

UNIVERSITÉ DE SAAD BLIDA 1
Faculté Des Sciences De La Nature Et De Vie
Département Biotechnologies



THESE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques
Spécialité : Entomologie appliquée

LE DEPERISSEMENT DU CEDRE DE L'ATLAS DANS LE PARC NATIONAL DE THENIET EL HAD : INVESTIGATIONS DES PRINCIPAUX FACTEURS



Par
DJAMEL ABDELHAMID

A.GUENDOZ-BENRIMA	Professeur	U.B.1.	Présidente
L. ALLAL BENFEKIH	Professeur	U.B.1.	Directrice de thèse
F. BOUNACEUR	Professeur	U. Tiaret	Examineur
Z .E DJAZOULI	Professeur	U.B.1.	Examineur
L. MESLI.	Professeur	U. Tlemcen	Examineur
M. BAHA.	Professeur	E.N.S. Kouba	Examinatrice
M .MOUNA	Professeur	U. Rabat-Maroc	Invité d'honneur

Année Universitaire 2017/ 2018

RESUME

Le cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*, et l'un des résineux les plus importants dans le nord de l'Afrique, tant du point de vue économique, esthétique, que culturel.

L'étude est menée dans la cédraie de Theniet El Had rattachée au Djebel El Meddad, située dans le prolongement du massif de l'Ouarsenis. La cédraie a subi une forte régression ces dernières années à cause du phénomène de dépérissement et l'absence de la régénération.

L'objectif de ce travail est à la fois de connaître la dynamique du dépérissement, et de faire le point sur l'impact de quelques facteurs écologiques (climat, sol, exposition et altitude..) et biologiques agissant sur ce phénomène. Le dépérissement a marqué davantage la cédraie dans sa limite inférieure, stations situées à basse altitude, sur terrain à forte pente et sur les expositions plus ensoleillées et chaudes.

Cette sensibilité de la cédraie de basse altitude se traduit par des coefficients de sensibilité moyenne élevée par rapport aux cédraies de haute altitude. Nous avons aussi pu démontrer que les facteurs édaphiques ont été explorés par l'étude des caractéristiques physico-chimiques, mettant ainsi une relation étroite avec ce phénomène, le côté microbiologique a été aussi abordé on faisant ressortir le rôle des microorganismes inventoriés au niveau de la rhizosphère des plants dépérit (bactéries, champignons et actinomycètes) L'analyse qualitative de la biodiversité entomologique de *Cedrus atlantica* a mis en évidence une richesse de 47 espèces, réparties en 10 ordres et 29 familles taxonomiques. Parmi ces groupes, l'ordre des Coléoptères reste le plus représenté avec 11 familles. Le cortège entomologique se répartit d'une manière stratégique sur l'arbre. Le feuillage et recherché par des défoliateurs particulièrement la processionnaire du pin, du cèdre (*Thaumetopoea pityocampa*) et les suceurs de sève notamment les pucerons *Cinara cedri* M et les cochenilles (*Leucaspis pini* H, *Dynaspidiotus regneri* B et *Chionaspis kabyliensis*).

L'ensemble de ce travail a conduit à un acquis de connaissances nouvelles non encore explorées au niveau de la cédraie du Parc National de Theniet el Had sur plusieurs aspects, ce qui contribuera à l'élaboration d'une meilleure gestion intégrée du potentiel sylvicole de la cédraie Algérienne dans le cadre d'un développement durable. Parmi les xylophages, les espèces du genre *Scolytus*, le Buprestide, *Melanophila marmotani* et le Cerambycide, *Cerambyx cerdo* jouent un rôle déterminant dans les dépérissements enregistrés. Les causes du dépérissement du cèdre sont multiples, ces facteurs agissent individuellement ou conjointement les uns par rapport aux autres.

Mots clé : Theniet El Had, Cèdre de l'Atlas, Dépérissement, Climat, insectes, Sol, Aiguilles

Abstract

The study is conducted in the Theniet El Had cedar attached to the Jebel El Meddad, located in the extension of the Ouarsenis massif. The cedar tree has undergone a strong regression in recent years because of the phenomenon of withering and lack of regeneration.

The objective of this work is both to know the dynamics of wasting, and to take stock of the impact of some ecological factors (climate, soil, exposure and altitude...) and biological activity on this phenomenon. Decrease further marked Cedarwood in its lower limit, low-lying sites on steep slopes, and warmer, sunnier exposures.

This sensitivity of the lowland cedar is reflected in higher average sensitivity coefficients compared to high elevation cedars. We have also been able to demonstrate that the edaphic factors have been explored by the study of the physicochemical characteristics, thus putting a close relation with this phenomenon; the microbiological side was also approached by highlighting the role of microorganisms inventoried at the level of the rhizosphere of deciduous plants (bacteria, fungi and actinomycetes).

The qualitative analysis of the entomological biodiversity of *Cedrus Atlantica* revealed a wealth of 47 species, divided into 10 orders and 29 taxonomic families. Among these groups, the Coleoptera order remains the most represented by 11 families. The entomological procession is strategically distributed on the tree. The foliage is sought after by defoliators, particularly the pine processionary, cedar (*Thaumetopoea pityocampa*) and sap suckers, especially *Cinara cedri* aphids M and cochineal (*Leucaspis Pini* H, *Dynaspidiotus regneri* B and *Chionaspis kabyliensis*). All of this work has led to a wealth of new knowledge not yet explored at the level of the cedar of the Theniet el Had National Park on several aspects, which will contribute to the development of a better integrated management of the silvicultural potential of the Algerian cedar tree as part of a sustainable development.

Among the xylophages, the species of the genus *Scolytus*, Buprestide, *Melanophila monotony* and Cerambycide, *Cerambyx cerdo* play a decisive role in recorded diebacks. There are many causes of cedar dieback, these factors act individually or jointly with each other.

Key words: Theniet El-Had, Atlas cedar, Withering, Climate, Insects. Soil, needles

ملخص

يعتبر الارز الاطلسي من بين الاشجار الصمغية الاكثر اهمية في شمال افريقيا, سواء من الناحية الاقتصادية او الجمالية او الثقافية , وفي الاونة الاخيرة بدا تعرض هذه الشجرة الى الموت البطيء واضمحلال نتيجة اسباب عديدة و متشابكة

اجريت هذه الدراسة في غابة ارز الاطلس بثنية الحد الواقعة في امتداد سلسلة جبال الونشريس. شهدت غابة الأرز تراجعاً قوياً في السنوات الأخيرة بسبب ظاهرة الذبول وعدم التجدد. الهدف من هذا العمل هو معرفة ديناميكيات الذبول، وتقييم آثار بعض العوامل البيئية (المناخ والتربة و الاتجاه و الارتفاع) و العمل البيولوجي على هذه الظاهرة.

ذبول ملحوظ في الاشجار الأرز في الحد الأدنى ، و خاصة المواقع المنخفضة على المنحدرات الحادة ، و يتعرض أكثر لحرارة الشمس وأكثر دفئا. تنعكس حساسية الأرز المنخفض في معاملات الحساسية العالية في المتوسط مقارنة بأرز المرتفع.

كما تمكنا من إثبات أن العوامل التربة التي قد تم استكشافها من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية الكيميائية ، ان لها علاقة متينة مع هذه الظاهرة ، كما تم ايضا الاخذ بعين الاعتبار الجانب الميكروبيولوجي من خلال تسليط الضوء على دور الكائنات الدقيقة التي تم جردها على مستوى ريزوسفير للاشجار متضررة (البكتيريا والفطريات و الأكتينومييسيتات)

وكشف التحليل النوعي للتنوع البيولوجي الحشري في *Cedrus atlantica* عن ثروة من 47 نوعاً ، مقسمة إلى 10 اقسام و 29 عائلة تصنيفية. من بين هذه المجموعات ، يبقى غمدية الأجنحة (Coleoptera) الأكثر تمثيلاً مع 11 عائلة.

يتم توزيع الموكب الحشري بشكل استراتيجي على الشجرة للبحث عن أوراق الاشجار من قبل defoliators ، ولا سيما الصنوبر الحلي والارز (*Thaumetopoea pityocampa*) و الماصة للنصغ ، خصوصاً المن *Cinra cedri* M و *Chionaspis kabyliensis* و *Dynaspidiotus regneri* B ، cochnilles (*Leucaspis pini* H

خلاصة أدى كل هذا العمل إلى ثروة من المعرفة الجديدة التي لم يتم استكشافها بعد على مستوى الحضيرة الوطنية أرز لثنية الحد على العديد من الجوانب ، والتي ستساهم فعلا في تطوير وتسير الادارة الغابية. ان الإدارة المتكاملة لها الأفضل لإمكانيات محافظة على لأرز الجزائري في إطار التنمية المستدامة. ومن بين اهم الأنواع الحشرات المختلفة اكلة الخشب مثل Scolytus و Buprestide و *Melanophila marmotani* و Cerambycidae ، تلعب هذه Cerambyx cerdo دوراً حاسماً في حالات ذبول و الاضرار المسجلة. كما ان هناك العديد من الأسباب لموت الارز ، هذه العوامل تعمل بشكل فردي أو مشترك مع بعضها البعض.

كلمات المفتاح : حضيرة الوطنية ثنية الحد ، الأرز ، ذبول ، مناخ ، حشرات ، إبروتربة

AVANT PROPOS

Les travaux de recherches concernant cette thèse ont été effectués aux laboratoires suivants: laboratoire de recherche en Biotechnologie des Productions Végétales- B.P. 270 route de Soumaa, Blida 09000. Algérie

Laboratoire de Biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi-arides. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie., 14000 Tiaret, Algérie.

Laboratoire de Zoologie et de Biologie Générale de la Faculté des Sciences de Rabat, Université Mohammed V-Agdal et en collaboration avec l'équipe du Parc National de Theniet el Had dont les documents ont servi de base pour le suivi du dépérissement du cèdre en matière d'aspect stationnel et morfo pédologique.

Ma première gratitude s'adresse au Professeur Mme ALLAL Benfekih Leila. De l'Université de Blida. C'est sous sa direction que ce travail a été accompli. Je voudrai qu'elle trouve ici toute ma reconnaissance pour ses encouragements, ses conseils, ses recommandations, le temps qu'elle m'a consacré et sa bienveillance. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements pour l'intérêt qu'elle n'a cessé d'apporter à mon travail. Son soutien m'ont permis de réaliser cette thèse dans les meilleures conditions.

Mes remerciements les plus sincères vont particulièrement au Professeur MOUNA Mohamed du laboratoire de la faculté des sciences Mohamed V de l'Université de Rabat (MAROC), pour m'avoir fait bénéficier de sa compétence, pour le temps précieux qu'il a bien voulu m'accorder, pour son accueil au laboratoire, les conseils qu'il m'a prodiguée, son aide sans limites, sa bonté, pour avoir éveillé ma curiosité pour les insectes, et l'honneur d'assister à la présentation de mes résultats et d'y porter une appréciation.

Que Madame le Professeur GUENDOUZ-BENRIMA A. Doyenne de la Faculté des Sciences de la nature et de vie de l'université de Blida trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour l'intérêt qu'elle a manifesté à mon travail et surtout de me faire l'honneur de présider le jury. Je la remercie infiniment.

Mes vifs remerciements au Professeur BOUNACEUR Farid ede la Faculté des Sciences de la nature et de vie de Tiaret pour ses encouragements, son aide, son soutien tout le long de mon parcours et surtout d'avoir été à l'origine de ma volonté pour terminer ce travail et pour l'aide dont il m'a fait part (critiques, discussions et conseils..), Je le remercie de tout cœur, ainsi d'avoir accepté de faire partie du jury.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur Djazouli Z.E. en Zoologie de la Faculté des Sciences de la nature et de vie de Blida , je lui dois beaucoup et je ne saurais comment le remercier pour l'aide dont il m'a fait part pour la réalisation des statistiques, son soutien moral et ses encouragements. Qu'il trouve ici de ma reconnaissance et de mon amitié, merci d'avoir accepté de faire partie du jury.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur le Mr MESLI L, Professeur, de la Faculté des Sciences de la nature et de vie de Tlemcen- pour sa disponibilité, pour avoir accepté de faire partie du jury. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je remercie vivement Mme le Professeur BAHA M., de E.N.S. Kouba pour sa disponibilité pour avoir accepté de faire partie du jury pour ses critiques constructives et l'intérêt porté à ce travail.

Je tiens à remercier particulièrement mes collègues de Tiaret et de Blida et; , Ami Ahmed, Mr Hamid, , Melle Mestefaoui H ,mes collègues Kamel et Karima, Madame BRAHIMI ET Madame CHAICHI , Melle Fodil L, , Mr Benadjroud N , Mr Ouaer DJ, Mr Belkaid B, Mr Masloub A, Mr BAGLOUL DJ.

