*, Vol(8).pp : 193-239.
- [177] Naidu, B.P., D.F. Cameron Et S.V. Konduri, 1998. Improving Drought Tolerance of Cotton by Glycine Betaine Application and Selection. *Proceedings of the Australian Agronomy Conference, July 20-23, 1998, The Australian Society Of Agronomy, Australia.*
- [178] Singh, T.N., D. Aspinall, L.G. Paleg et S.F. Bogges, 1973. Stress Metabolism. II. Changes in Proline Concentration in Excised Plant Tissues. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26 : 57-63.
- [179] Hammer O., Harper D-A. T and Ryan P-D., 2001- PAST : PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION

AND DATA ANALYSIS. Palaeontologia Electronica.Vol. 4, issue 1, art. 4 : 9 pp., 178kb.

[180] Houston D.R., 1992- A host stress saprogen model for forest dieback diseases.in forest decline concepts.Ed. Saint paul (Minn) : American pathological society.1992. Pp : 3 -25

[181] Abdendi Z.E.A., 2003- Le dépérissement des forets au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte. Vol. (14), n°(4). Octobre-Novembre-Décembre 2003. Synthèse. En accès libre. Causes et stratégie de lutte (p.209-18).

[182] Balachowsky A., 1928. Contribution à l'étude des coccides de l'Afrique Mineure (Deuxième note).Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. 1. Pp. 121-144.

[183] Ramade F., 2003- Elementd'écologie : ecologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris : p 689.

[184] Mimeur J.M., 1935- Aphididae du Maroc (7^{eme} note) *Cinara cedri*. *Bull.Soc. Hist. Nat. Maroc*, 251-258.

[185] Remaudière G., 1954- Les Ciranini (Hom. Aphidoidea) du Cèdre en Afrique du Nord. *Rev.Path. Veg. Ent. Agr.*, France, pp : 115-122.

[186] Fabre J.P., 1976- Extension du Cèdre et risque d'attaque d'insectes. *Rev.fast. France*, (28) :261-269.

[187] Mouna M. et Fabre J-P., 2002-Les principaux insectes ravageurs des Cédraies *Cedrus atlantica* Manetti, *C.libani* Loud et *C. brevifolia* Henry dans le partour méditerranéen. *MEDINSECT,Rech. Ent. Forest. Méd.*, 10-11.

[188] Mouna M., 1988-La biologie et l'environnement biologique d'*Acleris undulana* Walshingam (Lep. Tortricidae. Tortricinae) ravageur du Cèdre dans le moyen Atlas Marocain. Thèse Doctorat, Sci. Nat., Institut scientifique de Rabat, 140 p.

[189] Mehenni M.T., 1994- Recherches écologiques et biologiques sur les Coléoptères des Cédraies Algériennes. Thèse Doctorat en sci. Nat., univ. Sci. Tech. Houari Boumediène, Alger, 320 p.

- [190] Belhadid Z., Chakali G., Ghalem M., Haddar L. et Boughrara H., 2013- Distribution des Caraboidea dans différents peuplements forestiers du parc national de Chr ea, Algérie. Lebanese Science Journal, Vol.14, n  (2) Pp 53-61.
- [191] Morsli S., 2005- Ecologie des pontes et des nids de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffmuller (Lep., Thaumetopoeidae) dans les cédraies di parc national de Chr ea, et dans la pinède de la région de Djelfa. Mém.ing.agro., Inst, nati, agro. El-Harrache, Alger, 65 p.
- [192] Haddar L., 2007- Analyse quantitative et qualitative de l'entomofaune de la c draie du parc national de Chr ea (Blida). Thèse.Magister, agro. Int. Nat. Agro, El-Harrach, 79p.
- [193] Belhadid Z., 2004- Contribution à l'étude de la distribution verticale de l'entomofaune dans le parc national de Chr ea. Mém.Ing. Agro., Int. Nat. Agro, El-Harrach, 71p.
- [194] Abdelhamid D., 1992- Contribution à l'étude des insectes du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)(1844) dans la c draie de Theniet Elhad. Thèse ing. Univ.des science et technologie, Blida.
- [195] Abdelhamid D., et Allal –Benfekih L., 2017- Le complexe entomologique du Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti, 1844) de la Cedraie naturelle de Theniet Elhad (Algerie). Revue Ecologie-Environnement (13) : 2017 pp : 21-36.
- [196] Ahmim M., 1989- Contribution à l'étude de l'entomofaune de la C draie de Tikjda dans le parc national de Djurdjura. Mém.Ing. Agro., Int. Nat. Agro, El-Harrach, 79p.
- [197] Balachowsky A., 1948. Les cochenilles de France, d'Europe du nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. IV. Monographie des Coccoidea, classification Diaspidinae (Première partie). Entomologie Appliqu e. Actualités Scientifiques et Industrielles. 1054 : 243-394.
- [198] Balachowsky A., 1954- Les cochenilles pal artiques de la tribu de diaspidini. Ed. Institut pasteur, paris, coll « Men. Sci. De l'I.N.S. Pasteur ». 450p.