Je remercie aussi le personnel du parc national de Theniet El Had Et un grand merci à tous ceux qui m'ont aidé dans l'aboutissement de ce travail je leur suis très reconnaissant.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont apportée leur soutien tant moral que physique en particulier Dr Mr Aroun M.E.F. « Tu pars avant nous, bien trop tôt, bien trop vite... Et ta disparition nous rappelle comme une évidence que nous sommes finalement bien peu de choses et qu'il faut profiter de chaque seconde, de chaque minute ici bas... Mais Les morts ne sont pas morts, les morts vivent encore : Pour toujours ta mémoire sera gravée dans nos cœurs».

Dr Madame NEBIH D, Melle Djemai A. technicienne du laboratoire de zoologie, et Melle Fodil D. du laboratoire de mycologie.

Je tiens à remercier des personnes qui m'ont guidée ou soutenue plus tôt dans mon parcours universitaire. Je m'adresse particulièrement à Monsieur ACEM K mon ami et collègue pour son encouragement et pour multiples services qui ma rendus et pour leur soutien moraux tout au long de mes années de recherches, Je remercie vivement Mme BEAYADA K enseignante à l'université de tiaret pour ces conseils précieux et de son espri scientifique large et son cœur plein de foi et croyance.Monsieur SARMOUM Mohamed mon collegue de travail qui m'a aiguillée vers la santé des forêts

Je ne saurais leur exprimer toute ma profonde gratitude et mon respect.

A Monsieur le Doyen de la Faculté des Sciences de la nature et de vie de Tiaret ; pour sa gentillesse et son esprit scientifique.

A Monsieur ZADEK M, Vice Doyen de la Faculté des Sciences de la nature et de vie de Tiaret, qui m'a soutenue durant tout mon cursus universitaire. Leurs conseils précieux et leurs encouragements constants qui m'ont toujours touchée.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur BENAZOUZ N ingénieur en biologie et informatique pour la saisie ,corrections et sa patience ,à mon frère Abdelkarim B et madame YAHYAOUI M pour l'aide et pour sa gentillesse .

De nombreux collègues et amis m'ont également apporté leur aide lors de la réalisation et la rédaction de cette thèse : trop nombreux pour être cités, j'espère qu'ils se reconnaîtront eux- mêmes à travers les plus vifs remerciements que je leur adresse.

DEDICACES

Je dédie le présent travail à :

La mémoire de mon père et mes grands parents.

Ma mère qui m'accompagné partout par ses prières que Dieu me la garde, qui a veillé sur mon éducation et qui n'a épargné aucun effort pour mon bien être. (Merci de dépasser tes limites pour nous !!!!)

Ma femme et mes enfants.

Ma sœur et son mari, mes sœurs et frères et leurs familles,

Mes neveux et nièces, A tous les membres de ma famille.

Tous mes amis

Tous mes étudiants

DJAMEL

TABLE DES MATIERES

RESUME	
ABSTRACT	
AVANT-PROPOS	
DEDICACES	
LISTE DES FIGURES	I
LISTE DES TABLEAUX.....	III
ABREVIATIONS UTILISEES	IV
INTRODUCTION GENERALE.....	01

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE CEDRE DE L'ATLAS ET LES PROBLEMES SANITAIRES LIES A SON DEPERISSEMENT

CHAPITRE 1.

GENERALITES SUR LE CEDRE DE L'ATLAS : *CEDRUS ATLANTICA M.*

1.1- AIRE DE REPARTITION	07
1.2- AIRE D'INTRODUCTION	09
1.3- IMPORTANCE ECONOMIQUE.....	09
1.4- CARACTERISTIQUES BOTANIQUES	10
1.5- CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES.....	11
1.5.1- Exigences climatiques	11
1.5.2- Exigences édaphiques	12
1.5.3- Altitude.....	12
1.5.4- L'exposition.....	13
1.5.5- Ecophysiologie du cèdre	13
1.6- ASSOCIATIONS VEGETALES	14
1.7- REGENERATION	14
1.8- OPERATIONS SYLVICOLES	15
1.8.1- Futaies régulières et âgées	15
1.8.2- Futaie de cèdre pur.....	15
1.8.3- Futaie mélangée.....	15
1.9- AMENAGEMENT	16
1.10- LES FACTEURS DE DEGRADATION.....	16
1.10-1- Le dépérissement.....	16
a)- Des déficits hydriques.....	16
b)- Parcours	16
c)- Le système racinaire superficiel.....	17
d)- Absence de sylviculture	17
e)- Facteurs biotiques	17
1.10-2- Régénération du cèdre.....	17
a)- Le climat	17
b)- Le couvert végétal	18

c)- Pâturage	18
1.10-3- Pression humaine.....	18
1.10-4- Braconnage et incendie	18
Conclusion	19

CHAPITRE 2. LE PROBLEME DU DEPERISSEMENT DU CEDRE DE L'ATLAS DANS LE NORD-AFRICAIN

2.1- NOTION DE DEPERISSEMENT: CONCEPT ET CAUSES	21
2.1.1- Historique	21
2.1.2- Définition du dépérissement.....	21
2.1.3- Symptômes et caractéristiques de dépérissement	22
2.1.4- Facteurs impliqués dans le dépérissement forestier.....	22
a) Facteurs abiotiques	22
b) Facteurs biotiques	23
2.1.4.1- Le stress hydrique: une cause majeure du dépérissement des arbres forestiers.	25
2.2- LES PRINCIPALES CAUSES DE DEPERISSEMENT DU CEDRE DE L'ATLAS EN ALGERIE	26
2.2.1- Cas de la cédraie des Aurès	26
2.3- LE DEPERISSEMENT DU CEDRE DE L'ATLAS AU MAROC	28
2.4- LE DEPERISSEMENT DU CEDRE DE L'ATLAS EN ALGERIE.....	29
2.4.1. Le problème de dépérissement dans le Parc de Theniet El Had.....	29
2.4.1.1. Actions anthropiques	30
2.4.1.1.1. Surpâturage.....	30
2.4.1.1.2. Tourisme.....	30
2.4.1.1.3. Délits de coupe.....	31
2.4.1.1.4. Les incendie	31
2.4.2. Les différents types et phases de dépérissement	32
2.4.2.1. Types de dépérissement	32
2.4.2.2. Phases de dépérissement	32
- L'Etat vivant.....	33
- L'Etat mort.....	34

CHAPITRE 3. LES ENNEMIS DU CEDRE DE L'ATLAS

3.1- ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES INSECTES RAVAGEURS DES CEDRAIES	35
3.1.1- Insectes phyllophages.....	35
3.1.1.1- Les processionnaires (Lepidoptera, Thaumetopoeidae)	36
3.1.1.2- Les Lepidoptera, Tortricidae	36
3.1.1.3- Autres espèces	38
3.1.2- Insectes lignivores.....	38
3.1.3- Insectes des fleurs et des graines.....	41
3.1.4- Insectes opophages	42
3.1.4.1- Les aphides.....	42
3.1.4.1- Pucerons	43

3.1.4.2- Cochenilles	46
3.1.5- Ravageurs des aiguilles de cèdre	50
3.1.5.1- Chenille processionnaire	50
3.1.6- Tordeuse ennemie naturelle.....	55
3.1.7- Xylophages	

CHAPITRE 4. MATERIEL ET METHODES

4.1. INTRODUCTION.....	60
4.2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....	61
4.2.1. Situation géographique	61
4.2.2. Données géologiques.....	63
4.2.3. Données climatiques	63
4.2.3.1. Températures	64
4.2.3.2. Pluviométrie	64
4.2.3.3. Vents.....	65
4.2.3.4. Humidité relative	65
4.2.4. Synthèse climatique.....	66
4.2.4.1. Diagramme ombrothermique	66
4.2.4.2. Climagramme d'Emberger :	66
4.2.5. Caractéristiques floristiques:.....	68
4.2.6. Caractéristiques faunistiques :.....	68
4.3. METHODOLOGIE D'ENSEMBLE	70
4.3.1. Présentation du site d'étude :	70
4.3.2. Mise en place des stations et des placettes d'échantillonnage:	70
4.3.3. Etude des effets des facteurs abiotiques	73
4.3.3.1. Calcul du taux de dépérissement	73
4.3.3.2. Analyses édaphiques.....	74
4.3.3.2.1. Préparations des échantillons	74
4.3.3.2.2. Analyses physiques : L'humidité du sol :	75
4.3.3.2.3. Analyses chimiques :	75
4.3.4. Etude des effets des facteurs biotiques	76
4.3.4.1. Analyses microbiologiques :	76
4.3.4.1.1. Les champignons :	77
4.3.4.1.2. Les actinomycètes :	77
4.3.4.1.3. Les bactéries aérobies :	78
4.3.4.1.4. Les germes ammonifiants :	79
4.3.4.1.5. Les germes nitrifiants:	79
4.3.4.1.6. Les germes dénitrifiants :	80
4.3.4.2. Analyses foliaires:.....	80
4.3.4.3. Paramètres anatomiques:.....	82
4.3.4.4. Inventaire de l'entomofaune	83
4.3.4.5. Etude des effets des insectes frondicoles	84
4.3.4.5.1. Présentation des sites d'étude:	84
4.3.4.5.2. Echantillonnage des arbres et matériels utilisés	87
4.3.4.5.3. Méthodes de récolte de l'entomofaune frondicole	90
4.3.4.6. Etude des effets des insectes xylophages.....	93

4.3.4.6.1. Présentation des sites d'étude	93
4.3.4.6.2. Méthodes de récolte de l'entomofaune xylophage	93

CHAPITRE 5. RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1. CARACTERISTIQUES STATIONNELLES ET ETAT SANITAIRE DES CANTONS ETUDIES	97
5.1.1. Estimation du taux de dépérissement	97
5.1.2. Etat comparatif des aiguilles chez les arbres sains et dépéris	101
5.2. EFFETS DES FACTEURS STATIONNELS SUR LE DEPERISSEMENT	103
5.2.1. Effets des caractéristiques topographiques, du pâturage et des délits de coupe.	103
5.2.2. Effet des caractéristiques physico-chimiques des sols sur le dépérissement	105
5.2.3. Effet des facteurs microbiologiques sur le dépérissement	108
5.3. EFFET DES FACTEURS ENTOMOLOGIQUES SUR LE DEPERISSEMENT	111
5.3.1. Inventaires de l'entomofaune	111
5.3.2. Analyse des abondances populationnelles des cochenilles dans les stations prospectées	115
5.3.2.1. Analyse comparée des abondances globales	115
5.3.2.2. Analyse comparée des abondances spécifiques en fonction du temps	118
5.3.2.3. Evolution temporelle comparée des trois espèces de cochenilles dans chaque station	119
5.3.2.4. Variation des taux d'infestation selon les cantons et l'orientation cardinale	121
5.3.3. Composition des peuplements entomologiques xylophages associés au cèdre de l'Atlas	123
5.3.3.1. Chorologie de la coléopterofaune globale des xylophages	123
5.3.3.2. Composition des groupes trophiques de la coléopterofaune récoltée	124
5.3.3.3. Les prédateurs associés aux xylophages du cèdre de l'Atlas	128
5.3.3.4. Répartition biogéographique des xylophages du cèdre de l'Atlas	128
5.3.3.5. Structure et distribution spatiale du peuplement des xylophages	130
5.3.3.5.1. Station 'Pépinière'	130
5.3.3.5.2. Station 'Pré Benchohra'	131
5.3.3.5.3. Station 'Rond point'	132
5.3.3.6. Comparaison de l'abondance relative (%) globale des coléoptères xylophages au niveau des trois stations	134
5.3.2.2. Richesse en espèces xylophages	135

CHAPITRE 6.
DISCUSSION GENERALE

6.1. DISCUSSION SUR L'EFFET DES FACTEURS BIOTIQUES ET ABIOTIQUES	137
6.2. RELATION DE L'ENTOMOFAUNE FRONDICOLE ET XYLOPHAGE AVEC LE DEPERISSEMENT	146
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	157
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure.1.1.	Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas.	01
Figure.1.2.	Le cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i>).	02
Figure.2.1.	Le modèle de dépérissement des arbres forestiers.	24
Figure 2.2	Phase V1 et phaseV2 du dépérissement du cèdre de l'Atlas (cédraie de Theniet El Had).	34
Figure.2.3	phase M1 et phase M2 du dépérissement du cèdre de l'Atlas	34
Figure.3.1.	Œufs d'hiver du puceron <i>Cinara cedri</i> sur une aiguille de Cèdre de l'Atlas	45
Figure.3.2	Puceron <i>Cinara cedri</i> sur une aiguille de Cèdre	45
Figure.3.3	Colonie de pucerons <i>Cedrobium laportei</i> , sur un rameau de Cèdre de l'Atlas	45
Figure.3.4	Colonie de pucerons <i>Cedrobium laportei</i> , sur un rameau de Cèdre de l'Atlas	45
Figure.3.5	Pucerons <i>Cedrobium laportei</i>	45
Figure.3.6.	Cochenilles diaspines sur des aiguilles de cèdre de l'atlas observées à la loupe binoculaire	46
Figure.3.7	Trois types de cochenilles de cèdre de l'Atlas vu par loupe	46
Figure.3.8	Morphologie de la cochenille de type <i>Leucaspis pini</i> H.	47
Figure.3.9	Morphologie de la cochenille de type <i>Dynaspidiotus regneri</i> .	48
Figure.3.10	Morphologie de la cochenille de type <i>Chionaspis kabyliensis</i> .	49
Figure.3.11.	Trois types de cochenilles vues par loupe sur des aiguilles de cèdre De l'atlas	49
Figure.3.12.	Appareil génitale de la processionnaire du pin <i>T pityocompa schiff</i> .	52
Figure.3.13.	Appareil génital de la processionnaire du Cèdre <i>T.bonjeani</i> Powell.	53
Figure.3.14.	Attaque de la <i>Thaumetopeae pityocampa</i> sur un sujet du Cèdre de l'Atlas au parc national de Theniet El Had	53
Figure.3.15.	Chenille processionnaire trouvé après le battage des branches	54
Figure.3.16	Œufs d'une chenille processionnaire trouvée après le battage des branches	54
Figure.4.1	Carte de situation géographique et satellitaire du parc national de Theniet El Had, Tissemsilt.	62
Figure.4.2	Diagramme ombrothermique de la zone d'étude	66
Figure.4.3	Climagramme schématisé d'Emberger	67
Figure.4.4	Carte de végétation du parc national de Theniet El Had	69
Figure.4.5	Vue générale des stations d'étude.	71
Figure.4.6	Carte de localisation des stations d'étude.	72
Figure.4.7	Matériel utilisé	73
Figure.4.8	Points de prélèvement des échantillons de sol au niveau de la station	74
Figure.4.9	Les échantillons du sol pendant la préparation	75
Figure.4.10	La préparation de suspension de terre	76
Figure.4.11	Le séchage des échantillons à 105°C	76
Figure.4.12	L'ensemencement dans un milieu solide	78
Figure.4.13	Les aiguilles séchées pour le dosage des éléments minéraux.	82
Figure.4.14	Préparation des échantillons foliaires.	83
Figure.4.15	Carte de situation des trois stations étudiées (Guerouaou, Pépinière, Kef Sahchine) dans le parc national de Theniet El Had	84
Figure.4.16	Vue aérienne montrant la situation des 3 stations au niveau de la région de Theniet El Had	85
Figure.4.17	Vue générale de la station Guerouaou	85
Figure.4.18	Vue générale de la station Pépinière	86
Figure.4.19	Vue générale de la station Kef Sachine	86
Figure.4.20	Matériel utilisé au laboratoire et sur le terrain.	88
Figure.4.21	Localisation des arbres pour prélèvement des échantillons Au niveau de la station Guerouaou.	89
Figure.4.22	Localisation des arbres pour prélèvement des échantillons au niveau de la station Kef Sahchine.	89
Figure.4.23	Localisation des arbres pour le prélèvement des échantillons dans les 3 stations.	89
Figure.4.24.	Schéma explicatif (Points de prélèvement des échantillons de végétal)	90
Figure.4.25.	Nappe de chasse	91

Figure.4.26.	Techniques employées au laboratoire pour l'examen des aiguilles de cèdre.	
Figure.4.27	Délimitation des stations pour l'étude de l'entomofaune xylophage	94
Figure.4.28	Les différents moyens d'échantillonnage utilisés pour la récolte des coléoptères	96
Figure.5.1.	Typologie des stations à cédraies dans la zone d'étude	99
Figure.5.2.	Variation du nombre de sujets dépéris par placettes prospectées dans les trois cantons.	100
Figure.5.3.	Comparaison du nombre moyen des aiguilles saines/aiguilles attaquées par canton.	101
Figure.5.4.	Comparaison de la longueur moyenne des aiguilles par canton, chez les sujets sains et dépéris.	102
Figure.5.5.	Comparaison Cardinale du pourcentage moyen des aiguilles chez les sujets sains et dépéris dans les différentes stations prospectées.	102
Figure.5.6.	Coefficients de corrélation des vecteurs des variables placettes et caractéristiques stationnelles et classification Hiérarchique ascendante associée.	104
Figure.5.7.	Coefficient de corrélation des vecteurs des variables placettes et caractéristiques physicochimiques des sols (ACP) et Classification Hiérarchique ascendante	107
Figure.5.8.	Coefficient de corrélation des vecteurs des variables taux de dépérissement des placettes et caractéristiques microbiologiques (ACP) Classification Hiérarchique ascendante CHA associée	110
Figure.5.9.	Proportions des ordres entomofauniques rencontrés dans les stations à cédraies prospectées.	114
Figure.5.10.	Nids de la chenille processionnaire et Cochenilles diaspines observées sur les aiguilles de <i>Cedrus atlantica</i>	115
Figure.5.11.	Résultats de l'analyse du modèle linéaire global relative à l'effet des facteurs station, période d'échantillonnage, espèce de cochenille et orientation sur les abondances des cochenilles	116
Figure.5.12.	Evolution temporelle globale des abondances des cochenilles dans les trois stations étudiées.	117
Figure.5.13.	Evolution temporelle globale des espèces de cochenille rencontrées	118
Figure.5.14	Différences d'abondance des trois espèces cochenilles dans chaque station	119
Figure.5.15.	Evolution temporelle des cochenilles dans le canton Guerouaou	119
Figure.5.16.	Evolution temporelle des cochenilles dans le canton Kef Sahchine	120
Figure.5.17.	Evolution temporelle des cochenilles dans le canton Pépinière	120
Figure.5.18.	Variation des taux d'infestation des trois espèces de cochenilles dans les stations prospectées.	121
Figure.5.19.	L'abondance des bouquets en fonction de l'orientation dans les trois stations.	122
Figure.5.20	Corrélations entre le nombre de bouquets et l'abondance des trois espèces de cochenilles.	122
Figure.5.21	Variation temporelle de la coléoptérofaune récoltée dans les stations prospectées en 2015/2016.	123
Figure.5.22.	Groupes trophiques des coléoptères récoltés des trois stations d'étude.	124
Figure.5.23.	Abondance quantitative globale des coléoptères xylophages du cèdre de l'atlas répartis en familles.	
Figure.5.24.	Principales espèces xylophages récoltées de la cédraie Theniet El Had.	127
Figure.5.25.	Principaux prédateurs coléoptères des xylophages du cèdre de l'Atlas.	128
Figure.5.26.	Spectre biogéographique des insectes xylophages prélevés sur <i>Cedrus atlantica</i> durant la période d'étude.	128
Figure.5.27.	Proportions des familles et variation des abondances relatives des coléoptères xylophages rencontrés dans la station 'pépinière'	131
Figure.5.28.	Proportions des familles et variation des abondances relatives des coléoptères xylophages rencontrés dans la station 'Pré Benchohra',	132
Figure.5.29.	Proportions des familles et variation des abondances relatives des coléoptères xylophages rencontrés dans la station 'Rond point'	133
Figure.5.30.	Abondances relatives globales des coléoptères xylophages dans chaque station.	134

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau 1.1.	Quelques caractéristiques botaniques des différents organes de <i>Cedrus atlantica</i>	11
Tableau 2.1	Coupes illicites signalées dans le parc national de Theniet El Had	31
Tableau 2.2	Principales incendies déclarées dans le parc national de Theniet El Had depuis 1995.	32
Tableau 2.3	Ancienne approche descriptive :	33
Tableau 3.1	Les principaux insectes phyllophages des cèdres et leur répartition géographique.	35
Tableau 3.2	Liste des insectes xylophages inféodés au cèdre de l'Atlas.	39
Tableau 4.1	Températures moyennes mensuelles en °C de la zone d'étude (2001-2012)	64
Tableau 4.2	Moyennes des précipitations mensuelles de la zone d'étude (2001-2012)	65
Tableau 4.3	Moyennes mensuelles de vitesse de vent de la zone d'étude (2001-2012).	65
Tableau 4.4	Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air de la zone d'étude (2001-2012).	66
Tableau 4.5	Caractéristiques bioclimatiques de la zone d'étude	
Tableau 4.6.	Fiches techniques des trois stations.	86
Tableau 4.7	Matériel utilisé	
Tableau 4.8	Caractéristiques générales des placettes pour l'étude de l'entomofaune xylophage dans la cédraie de Theniet El Had (X et Y correspondent aux coordonnées Lambert des stations d'étude)	94
Tableau 5.1	Caractéristiques des cantons et stations étudiées.	97
Tableau 5.2	Résultats des analyses physico-chimiques du sol des différentes stations prospectées:	106
Tableau 5.3	Analyses microbiologiques des sols des stations d'étude.	109
Tableau 5.4.	Richesse spécifique de l'entomofaune globale du cèdre rencontrée dans la zone d'étude	112
Tableau 5.5	Liste des espèces rencontrées sur <i>Cedrus atlantica</i>	114
Tableau 5.6.	Richesse des ordres rencontrés et leur proportion.	114
Tableau 5.7	Principaux prédateurs coléoptères des xylophages du cèdre de l'Atlas et leurs hôtes	128
Tableau 5.8.	Répartition biogéographiques des espèces xylophages rencontrées sur <i>Cedrus atlantica</i>	130
Tableau 5.9	Abondance relative des coléoptères xylophages obtenus par les différentes méthodes d'échantillonnages dans la station 'Pépinière'.	131
Tableau 5.10	Abondance relative des coléoptères xylophages dans la station 'Pré Benchohra'.	132
Tableau 5.11	Effectif des coléoptères xylophages obtenus par les différentes méthodes d'échantillonnages et leur abondance relative dans la station de Rond point.	133
Tableau 5.12.	Comparaison des abondances relatives globales (%) des quatre principales familles	136
Tableau 5.13.	Présence-absence des espèces xylophages selon les stations d'étude.	136
Tableau 5.14	Similarité en espèces xylophages entre les trois stations.	136
Tableau 5.15	Variation de la richesse spécifique des xylophages selon les classes de dépérissement.	137

ABREVIATIONS UTILISEES

AMED	: Atlanto-méditerranéenne.
BA	: Battage.
CE	: Cage d'émergence.
Col	: Coléoptères
COSM	: Cosmopolite.
Dé	: Détritiphages.
Ea	: Espèces accidentelles.
ECR	: Ecorçage.
PALE	: Paléarctique.
PF	: Piège fosse.
PIA	: Piège d'interception aérienne.
Pr	: Prédateurs.
Sc	: Indice de similarité de SORENSEN.
Sx	: Saproxylophages.
Xy	: Xylophages.

INTRODUCTION GENERALE

Il est reconnu que le climat de la planète subit des changements significatifs causés par l'homme. En 2007, le GIEC annonçait que la température moyenne globale avait désormais dépassé la fourchette des températures des 1300 dernières années passées au moins [1]. Des variations des modèles de climat bien plus marquées sont prévues pour les décennies à venir dans de nombreuses régions, y compris des températures beaucoup plus élevées et des modèles altérés des précipitations qui assurent la disponibilité d'eau pour les plantes.

Selon Quézel et Médail, (2003) [2], il apparaît légitime de s'interroger sur les impacts écologiques induits par les modifications climatiques prévues devant affecter la région méditerranéenne et ses forêts. L'Algérie est considéré comme un pays méditerranéen vulnérable aux changements climatiques [3; 4]. En effet, depuis plus de deux décennies, notre pays a connu un déficit pluviométrique et une persistance de la sécheresse, en particulier dans la partie occidentale et les hauts plateaux [5; 6 ; 7]. Cette péjoration climatique associée à une forte action anthropique a entraîné une régression inquiétante du patrimoine forestier [8].

Le cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti, est vénéré depuis la plus haute antiquité, il est le symbole de majesté et de force, en raison de sa longévité, sa vigueur. C'est l'espèce noble par excellence des hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc [9] et l'un des résineux les plus précieux, tant du point de vue économique qu'écologique, esthétique et culturel. Très plastique vis-à-vis des précipitations, le cèdre résiste aux basses températures et est indifférent à la nature chimique du sol [10].

D'après Khanfouci (2005) [11], le cèdre de l'Atlas occupe une superficie de 161.800 ha dans l'Afrique du nord, il est endémique au Maroc et à l'Algérie où il occupe une aire géographique très morcelée [12; 13; 14] avec respectivement 131.000 ha et 30.800 ha de superficie. Les peuplements sont localisés au centre et à l'est algérien, à travers différentes situations bioclimatiques où ils forment de belles futaies quand les conditions écologiques sont favorables. La cédraie algérienne fractionnée en îlots dispersés représente 1,2% de la superficie forestière totale évaluée à 4,1 millions d'hectares [15].

Cependant, la superficie du cèdre est en nette régression, et connaît une situation sanitaire alarmante [16; 14]. Un phénomène de dépérissement a été relevé dans la majorité des cédraies algériennes. Les premiers symptômes de dépérissement ont apparu vers le début des années 1982 dans la région des

Aurès [17]. Ce déclin s'est étendu par la suite progressivement pour toucher des superficies énormes surtout au début des années 2000.