- [199] Balachowsky A., 1954. Etude comparative des cochenilles du cèdre au Liban et en Afrique du Nord. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole en France*. 33: 108-114. Courbet F. (coordinateur) et al 2012. *Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations*. Document RMT AFORCE, 29 pages.
- [200] Adoui S., 1991- Contribution à l'étude des caractéristiques écologiques des complexes Afrique du Nord. *Rev. Pathologie végétale et d'entomologie agricole de France*, vol 33, n° 2. (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc*, (1994), T(27), 513-526.
- [201] Hartvigsen G., Wait D.A. et Coleman J.S., 1995- Tri-trophic interactions influenced by resource availability : predator effects on plant performance depend on plant resources. *Oikos*, 74, pp 463-468.
- [202] Qian Y.L., Wilhelm S.J. and Marcum K.B., 2001- Comparative Responses of Two Kentucky Bluegrass Cultivars to Salinity Stress. *Crop Science*, 41, p.1895-1900.
- [203] Dinant S., Bonnemain J.L., Girousse C., Kehr J., 2010- Phloem sap intricacy and interplay with aphid feeding, *C. R. Biologies* 333 : 504–515.
- [204] Wolfersberger M.G., 2000. Amino acid transport in insects. *Annual Review of Entomology*, 45, 111-120.
- [205] Hahn D.A., 2005. Larval nutrition affects lipid storage and growth, but not protein or carbohydrate storage in newly eclosed adults of the grasshopper *Schistocerca Americana*. *Journal of Insect Physiology*, 51, 1210-1219.
- [206] Weibull J., 1987. Seasonal changes in the free amino acids of oat and barley phloem sap in relation to plant growth stage and growth of *Rhopalosiphum padi*. *Ann. Appl. Biol.* 111: 729-737.
- [207] Comeau A., 1992- La résistance aux pucerons : Aspects théoriques et pratiques. In: Vincent Ch. et Coderre D. (Eds.), *La lutte biologique*. Ed. Lavoisier Tec and Doc, Québec, pp. 433- 449

- [208] Niraz S., Leszczynski B., Ciepiela A., Urbanska, A. and Warchol, J., 1985- Biochemical aspects of winter wheat resistance to aphids. *International Journal of Tropical Insect Science*, 6(03), 253-257.
- [209] Belkhodja M. et Benkabilia M., 2000. Proline response of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Egypt. J. of Agric. Res.*, 78, (1), pp.185-195.
- [210] Heyser J.W., DeBruin D., Kincaid M., Johnson R.Y, Rodriguez M.M. and Robinson N.J., 1989- Characterization of L [513C] – proline biosynthesis in halophytic and non halophytic suspension cultures by ¹³C NMR. *J. Plant Physiol.*, 135, 459-446.
- [211] Awmack C.S. et Leather S.R., 2002- Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 817-844.
- [212] Chuche J., Denis T., 2014. Biology and ecology of the Flavescence dorée vector *Scaphoideus titanus*: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences, INRA, 34 (2), pp.381-403.
- [213] Ladanyi M. and Horvath L., 2010- A review of the potential climate change impact on insect populations general and agricultural aspects. *Applied Ecology and Environmental Research* 8, 143-152.
- [214] GIEC, 2014- « Les changements climatiques ». Rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC. Genève. Suisse, 161 p.

ANNEXES

Annexe

Annexe 1

Températures moyennes mensuelles corrigées en °C de la zone de Theniet Elhad (2001-2012)

| Mois | Jan | Fev | Mars | Avr | Mai | Jui | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Dec | Moy |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|-------|
| m | -0,2 | 0 | 2,3 | 3,9 | 7,4 | 12,7 | 16,16 | 16,6 | 12,7 | 9,1 | 3,7 | 0,8 | 7,10 |
| M | 9,6 | 10,4 | 14,5 | 17,1 | 21,9 | 29,7 | 34,0 | 33,2 | 26,9 | 21,9 | 13,9 | 10 | 20,26 |
| $\frac{M+m}{2}$ | 4,7 | 5,2 | 8,4 | 10,5 | 14,6 | 21,2 | 25,3 | 24,9 | 19,8 | 15,5 | 8,8 | 5,4 | 13,69 |
| M-m | 9,4 | 10,4 | 12,2 | 13,2 | 14,5 | 17 | 17,8 | 16,6 | 14,2 | 12,8 | 10,2 | 9,2 | 13,13 |

Annexe

Annexe 2

Estimation des températures moyennes mensuelles corrigées (°C) pour la station de Tikjda (1500m), (période 1990-2009)

| Mois | Jan | Fev | Mars | Avr | Mai | Jui | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Dec | Moy |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|-------|
| m | -0,2 | 0 | 2,3 | 3,9 | 7,4 | 12,7 | 16,16 | 16,6 | 12,7 | 9,1 | 3,7 | 0,8 | 7,10 |
| M | 9,6 | 10,4 | 14,5 | 17,1 | 21,9 | 29,7 | 34,0 | 33,2 | 26,9 | 21,9 | 13,9 | 10 | 20,26 |
| $\frac{M+m}{2}$ | 4,7 | 5,2 | 8,4 | 10,5 | 14,6 | 21,2 | 25,3 | 24,9 | 19,8 | 15,5 | 8,8 | 5,4 | 13,69 |
| M-m | 9,4 | 10,4 | 12,2 | 13,2 | 14,5 | 17 | 17,8 | 16,6 | 14,2 | 12,8 | 10,2 | 9,2 | 13,13 |