D'après Helis (2006) [10], l'origine de ce phénomène reste encore inconnue. Plusieurs hypothèses ont été émises par nombreux chercheurs pour essayer d'expliquer les principales causes probables de mortalité du cèdre de l'Atlas.

La combinaison de stress et d'autres éléments déclencheurs de nature biotique et abiotique semble faire, aujourd'hui, l'unanimité comme origine du déclenchement du phénomène de dépérissement du cèdre de l'Atlas en Algérie. On pense que cette dégradation est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs: conditions climatiques défavorables dont la sécheresse, actions anthropiques (incendies, défrichage, surexploitation), attaques d'insectes nuisibles et maladies [16], qui a pour conséquences une difficulté de régénération [12; 18; 11] et l'apparition d'un dépérissement [19; 20].

L'apparition du dépérissement dans les cédraies les plus méridionales, et sa coïncidence de avec les épisodes de *sécheresse depuis les années 1980 dans le Maghreb, laisse supposer le rôle du climat dans l'apparition de ce phénomène* [19; 21; 22].

Pour les facteurs abiotiques, le sol, après le climat, semble être le second facteur qui conditionne la croissance des arbres [23] sachant que les résineux ont l'énorme intérêt de s'accommoder des sols pauvres et de les valoriser dans certains cas. Les propriétés physico-chimiques du sol, leur température, leur degré d'humidité et d'aération, leur pouvoir de rétention d'eau et leur richesse en éléments minéraux influent sur la croissance du cèdre [24].

Parmi les facteurs biotiques, les insectes interviennent très souvent en dernière phase en accélérant le processus de dépérissement entraînant dans la majorité des cas la mort des arbres [25; 26]. Plusieurs familles d'insectes xylophages sont responsables des attaques des fûts des arbres et même des branches et des rameaux. Parmi ces insectes, nous citons les Coléoptères, Buprestidae, Cerambycidae et Curculionidae et les Scolytidae en particulier qui sont considérés parmi les ravageurs les plus destructifs des forêts de conifères au niveau mondial [27 in 28]; [29].

Si la forêt des cèdres est presque connue sur le plan botanique, beaucoup reste à faire sur le plan de la connaissance des insectes et particulièrement ceux susceptibles de causer des ravages économiquement appréciables. La faune du

cèdre constitue un domaine pratiquement inexploré dans le Nord de l'Afrique. Au Maroc et en Algérie, bien qu'utiles mais restant incomplets, seuls quelques travaux fragmentaires ou des signalements d'espèces ont été rapportés [30;31;32;33;34; 35 36 37; 38; 39; 25]

Selon Lieutier et Voulant (1992) [40] la forêt de Theniet El Had s'est avérée être un cas complexe où le dépérissement touche jusqu'à 20% des arbres. Face à cette situation qui affecte un patrimoine naturel intéressant à plus d'un titre, une prise en charge scientifique est amorcée, bien que à petite échelle, pour essayer d'élucider les véritables causes de ce fléau.

Notre contribution dans ce travail consiste à mettre en évidence la relation qui pourrait exister entre le dépérissement et quelques facteurs abiotiques et biotiques dans la cédraie de Theniet El Had où existent des arbres dépéris et morts sur pied depuis les années 1980.

Notre recherche peut être inscrite dans une démarche globale de l'étude des causes du dépérissement de cette espèce de résineux, mais aussi dans un contexte des changements climatiques qui s'opèrent en Algérie, marquées par une sécheresse persistante depuis les années 1980 [3; 6].

En vue d'une meilleure gestion sylvicole durable de notre patrimoine de cèdres, notre objectif est orienté vers une approche d'investigation du dépérissement. D'une part, pour visualiser l'état sanitaire de la cédraie en essayant de mettre en corrélation le rôle de différents facteurs susceptibles d'intervenir. D'autre part, pour dégager les premières tendances sur les causes biotiques (structure du peuplement et effet de compétition) et abiotiques (conditions stationnelles et géopédologiques) de ce phénomène.

Le document de ce travail est subdivisé selon les chapitres suivants:

- Dans le premier chapitre, nous avons présenté les différentes caractéristiques du cèdre de l'Atlas, son milieu avec toute sa composition;
- Dans le deuxième chapitre, nous avons mis en accent l'état des connaissances relatives au dépérissement des arbres forestiers
- Dans le troisième chapitre, nous avons présenté succinctement les ennemis du cèdre de l'atlas.
- Dans le quatrième chapitre, nous avons fait état de l'approche méthodologique adoptée et le matériel utilisé ainsi que les méthodes d'exploitation appropriées pour l'analyse des données d'observation.

- Le cinquième et sixième chapitres, traitent des résultats obtenus, leur interprétation avec une discussion générale.

Notre travail se termine enfin par une conclusion générale avec les perspectives escomptées.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE
SUR LE CEDRE DE L'ATLAS ET LES PROBLEMES
SANITAIRES LIES A SON DEPERISSEMENT

CHAPITRE 1.
GENERALITES SUR LE CEDRE DE L'ATLAS :
CEDRUS ATLANTICA M.

Elément eurasiatique, le genre *Cedrus* est très ancien, connu avec certitude depuis le tertiaire avec une large répartition [9 ; 41]. Il est actuellement représenté par quatre espèces de l'étage montagnard de la région méditerranéo-himalayenne ([42; 43; 41] ; [44 in 45]. Il s'agit du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex. Carrière), le cèdre de Chypre (*Cedrus brevifolia* (Hooker Fil.) Meikle), le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodara* (Roxb. Ex D. Don) G. Don fil) et le cèdre du Liban (*Cedrus libani* A. Richard).

Cependant, les études taxonomiques et phylogénétiques récentes basant sur des marqueurs génétiques, ont démontré que le genre *Cedrus* comprend seulement trois espèces: *Cedrus atlantica*, *C. deodara* et *C. libani* qui, lui-même, englobe trois sous espèces: *C. libani* spp. *libani* (Liban), *C. libani* spp. *stenocoma* (Turquie) et *C. libani* spp. *brevifolia* (Chypre) [46] et [47 in 48].

Le cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex. Carrière, appelé «Arz» en arabe classique et «*begnoun*» en berbère, est une essence qui revêt une importance écologique et économique incontestable. Elle appartient systématiquement à la famille des Pinacées, à la sous-famille des Laricoïdeae et au genre *Cedrus* [49 in 50].

En se basant sur des critères biogéographiques, et s'accordent que ce genre comprend quatre espèces présentes sur le pourtour méditerranéen et dans l'Himalaya.

1.1- Aire de répartition

Espèce essentiellement montagnarde, le cèdre occupe actuellement des surfaces d'importance inégale qui forment spontanément trois blocs géographiques distincts: l'Afrique du Nord, l'Asie Mineure et l'Himalaya [51].

Le premier bloc est représenté par le cèdre de l'Atlas, qui s'étend du Rif marocain à l'ouest aux Aurès Algériens à l'est [52] in [50] (Fig.1.1.).

La majeure partie de l'aire naturelle du cèdre est localisée cependant au Maroc où il couvre environ 130000 ha, répartis en deux ensembles [53] in [54]: l'un dans le Rif occidental et central couvrant à peu près 15000 ha; l'autre dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas oriental couvrant environ 116000 ha.

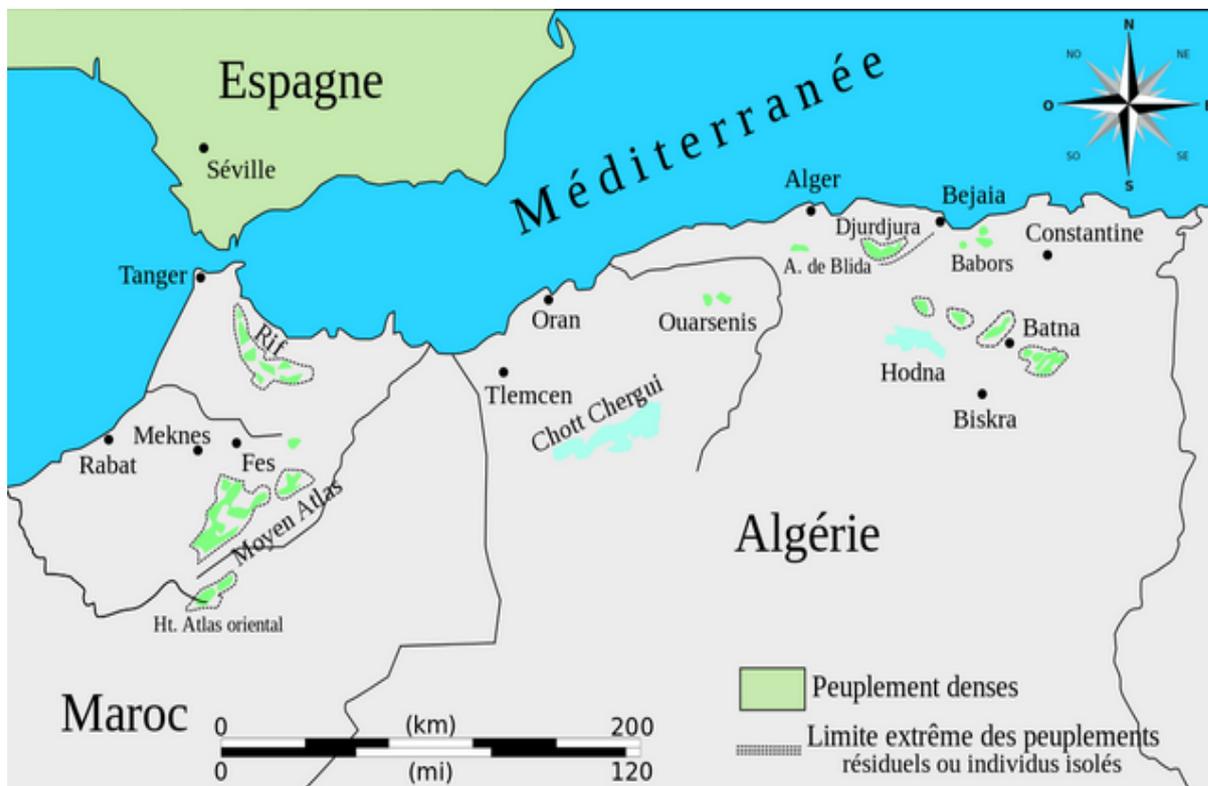


Figure 1.1. Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas [13].

En Algérie, cette espèce est présente en peuplements très dispersés occupant 29 000ha [9]-1952, répartis en trois blocs.

Dans le premier bloc, on retrouve :

- l'Atlas Tellien Sublittoral des Babors, les Tababors avec 1300ha et le Djurdjura avec 2 000 ha; l'Ouarsenis avec 100 ha, Chréa et Theniet-El-Had avec 1500ha ;
- les monts des Aurès et du Bélezma avec 17000ha, qui constituent les peuplements les plus importants et les monts du Hodna avec 8000ha, affectant le faciès sec, du fait de la proximité immédiate du Sahara.

Le morcellement de l'aire de cette essence laisse supposer l'existence d'une dérive génétique (variétés ou races) à l'intérieur des populations forestières isolées les unes des autres [55] in [56].

Dans le deuxième bloc, on distingue se divise deux parties occupées

chacune par une espèce. Il s'agit du cèdre de Liban (*Cedrus libani* A. Richard) qui se cantonne dans les montagnes de la Turquie, de la Syrie et du Liban (1700ha) [43] et [44] in [45] et du cèdre de Chypre (*Cedrus brevifolia* (Hooker Fil.) Meikle) qui se trouve dans l'île de Chypre sur une surface très restreinte [50 ; 51].

Enfin, le troisième bloc est constitué par le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodara* (Roxb. Ex D. Don) G. Don fil) qui pousse sur le versant occidental de l'Himalaya, en Afghanistan et en Inde [50].

1.2- Aire d'introduction

Hormis son aire naturelle, le cèdre de l'Atlas a été introduit dans plusieurs régions du monde, notamment les pays circumméditerranéens [57]. En France, il avait été introduit en 1862, comme essence de reboisement surtout en région méditerranéenne. Il couvre en 2005 près de 20.000ha, dans un bon état de conservation et de régénération [57]. Il a été introduit en Bulgarie vers la fin de XIX siècle, avec un assez bon succès [58]. En Tunisie, l'introduction de cette espèce remonte au début des années 1960, les premiers résultats de l'acclimatation montrent une adaptation satisfaisante et une croissance convenable d'après [59].

1.3- Importance économique

Depuis son existence, le cèdre de l'Atlas, forme une source vitale des populations et assure une activité économique très importante, du fait de ses qualités remarquables: sa longévité, sa résistance à la compression et sa bonne production de bois [54].

Le cèdre de l'Atlas (*meddad* ou *arz* en arabe, *inguel*, *idil* ou *begnoum* en berbère) (*Cedrus atlantica*) est considéré comme l'espèce noble par excellence en Afrique du Nord [9] ; [1] et [60]. Par son port majestueux monopodial, sa circonférence atteignant parfois 10m et sa longévité millénaire, cette espèce occupe une place importante dans les paysages méditerranéens [57].

Les écosystèmes à cèdre offre un paysage unique, tant par sa beauté, mais aussi par sa richesse en espèces végétales et animales [61]. Sur le plan économique, cette espèce peut jouer le rôle d'un véritable moteur de

développement, par la création de l'emploi, l'exploitation, ainsi que les activités récréatives telles que le tourisme [62].

Depuis plusieurs centaines d'années, le cèdre de l'Atlas servait à la construction des toitures, planchers, charpentes [54], voies ferroviaires [9], sans compter les nombreux produits qui sont tirés de son bois: goudron, diverses essences employées en pharmacie et en parfumerie, etc. En outre, grâce au poli qu'il peut acquérir, il donne un très joli bois de menuiserie [63]. La production du bois d'œuvre pour l'ensemble des forêts marocaine est principalement le fait de la cédraie, à raison de 78 % à 82 % [51].

1.4- Caractéristiques botaniques

Les caractéristiques botaniques du cèdre de l'Atlas ont été décrites par plusieurs auteurs, dont les plus importantes sont résumées dans le tableau 1.1 et illustrées dans la figure 1.2.

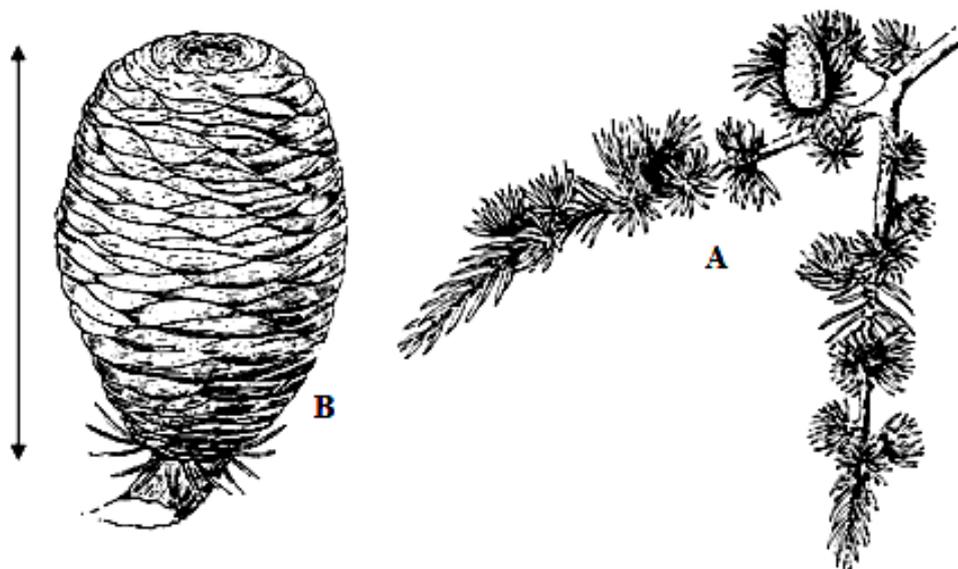


Figure 1.2. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) [63].

A: rameau avec inflorescence mâle ; **B:** cône

Tableau 1.1. Quelques caractéristiques botaniques des différents organes de *Cedrus atlantica*

Organe	Description
Tronc	Il est généralement branchu avec une hauteur dépassant rarement les 20 m. il est droit ou conique pendant son jeune âge et devient tortueux dès que l'individu est âgé [64]
Ecorce	L'écorce est divisée en petites écailles d'une couleur jaune brune puis grisâtre et crevassée profondément avec une couleur foncée à un âge avancé. [65]
Branches	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. [51]
Aiguilles	Elles sont isolées sur les jeunes rameaux longs et sur les pousses de l'année, leur longueur est de 1 à 2 cm, rigide à apex aigu, d'une couleur qui varie du vert foncé au vert bleuté selon les arbres; elles sont persistantes, fasciculées et en rosette sur des rameaux courts. [9;65]
Graines	Ne germent que si les températures journalières avoisinent les 10°C pendant 9 à 10 jours. [66]
Fleurs	Essence monoïque (chaton mâle de forme ovoïde et jaune-orange, apparaît à mi-juin et achève sa maturité vers mi-septembre ; chaton femelle plus petit, ovoïde et vert-bleuâtre, apparaît trois mois après le chaton mâle ([9], 1952 [51]).
Cônes	Cylindriques de 5 à 8 cm de long, vert avant maturité puis brun. Il mûrit en deux ans. [64; 67;68]
Racines	L'architecture du système racinaire est très étendue, ramifiée et pivotant. Les racines obliques colonisent les sols humides et profonds pour assurer la stabilité des arbres. [69], [67] et [70]
Longévité	Très remarquable, elle peut dépasser 1000 ans.

1.5- Caractéristiques écologiques

1.5.1- Exigences climatiques

Le cèdre de l'Atlas est une essence qui s'accommode aux différents bioclimats. Il s'individualise en effet, entre les bioclimats semi-arides, subhumides, humides et per-humide. Alors que, sa zone préférée est située d'après Boudy (1952) [63] en bioclimat humide froid.

Cette essence est relativement sciaphile pouvant vivre entre -20°C et + 39°C [9] et pouvant résister sans dommages à des températures de -25°C [71] in [11]).

Le cèdre de l'Atlas a besoin d'une pluviométrie annuelle comprise entre 500 et 1500mm [72]

En Algérie, les cédraies des Aurès sont à la limite des étages semi-aride et subhumide [73;9], recevant une tranche pluviométrique modeste variant de 500 à 700 mm/an [11]. Les cédraies du Djurdjura, des Babors, l'Ouarsenis, Chréa et Meurdja sont plus humides, recevant d'après [12] in [11] de 1100 à 2100 mm/an de pluie.

Le cèdre de l'Atlas ne se retrouve pas au Maroc en étage semi-aride. D'après Boudy (1950) [9], les trois quarts des cédraies du Maroc sont dans l'étage humide froid, avec 850 à 1200mm d'eau, ainsi que toutes celles du Rif Du point de vue écologique, le cèdre aurasien est donc très différent du cèdre marocain [9].

1.5.2- Exigences édaphiques

En Algérie, une grande part des cédraies se concentre sur des roches mères siliceuses et en très faible proportion sur des roches calcaires [9].

Les substrats marneux et calcaires sont défavorables à la bonne production ligneuse, par le fait que, les premiers sont lourds, très humides et se dessèchent rapidement, par contre, les seconds sont peu favorables à la rétention de l'eau [74]. Par ailleurs, la préférence du cèdre est pour le substrat dolomitique, basaltique, gréseux et schisteux.

1.5.3- Altitude

Dans l'ensemble de son aire naturelle, les cédraies s'observent entre 1500 et 2600m d'altitude. Cette tranche altitudinale correspond aux étages de végétation suivants [16]:

- Supra méditerranéen qui s'insère entre 1400 et 1800m dans le Rif et les massifs telliens d'Algérie; entre 1600 et 2000m dans le Moyen Atlas et les Aurès et entre 1700 et 2100m dans le Haut Atlas oriental.
- Montagnard méditerranéen qui succède au premier et qui occupe les niveaux altitudinaux compris entre 1800 et 2300m dans le Rif et les massifs telliens d'Algérie; entre 2000 et 2500m dans le moyen Atlas et les Aurès et entre 2100 et 2600m dans le haut Atlas oriental.

En dehors de leur aire naturelle, des cédraies artificielles installées en

France, au niveau des stations du Mont Ventoux, Saumon et Ménerbes, se comportent idéalement à des altitudes de 300 à 800m [48].

1.5.4. L'exposition

Si les cédraies sont strictement confinées aux hautes altitudes, l'exposition semble jouer aussi un rôle important pour le cèdre [75]. En Algérie, comme au Maroc, les belles cédraies présentant une meilleure productivité, croissance et une bonne régénération, se localisent sur les versant Nord et Ouest, supposées être plus arrosées et humides [76 ; 56].

1.5.5. Ecophysiologie du cèdre

L'aire géographique très morcelée de cette espèce, ainsi que, sa localisation sur des substrats et climats assez différents fait penser immédiatement à la possibilité de la présence de variétés ou écotypes [42; 12 ; 77]. Gausson (1964) [42] avait signalé l'existence de deux écotypes, le premier méridional plus adapté à la sécheresse estivale, comme dans les Aurès et au grand Atlas marocain. Le deuxième écotype de type humide redoutant davantage la sécheresse estivale, réunit l'ensemble des cédraies de l'Atlas Tellien, du Rif et du Moyen Atlas au Maroc. Berka (1997) [78] a montré que les provenances de l'Atlas Saharien se caractérisent par un nombre de stomates élevé et des dimensions réduites. Tandis que, les provenances de l'Atlas Tellien sont caractérisées par un nombre de stomates faible et des dimensions plus grandes. Ceci traduit les variabilités adaptatives face à l'aridité annuelle et surtout estivale. Bariteau (1994) [77] avait signalé que les provenances algériennes sont plus vigoureuses pour l'adaptation au stress hydrique que les provenances marocaines. De même, Nedjahi (1994) [74], en étudiant la croissance radiale du cèdre de l'Atlas de différentes provenances de l'Algérie, a constaté que la croissance radiale est meilleure dans les stations humides et fraîches localisées sur des substrats gréseux, schisteux et dolomitiques.

1.6- Associations végétales

Les espèces végétales associées au cèdre sont différentes selon les conditions écologiques, c'est-à-dire la pluviométrie, l'altitude et les conditions

édaphiques. C'est ainsi qu'en zone semi- aride de l'Atlas moyen marocain et sur substrat basaltique et à 1900-2100m d'altitude, sur sol profond et en exposition ouest, Ezzahiri et *al.* (1994) [76] ont relevé le groupement végétal suivant : *Cedrus atlantica*, *Buplerum montanum*, *Acer monspessulanum*, et *Rosa canina*. Alors qu'à une altitude de 1800-1900m, sur sol calcaire compact et superficiel, le groupement végétal devient : *Cedrus atlantica*, *Quercus rotundifolia* et *Paeonia corallina*.

En Algérie, dans les Aurès le faciès est caractérisé par les espèces suivantes [56]: *Cedrus atlantica*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Juniperus thurifera*, *Ampelodesma mauritanica* et *Fraxinus xanthoxyoides*.

Dans les Monts de Chréa sur l'Atlas Blidéen et dans les Babors le faciès plus humide est caractérisé par les espèces suivantes [56]: *Cedrus atlantica*, *Quercus ilex*, *Quercus mirbeckii* et *Taxus baccata*.

I.7- Régénération

La régénération du cèdre est soumise à des contraintes climatiques étroites, déterminées par les exigences de la plante vis-à-vis de l'eau du sol et du froid [79].

La graine de cèdre ne peut pas germer que si la température maximale journalière avoisine les 10°C pendant 7 à 10 jours [80;81]; avec une tranche pluviométrique d'au moins 700 à 800 mm, se manifestant par des pluies d'été (pendant la période de croissance) [63]. Mais, si des sécheresses précoces et prolongées surviennent durant cette période, la croissance des jeunes semis peut être atténuée, avec une mortalité probable dans la plupart des cas [82].

La régénération du cèdre exige un sol meuble et suffisamment profond, pour être capable de retenir l'eau en saison sèche [63]. L'absence d'un tapis herbacé qui peut entrer en concurrence vitale avec les jeunes semis, assure une meilleure régénération du cèdre [63].

I.8- Opérations sylvicoles

Elles correspondent à chacun des types de peuplements suivants ([9]-1952):

1.8.1- Futaies régulières et âgées

Ce type de futaie est sur sol calcaire et a une composition absolument anormale et doit être traitée en vue de créer les jeunes peuplements qui font défaut.

Généralement, il est appliqué au cèdre la méthode classique des coupes de régénération successives: ensemencement, secondaires, définitives. Le but des coupes d'ensemencement est d'avoir rapidement un recru abondant, grâce à une bonne fructification obtenue espaçant suffisamment les porte-graines. Après 10ans, il aura lieu la coupe secondaire pour enlever la partie restante du matériel. Enfin, la coupe définitive fera disparaître les derniers gros sujets.

11.8.2- Futaie de cèdre pur

C'est une formation un peu exceptionnelle n'occupant pas des surfaces importantes en Afrique du Nord.

Le traitement à appliquer est de laisser les peuplements en repos, en ne faisant que des éclaircies sur les sujets ayant la dimension de bois de mine (0,12m de diamètre à 0,20m au petit bout). Quand les cèdres commencent à fructifier (vers 40 à 50ans), il est procédé à l'exploitation de tous les vieux portes-graine. Enfin, quand ils auront 0,60m de diamètre, il est réalisé des coupes de régénération de tous les arbres de ces dimensions, dont le nombre sera ramené à deux. La durée de la période peut être abaissée à 15 ans.

1.8.3.- Futaie mélangée

Les opérations culturales de ce type de futaie tendent à faciliter le développement du cèdre. Pour la cédraie, il est procédé à un traitement de futaie régulière, dont la période de régénération peut être réduite à 15ans. Pour le chêne-vert, il est réalisé des coupes de régénération à blanc avec dégagements des jeunes semis de cèdre préexistants, puis des éclaircies du taillis tous les 20 à 30 ans.

1.9- Aménagement

L'aménagement forestier ou encore la planification de la gestion des massifs forestiers repose sur une description typologique claire des potentialités du

milieu, définit et synthétise les objectifs attribués aux peuplements et les techniques à mettre en œuvre pour assurer la stabilité de l'écosystème et l'obtention régulière des produits ciblés [51].

D'après Boudy (1950-1952) [9] [63], les types d'aménagement de cèdre sont la futaie régulière sur calcaire, la futaie de cèdre pur sur terrains profonds et frais, et la futaie mélangée ou mixte.

Durant ces cinquante dernières années, les concepts d'aménagement ont évolué au Maroc, entre les périodes 1950-1970 et 1970-1990, ceci grâce aux progrès des connaissances en écologie, en économie forestière et en sociologie rurale rendant ainsi cette mutation possible [51].

I.10- Les facteurs de dégradation

Dans le parc, les peuplements forestiers sont soumis à de nombreux facteurs de dégradation tels que le dépérissement de centaines de cèdres signalé dans la région des Aurès.

I.10-1- Le dépérissement

La cause du dépérissement est encore inconnue. Nous pouvons avancer l'hypothèse que celui-ci est causé par les différents facteurs suivants:

a)- Des déficits hydriques

L'effet des déficits hydriques est difficile à analyser dans la nature. D'autres facteurs climatiques (rayonnement global, température) interviennent aussi et peuvent influencer les différentes activités biologiques de l'arbre [83].

A titre d'exemple, le déficit pluviométrique est enregistré depuis 1986 et la pluviométrie est passée de 850mm/an à 650mm/an.

b)- Parcours

La conséquence la plus importante du parcours dans la cédraie est le tassement du sol qui engendre un ruissellement, d'où une faible rétention en eau.

c)- Le système racinaire superficiel

Les racines sont superficielles surtout sur le versant nord, les sujets dépérissent car ils sont sensibles à la sécheresse.

d)- Absence de sylviculture

La sélection naturelle (concurrence entre les arbres) peut être une cause du dépérissement et de dégradation.

e)- Facteurs biotiques

Les insectes défoliateurs sont considérés comme de redoutables facteurs de dégradation, tels que *Thaumetopoea pityocompa* (*Lepidoptera, Thaumetopoïdae*).

Les champignons et les bactéries sont également l'objet d'observations précises. L'oïdium est aussi évoqué pour son rôle nuisible.

I.10-2- Régénération du cèdre

La régénération des peuplements de cèdre est déficiente même inexistante par endroit. La majorité des semis n'arrive pas à maturité. Les facteurs les plus déterminants qui inhibent la régénération sont:

a)- Le climat

La précocité des chaleurs printanières détermine la date d'apparition des premières plantules et leurs chances de survie au delà du premier été. Le climat permet de distinguer deux cas où le comportement de la cédraie est totalement différent:

- La cédraie d'altitude à hiver long, à date de germination tardive.
- La cédraie basse à hiver court avec des germinations précoces.

La jeune germination aura d'autant plus de chance de se maintenir jusqu'en octobre, qu'elle sera d'avantage alimentée en eau [80]. Plus les précipitations post hivernales sont importantes, et meilleures seront les conditions de survie.

La graine doit subir l'action d'une température basse pour pouvoir germer. Selon Lepoutre et Pujos (1963) [80], cette température est de l'ordre de -5°C pour les températures moyennes minimales.

Les températures basses nécessaires à la levée de dormance doivent être associées à des températures moyennes maximales assez élevées pour entraîner le processus de division cellulaire. Ces températures doivent être supérieures à 9°C pour une durée de 9 à 10 jours [80]. Aussi, les gelées peuvent jouer un rôle négatif à l'égard de la graine en germination puisque le cèdre a besoin d'une certaine chaleur hivernale pour pouvoir germer [84].

b)- Le couvert végétal

Il retarde la date d'apparition des plantes et la décomposition de la matière organique ne se fait pas correctement dans les conditions de luminosité du couvert. En conséquence le point de flétrissement s'élève et rend les conditions du milieu édaphique plus défavorable. Le cèdre préfère la pleine lumière et sa régénération dans les zones découvertes est abondante.

c)- Pâturage

La composante principale du cheptel dans le parc national est la chèvre qui broute les jeunes semis et les pousses tendres du cèdre. La disparition des bourgeons terminaux entraîne un complet de l'accroissement en hauteur. En plus du broutage, le cheptel exerce une action destructive sur le sol par piétinement et tassement des horizons superficiels.

I.10-3- Pression humaine

L'exploitation intensive, par des coupes illicites principalement des arbres au stade perchis et le pâturage surtout sur les lisières à proximité d'habitats riverains.

I.10-4- Braconnage et incendie

Il est mené à travers tout le parc et à tout moment par la population riveraine. En effet, le braconnage à travers le parc est caractérisé par la chasse en dehors de la période réglementaire.

L'incendie constitue aussi un important facteur de dégradation. Il représente une menace permanente dans toutes les forêts et dans les boisements de conifères dont l'inflammabilité est exaltée par la sécrétion de résines, de divers hydrocarbures terpéniques [85].

Conclusion

L'étude de la plante hôte nous a permis de tirer les conclusions suivantes:

- En Algérie, les anomalies similaires enregistrées chez nos voisins réapparaissent de nouveau.
- Le dépérissement du cèdre est causé selon l'hypothèse de la sécheresse estivale et l'enracinement moins profond sur le versant nord
- La régénération reste problématique du point de vue prospérité et maintient à cause des facteurs limitant, biotiques et abiotiques.
- La forêt est menacée par la population riveraine qui pratique des délits de tous genres.

Enfin, la négligence totale des traitements sylvicoles, surtout dans les peuplements denses à base de cèdre influe beaucoup sur l'état sanitaire et productif de la végétation.

CHAPITRE 2.

LE PROBLEME DU DEPERISSEMENT DU CEDRE DE L'ATLAS DANS LE NORD-AFRICAIN

La dégradation et la régression des cédraies Nord-africaines ont fait l'objet de plusieurs mentions par de nombreux chercheurs. Les causes de cette dégradation sont multiples : péjoration climatique, action anthropique, attaque de parasites et insectes défoliateurs et l'absence de sylviculture [66;12;16;14].

Au Maroc, d'après Benabid (2000) [61], les cédraies relativement bien conservées sont peu représentées. En revanche, les cédraies Algériennes restent encore bien venantes, notamment celles de l'Atlas Tellien [86] ; [11].

D'une manière générale, une déficience de la régénération est signalée depuis plusieurs décennies, attribuée majoritairement à la sécheresse et l'absence de sylviculture [66 ; 12 ; 18 ; 11].

Le dépérissement du cèdre de l'Atlas signalé depuis le début des années 1980 s'impose actuellement comme un problème majeur qui menace la pérennité de cette espèce, d'autant plus que les causes de ce fléau demeurent inconnues [19;20]. Dans la cédraie de Theniet El Had, ce phénomène est signalé depuis 1984. Les services forestiers, signalent deux opérations d'assainissement effectuées en 1987 et 1994, amenant à l'abattage des dizaines d'arbres dépéris dans les zones touchées (Canton Rond-point et Toursoute, dans le parc Theniet El Had). Malheureusement, ce phénomène n'a pas cessé de gagner du terrain, actuellement le dépérissement est signalé dans tous les cantons.

Les problèmes de dégradation de la santé des peuplements forestiers (feuillus et conifères) sont très anciens et remontent à la fin du 19^{ème} siècle et surtout au début du siècle dernier dans de nombreux pays, notamment l'Europe mais aussi l'Amérique du Nord. L'apparition de phénomènes de déclin plus spectaculaires n'a pris un caractère vraiment inquiétant dans ces forêts qu'au début des années 1980 [87;88].

Dans le Nord de l'Afrique, les forêts de cèdre en particulier, ne font pas exception à la règle et sont aussi affectées par ce phénomène avec une intensité variable d'un pays à l'autre. L'état des connaissances sur la situation sanitaire actuelle de cette essence, qui a été inspiré largement de nombreux travaux anciens et récents, montre que les peuplements du cèdre algérien et marocain

présentent une détérioration continue provoquée par une multitude de facteurs qui, pour un bon nombre, sont communs à ces pays.

2.1- Notion de dépérissement: concept et causes

2.1.1 Historique

Le dépérissement des forêts est un phénomène complexe qui a commencé à prendre de l'ampleur vers la fin des années 1970, en Amérique du Nord [89], puis dans l'Europe centrale et occidentale [88] et enfin l'Afrique du Nord vers le début des années 80 [19]. Toutefois, des écrits rapportent que ce phénomène remonte à des dates plus anciennes [9 ; 90 ; 91]. Le dépérissement affecte aussi bien des espèces résineuses [92; 93; 94; 95. que des caducifoliés [96;97;91 ; 98].

2.1.2- Définition du dépérissement

La définition la plus couramment retenue dans la littérature pour le dépérissement est celle de [99] *in* [90]: «le dépérissement est un phénomène causé par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale, et graduelle, se terminant souvent par la mort de l'arbre».

Pour Landman (1994) [90], le dépérissement est l'équivalent du terme anglais «decline», terme réservé à des phénomènes complexes faisant intervenir des facteurs de plusieurs types (predisposants, déclenchants, et aggravants), en partie interchangeables, et entraîne une altération durable de l'aspect extérieur et de la croissance des arbres, la mort étant une issue probable mais non certaine du processus.

Le «dépérissement» ou « déclin » des forêts est une expression qui a marqué ces dernières années et donné l'alerte au monde forestier. Ce phénomène se traduit avant tout par une mortalité anormale des feuilles, bourgeons, brindilles et branches, et qui a pour conséquence la réduction de la vitalité et de la vigueur des arbres [100 *in* 101]. Une fois persistant, il induit la mort «isolée» des arbres puis prend de l'ampleur par «tâches» et enfin une ampleur «massive ou généralisée» des peuplements. Il en résulte une réduction progressive de la productivité ligneuse des forêts et de leur santé [102].

2.1.3- Symptômes et caractéristiques de dépérissement

Les symptômes de dépérissement les plus souvent cités sont [96 ; 92 ; 90] :

- Une Modification de la structure du houppier : perte d'aiguilles chez les résineux et perte de rameaux chez les feuillus, mort de portions de la couronne, apparence des microphyllies et feuilles disposées en rosettes.
- La Dégénérescence fréquente des racines fines et mycorhizes.
- Une Réduction de la croissance de quelques années à plusieurs décennies avant l'apparition des symptômes visibles.
- La Baisse des réserves d'amidon.

En ce qui concerne leurs caractéristiques spatio-temporelles, nous citons [90 ; 103] :

- La Dispersion au hasard (localement) des individus dépérissant.
- La Persistance et l'aggravation des symptômes durant plusieurs années.
- L'âge des individus ; le dépérissement affecte davantage les arbres adultes.

2.1.4- Facteurs impliqués dans le dépérissement forestier

Le phénomène du dépérissement est beaucoup plus compliqué, et loin d'être la résultante d'un simple facteur. Il peut s'expliquer par l'interaction de plusieurs facteurs de stress de nature biotique et abiotique agissant de façon indépendante, additive, synergique ou antagoniste.

c) Facteurs abiotiques

Parmi les **facteurs abiotiques**, il se dégage le stress climatique, facteur écologique le plus souvent impliqué à travers le monde dans la déstabilisation des écosystèmes forestiers et le déclenchement des phénomènes de dégradation de leur état sanitaire. Il intervient par la sécheresse qui peut sévir longtemps [104 ; 105 in 103; [106; 107 ; 108 ; 101].

Le stress chimique traduit par l'acidification des sols [109], le dépôt acide sec et humide, l'ozone et les micropolluants organiques [110; 104 ; 111 ; 112 in 103], est d'autant un facteur contribuant à l'affaiblissement des arbres. À ces

facteurs s'ajoute, mais rarement, le facteur « altitude » qui semble affecter parfois indirectement le fonctionnement physiologique de l'arbre [103]. D'après Schütt et Cowling (1985) [113 in 110], les arbres des hautes altitudes (>550m) sont plus exposés au dépérissement que ceux de basses altitudes (<500m). Généralement en altitude, les sols sont superficiels et bénéficient de quantités d'eau moins importantes, alors que ceux situés en basses altitudes se profitent d'une réserve hydrique très importante [114 in 103].

d) Facteurs biotiques

Les **facteurs biotiques** représentés par les ravageurs aux régimes alimentaires variés (défoliateurs, xylophages, séminiphages, etc.) et les maladies cryptogamiques (fongiques, bactériennes ou virales) sont parmi les agents qui interviennent dans l'altération physiologique des arbres forestiers [115 in 111]. La figure 2.1) montre l'évolution régressive de la santé des arbres forestiers sujets à des stress biotiques et abiotiques dans le temps.

Selon l'ordre chronologique, les facteurs du dépérissement peuvent être catégorisés en trois grandes classes, en partie interchangeables [116; 99 in 102].

Les facteurs prédisposant : qui exercent leur action de façon permanente durant une bonne partie de la vie de l'arbre provoquant généralement des stress de faible intensité [117 in 118]. Durant cette période, la sensibilité de l'arbre envers l'action d'autres facteurs s'accroît [119].

Parmi les principaux facteurs qui prédisposent les arbres au processus d'altération sanitaire, nous citons les facteurs édaphiques, climatiques et sylvicoles mais aussi, les mauvais aménagements [99 in 118], l'exploitation acéricole [117 in 118], la pollution atmosphérique [110] et même l'acidification des sols [120 in 118].

Contrairement, les **facteurs déclenchant** (ou incitants) agissent en peu de temps sur la physiologie des arbres. Ils représentent donc pour l'arbre un stress de forte intensité mais de courte durée [118], Ce qui déclenche habituellement le dépérissement de l'arbre [120 in 118]. L'influence des facteurs déclenchant, combinée à celle des facteurs prédisposant, provoquent une détérioration de la cime et du système racinaire. Ils sont essentiellement de nature abiotique dépérissement de l'arbre [120 in 118].

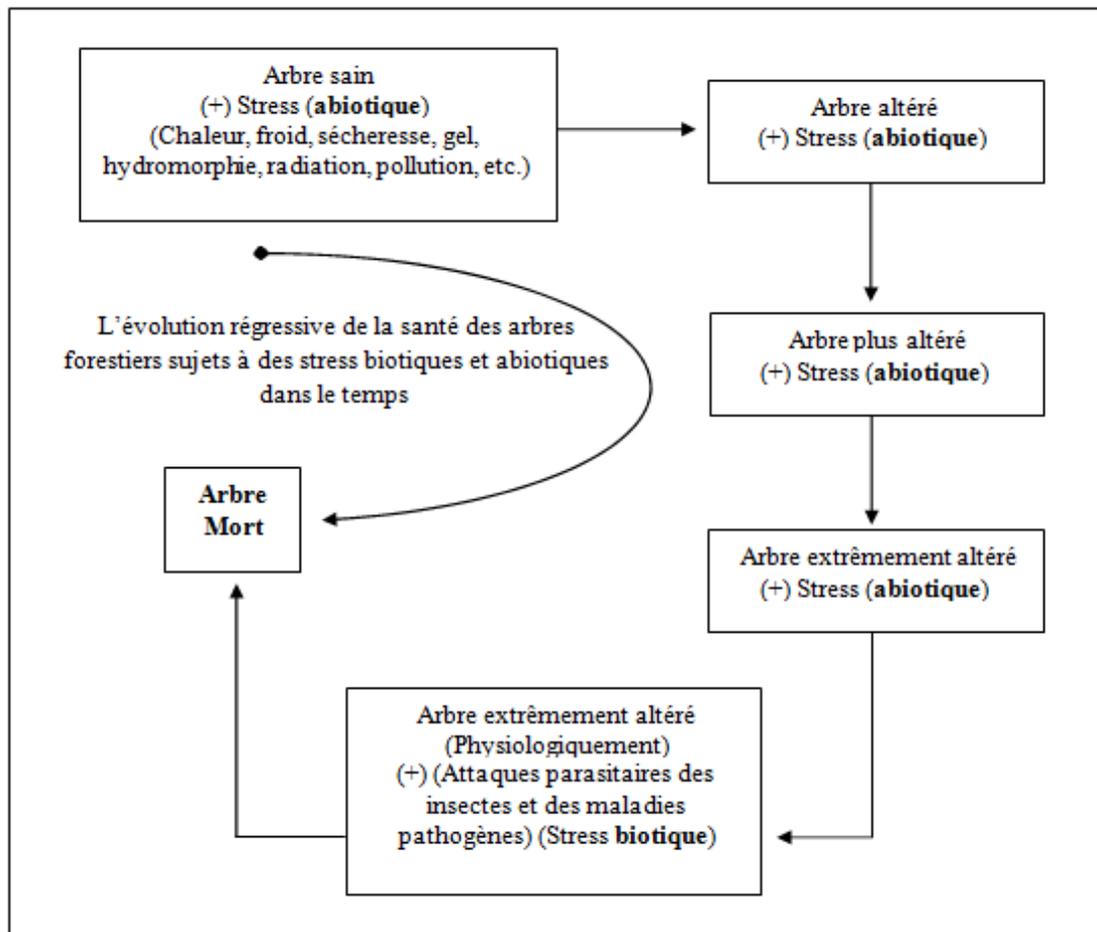


Figure.2.1. Le modèle de dépérissement des arbres forestiers [19].

Comme la sécheresse les facteurs biotiques comme les attaques d'insectes défoliateurs en particulier [102]. Il convient de signaler ici que les défoliateurs forestiers sont beaucoup moins dangereux sur les essences feuillues que sur les conifères [121]. Il est rare qu'une défoliation consécutive ait une conséquence néfaste sur la vitalité des arbres. Au contraire, chez les résineux, la destruction des aiguilles perturbent la physiologie des arbres et les exposent à un affaiblissement plus avancé [121].

Les facteurs aggravants (ou contributants) sont des facteurs qui interviennent en phase terminale du déclin; c'est à dire sur les arbres profondément stressés. Ils accélèrent donc leur dépérissement en entraînant le plus souvent leur mort [120 in 118]. Ils sont essentiellement d'origine biotique, ou sont rarement représentés par les xylophages secondaires et les champignons de faiblesse.

2.1.4.1- Le stress hydrique: une cause majeure du dépérissement des arbres forestiers

En région méditerranéenne, l'eau est le principal facteur limitant de la végétation forestière [122]. Lorsque son contenu dans les tissus des plantes s'écarte suffisamment de l'optimum de façon à nuire à la croissance et aux processus physiologiques, la plante est sujette à un stress hydrique [123] in [19].

D'après plusieurs auteurs [104]; [124 in 19]; [125]; [106]; [20], le déficit hydrique apparaît comme un facteur prédisposant et/ou d'incitation le plus associé au dépérissement des forêts.

Au début du développement du stress, ce sont les processus les plus sensibles qui sont affectés. Mais, s'il continue, les réponses s'intensifient et les processus physiologiques sont de plus en plus altérés [126]; [19]; [127]. Le stress hydrique affecte en premier lieu la croissance [128]; [129]; [72], perturbe ensuite les échanges gazeux et modifie enfin le métabolisme biochimique et les propriétés spectrales des feuilles [19]. Il peut même induire des phénomènes de cavitation et d'embolie dus à la rupture des colonnes d'eaux dans les vaisseaux [130 in 19]. Ceci peut entraîner le dessèchement partiel ou total des arbres et arbustes, observé souvent au niveau des branches supérieures.

Un arbre stressé ou affaibli est exposé souvent aux attaques parasitaires (pathogènes et insectes) [131]; [19]; [127].

Au Maroc, les attaques de *Thaumetopoea* sp sur les pins et le cèdre de l'Atlas ont été dévastatrices pendant les années coïncidant avec une séquence de sécheresse [131 in 19]. Ceci est expliqué, d'après Battisti et al, (2005) [132] in [133], par l'effet de l'augmentation des températures durant la période de sécheresse sur la croissance des premiers stades larvaires de l'insecte, permettant ainsi d'atteindre un stade de développement plus avancé avant la période hivernale et d'accroître ainsi la survie durant cette période d'où une augmentation de l'ampleur des dégâts.

La plupart des plantes augmentent, sous l'effet de la sécheresse, leur concentration en solutés (ions inorganiques, acides aminés, sucres solubles, acide organique, azote soluble), ce qui améliore la qualité nutritionnelle des insectes ravageurs et même des champignons phytopathogènes. Cet enrichissement

alimentaire favorise la multiplication et la pullulation de ces derniers [134] in [19]; [135]. En plus, la sécheresse crée des conditions thermiques plus favorables pour la croissance, la reproduction et la résistance des insectes [134 in 19], qui accélèrent davantage le dépérissement des arbres [136].

2.2- Les principales causes de dépérissement du cèdre de l'Atlas en Algérie

Le dépérissement du cèdre de l'Atlas a affecté la majorité des cédraies algériennes mais avec des degrés variables.

D'après Boudy, (1950) [9], 1500ha de veille futaie était déjà en régression sur le versant sud du Djurdjura et 500ha sur le versant nord, en très mauvais état également. Tandis que la cédraie de Theniet-El-Had, aux arbres de tous âges, en mélange avec le chêne-vert et le chêne-zeen, était en bon état. Mais, le déclin a pris une grande ampleur en touchant pratiquement tout le peuplement dans les Aurès et plus précisément dans la zone de Bélezma [17].

2.2.1- Cas de la cédraie des Aurès

Dans les Aurès, les symptômes de dépérissement ont commencé à apparaître vers les années 1982 [17]. Il s'est avéré qu'il est dû soit à des défoliations répétées causées par un lépidoptère défoliateur, la processionnaire du cèdre (*Thaumetopoea bonjeani*) [20; 17] soit à un couple de parasites, dont l'un est un champignon lignivore du genre *Armillaria* et l'autre un insecte xylophage non identifié de la famille des Buprestidae [137].

Bentouati et Bariteau (2006) [20] ont signalé que les peuplements les plus affectés sont ceux soumis aux influences sahariennes telle la cédraie de Bélezma, mais aussi ceux les plus méridionaux situés en limite sud des Aurès comme Taghda et Djebel Lazreg. [17], rapporte que plus du tiers de la surface boisée au Bélezma, qui est de l'ordre de 5000 ha est touchée par le dépérissement touchant les sujets de toutes classes d'âges notamment dans les peuplements en mélange avec le chêne vert et reposant sur substrats marneux [17].

La succession des années particulièrement déficitaires en précipitations et les températures anormalement élevées semblent être, d'après [17], la raison principale de la mortalité des arbres. A ce sujet, Boudy (1950) [9], rapporte qu'une sécheresse exceptionnelle entre 1875 à 1881 aurait occasionné d'importants dégâts

sur les peuplements de cèdre de la région. La sécheresse de 1977 et 1978 pour lesquelles le déficit pluviométrique a atteint la moitié de la moyenne, a entraîné dans la région de Bélezma un dessèchement du chêne vert essence qui s'est répercuté sur le dépérissement du cèdre se généralisant deux ans plus tard dans tout le massif [73].

Au début des années 2000, le dépérissement réapparaît avec une très grande attention au sein des gestionnaires forestiers et des chercheurs. En effet, d'après [20], les observations faites sur les carottes de cèdre pensent que la sécheresse exceptionnelle de 2002 marque le début de l'accélération de ce dépérissement, en entraînant le peuplement dans un nouvel épisode du déclin marqué par un rétrécissement contrasté des cernes de croissance. Durant l'année 2002, il a été enregistré une pluviométrie de l'ordre de 287 mm au niveau de la station de Batna, avec des précipitations hivernales très déficitaires, de 49,8 mm seulement.

Les signes du dépérissement n'ont été signalés que deux années plus tard, soit juillet 2004 par les forestiers lors d'une campagne aérienne de prévention et de lutte contre les feux de forêts [138]. Lors de cette mission de prospection, les zones touchées par le dépérissement sont les forêts domaniales d'Ouled Ali (canton Dj. Guetiane), de Bélezma (canton de Boumerzoug, de col Talmet et de Dj. Thouggar) et de Chélia (canton Oued Tidder). Les deux premières cédraies se trouvaient dans un état de dégradation très avancé alors que la dernière étaient relativement moins atteinte.

Une autre prospection avait été réalisée 5 mois plus tard de la même année sur deux placettes, de 1ha sur le versant nord de Thouggar et de 0,5 ha sur le versant nord ouest de Boumerzoug, pendant laquelle ont participé le département de Protection du Parc National de Bélezma, la conservation des forêts de Batna, le secteur d'Oued El Ma, le secteur de Fedis et l'université de Batna, dans le but d'évaluer le taux de dépérissement dans ces deux placettes. Il ressort que, la forêt de Boumerzoug se présente comme une forêt morte atteint un taux de mortalité évalué à 90%, alors qu'à Thouggar (Ain Kerrouch), il a été noté la mortalité de 83 % des sujets [138].

A Chélia, les symptômes de dessèchement des arbres sont localisés plus particulièrement au niveau des lignes de crêtes et en exposition sud comme à Ouled Yakoub soumis aux influences sahariennes. Dans cette localité, le dépérissement

apparaît soit en lambeaux discontinus le long du versant, soit par bouquets composés surtout de vieux arbres, variant en nombre [20].

En décrivant la situation du dépérissement dans les Aurès, [17], note que ce fléau ne touche pas que les arbres végétant dans des stations à mauvaise condition d'alimentation en eau (forte pente, sol superficiel, arbres déchaussés), mais aussi ceux poussant dans des stations humides (bas-fonds, le long des cours d'eau, etc.).

Plusieurs auteurs [9]; [73]; [20]; [17] considèrent donc (depuis longtemps) que la sécheresse est un facteur déclenchant la dégradation physiologique de la cédraie du Bélezma déjà prédisposée aux multiples facteurs tels que l'action humaine traduite par l'absence d'une gestion sylvicole rationnelle, le surpâturage, l'exploitation non contrôlée et les coupes illicites. Du point de vue géologique, la nature de certains substrats comme les marnes paraissent très nettement défavorables à la reprise des arbres par sa faible rétention en eau des sols.

2.3- Le dépérissement du cèdre de l'Atlas au Maroc

Le dépérissement du cèdre au Maroc est un phénomène très ancien. Il est observé depuis les années 1940 et il s'est étendu et amplifié progressivement à partir du début des années 1990, avec constatation des symptômes massifs durant l'été 2001 [20].

Dans les années 1990, des peuplements continus de cèdres morts sur pied ont été observés sur de vastes étendues des forêts de Tamjilt, Berkine, Meghraoua, Mitkane, Agoudim, Tounfite et Tirrhist [16]. Ce phénomène est lié principalement selon nombreux auteurs aux activités humaines et aux changements climatiques, plus particulièrement la sécheresse.

En effet, Chbouki (1994) [125]; [139] in [140] et [141 in 140] ont noté que la sécheresse aigue qui a sévi lors des trois dernières décennies est la cause probable ayant déclenché le phénomène de dépérissement.

Par ailleurs, Scaltsoyiannes, (1999) in Sabatier et al, (2003) [54], a noté la contribution humaine dans ce phénomène surtout dans certaines zones du Haut Atlas (Tounfite et Idikel, année) et du Moyen Atlas (Aguelmane, année). En effet, beaucoup de pieds du cèdre à cime verte présentent des branches latérales arrachées par les riverains pour nourrir leurs bêtes. El Yousfi (1994) [142], a signalé de même que le cheptel s'est énormément développé dans ces zones, où

la densité de troupeaux en ovins est arrivé jusqu'à 950000 têtes à Ifrane, ce qui explique en partie l'implication de l'homme dans le déclenchement de l'affaiblissement des peuplements du cèdre.

En plus, la coupe excessive du bois, du fait qu'il constitue d'une part un excellent bois d'œuvre recherché pour la construction urbaine et navale [143] in [73], et d'autre part la deuxième source d'énergie au Maroc, soit 30% du bilan énergétique national [144 in 140] est un autre facteur de disparition des peuplements du cèdre et de rétrécissement de sa superficie.

A coté de ces facteurs, Scaltsoyiannes, (1999) in Sabatier et al, (2003)[54], rajoute également que dans certaines régions (Michlifen et d'Ain Kahla), le singe Magot de berbérie *Macaca sylvanus* provoque des dégâts parfois spectaculaires aux arbres en les écorçant intensivement. L'action de cet animal n'est pas nouvelle mais date depuis les années 1940 [140]. Les insectes xylophages [145]; [54], phyllophages [29] et des champignons [142];[140], sont aussi responsables de cette situation au Maroc. Parmi les insectes, il est noté le bupreste sous-cortical, *Phaenops marmottani*, qui semble particulièrement actif, mais sa biologie reste encore non bien connue par manque d'études.

2.4- Le dépérissement du cèdre de l'Atlas En Algérie

La superficie du cèdre est en nette régression. Des écrits rapportés par [9] et cités par Abdessamed (1981) [146], indiquent que pendant la période de sécheresse persistante de 1975 à 1988, des peuplements entiers ont dépéri. Un dépérissement des forêts s'est étendu en Algérie, notamment dans les cédraies sèches par son extension, son évolution et le nombre d'espèces forestières qu'il atteint. Ce phénomène suscite une inquiétude d'autant plus vive [147]

2 4.1. Le problème de dépérissement dans le Parc de Theniet El Had :

C'est au niveau du parc national de Theniet-el-had que le dépérissement apparaît le plus spectaculaire et le plus préoccupant compte tenu de sa résistance mais aussi de la renommée de ce massif qui constitue l'une des prestigieuses cédraies algériennes [147].

Le dépérissement a été signalé en 1984-1985 sur les dizaines de tiges réparties par tâche dans le versant nord [148]. Le nombre de cèdres dépéris a été estimé à 3500 tiges par le service forestier du parc en l'an 1985 [84].

En 1992, le service forestier a évalué l'ampleur du dépérissement à travers une surface de 500ha environ, dans la forêt s'est avérée être un cas complexe où le dépérissement touche jusqu'à 20% des arbres.

Jusqu'à ce jour, les causes exactes du dépérissement restent encore non identifiées.

2.4.1.1 Actions anthropiques :

Les peuplements forestiers se trouvent compromis suite aux effets conjugués des aléas climatiques et des diverses actions anthropiques: le surpâturage, le tourisme, les coupes illicites et les incendies sont les principales pressions exercées par la population riveraine.

2.4.1.1.1. Surpâturage :

Le surpâturage constitue toujours à l'heure actuelle un important facteur de régression des forêts méditerranéennes dans de nombreux pays [149].

Le passage excessif des troupeaux dans la cédraie, arrachent les touffes d'herbes, rongent l'écorce et les pousses accessibles des arbres adultes et endommagent les taches de semis,

Le sol piétiné et tassé ; ce qui inhibe la régénération du cèdre [150]; [18].

La cédraie de Theniet-El-had ne fait pas exception à ce problème néanmoins, le service forestier cherche à limiter l'effet du surpâturage par la réduction des passages des troupeaux Les mis en cause font l'objet de poursuite judiciaire.

2.4.1.1.2. Tourisme :

Le tourisme dans le parc est sous trois formes distinctes :

- Tourisme pédagogique (sorties avec les étudiants et les élèves)
- Tourisme récréatif (famille, grand public)
- Tourisme scientifique ou de découverte (chercheurs, clubs scientifiques)

Le parc est soumis à une pression de visiteurs particulièrement au printemps et en été. Durant les années 2004-2005, le service forestier a recensé en moyenne 2500 à 3000 visiteurs ayant accédé au parc.

2.4.1.1.3. Délits de coupe :

Ces délits sont remarqués surtout sur les lisières à proximité des habitations des populations riveraines vivant dans des conditions difficiles. Ces dernières n'ont pour source d'économie que le bois, provoquant ainsi une dégradation [84].

En effet, durant la période 1999-2005 l'administration forestière a enregistré 73 cèdres coupés (Tableau 2.1)

Tableau 2.1 : Coupes illicites signalées dans le parc national de Theniet El Had

Année	Espèces	Nombre de tiges coupées	cantons
1999	Cèdre de l'Atlas et Chêne liège	9	Kef Sachine Ferciouane
2001	Cèdre de l'Atlas et Chêne vert	50	Guerouaou Rond point
2002	Cèdre de l'Atlas et Chêne vert (bois mort, Chêne liège et Chêne zeen)	57	Pépinière Kef Sachine Guerouaou Ferciouane
2003	Chêne vert et Genévrier oxycèdre	49	Ourtène Guerouaou Ferciouane
2004	Chêne vert et Chêne liège	35	Ferciouane
2005	Cèdre de l'Atlas, Chêne vert et Chêne zeen	135	Guerouaou Kef siga Ourtène Ferciouane Rond point

2.41.1.4. Les incendies :

Le risque d'incendie, constitue évidemment une menace permanente pour la plupart des aires protégées continentales de la région méditerranéenne [149].

Néanmoins, les arbres flambés, s'ils ne meurent pas, sont beaucoup plus sensibles et leur fructification est arrêtée pendant plusieurs années [151 in 152].

Cette situation ajoutée aux facteurs naturels défavorables ont accéléré le processus de dégradation et perturbent ainsi l'équilibre écologique dans le parc national de Theniet-El-had (tableau 2.2).

Tableau 2.2 Principales incendies déclarées dans le parc national de Theniet El Had depuis 1995.

Canton	Espèce incendiée	Type de peuplement	Surface	Année
Ferciouane	Chêne vert	Forêt	1ha	1995
Neant	Chêne liège			1996
Djaouarb	Chêne vert Genévrier	Forêt	5ha	1997
Djaouarb	Chêne vert	Forêt	11ha	1998
Ferciouane	Chêne liège			
Ourtène	Cèdre de l'Atlas	Chaumes+ Maquis	2ha	2000
Neant				2001
Neant				2002
Guerouaou	Céréales	Chaumes+	41,5ha	2003
Lisières du parc		Forêt		
Guerouaou	Chêne vert	Chaumes+	33ha	2004
Ferciouane	Céréales	Tailles forêt		
Kef siga	Chêne liège Cèdre de l'Atlas Genévrier			

2.4.2. Les différents types et phases de dépérissement :

2.4.2.1. Types de dépérissement

Le dépérissement de cèdre est un phénomène dont la gravité doit être soulignée.

Delatour (1983) [87] cité par Abdelhamid (1992) [153], distingue trois types de dépérissement selon leur évolution :

1. Le dépérissement brusque, qui se développe en quelques semaines et se traduit par le dessèchement des feuilles restées pendantes.
2. Le dépérissement rapide, qui se développe en une à deux années tout en entraînant une mort brusque de l'arbre.
3. Le dépérissement lent, qui s'étale sur plusieurs années, affecte essentiellement les arbres âgés de 80 à 100ans.

2.4.2.2 Phases de dépérissement :

Les approches descriptives du dépérissement du cèdre sont identifiées à travers l'ancienne et la nouvelle approche descriptive.

Selon l'ancienne approche (tableau 2.3), le dépérissement a été décrit suivant trois phases, dont la durée n'a jamais été fixée [154]:

Tableau 2.3 : Ancienne approche descriptive :

1 ^{er} Phase	2 ^{eme} Phase	3 ^{eme} Phase
Dessèchement de la cime.	Décoloration du feuillage.	Affaiblissement total de l'arbre.
Début de décoloration du feuillage.	Dessèchement total de l'arbre.	Attaques secondaires intenses d'insectes et champignons.
	Qualité du bois non encore altérée.	Bois inutilisable. Tronc constitue un réservoir de pathogènes.

Selon la nouvelle approche descriptive, les sujets dépérissant passent par les quatre phases suivantes :

- L'Etat vivant :

On décrit le dépérissement sur la base de la vitalité de l'arbre à travers les degrés d'évolution du dessèchement (figure 2.2).

- **Stade V₁** : il concerne les arbres dont le dessèchement du houppier est celui du haut vers le bas, avec un taux compris entre **0** et **50%**.
- **stade V₂** : à ce stade, le dessèchement est de plus de **50%** de la hauteur totale ; les aiguilles et les petites branches desséchées sont toujours adhérentes à l'arbre.



Figure 2.2: phase V1 et phase V2 du dépérissement du cèdre de l'Atlas
(Cédraie de Theniet El Had).

-L' Etat mort :

Pour les arbres morts, l'arbre ne comporte aucune portion verte, on parlera de deux stades : **M₁**, **M₂** décrits suivant la dégradation du bois mort sur pied (figure 2.3).

- **Stade M₁** : Le dessèchement des arbres morts sur pied est à **100%**, on cite la présence des branches cornées attachées ainsi que les aiguilles décolorées.
- **Stade M₂** : Durant cette phase, les arbres ne disposent que de grosses branches sur les quelles les altérations du bois sont plus visibles comme le détachement de l'écorce, les trous de scolytes, ...etc.



Figure 2.3: phase M1 et phase M2 du dépérissement du cèdre de l'Atlas
(Cédraie de Theniet El Had).

CHAPITRE 3. LES ENNEMIS DU CEDRE DE L'ATLAS

Les attaques des insectes constituent l'un des fléaux les plus graves qui menace la cédraie et l'exposent à la mort ou à une réduction de croissance [155].

3.1- Etat des connaissances sur les insectes ravageurs des cédraies

3. 1.1- Insectes phyllophages

Les défoliateurs sont 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.

Le tableau 3.1 montre les principaux insectes phyllophages inféodés aux cèdres sur le pourtour méditerranéen.

Tableau 3.1. Les principaux insectes phyllophages des cèdres et leur répartition géographique [25].

Insectes hyllophages	Aire de répartition	Plante hôte	
Lep., 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, turquie	Pin, cèdre
Lep., tortricidae	<i>Acleris undulana</i>	Maroc, chypre, Liban, Syrie, 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 cedrivor</i>	Algérie	Cèdre
	<i>Chroristoneura murinana</i>	France	Sapin
Hym., pamphiliidae	<i>Cephalcia tannourinensis</i>	Liban	Cèdre
Hym., diprionidae	<i>Prionomeion gaullei</i>	Algérie	Cèdre
Col., chrysomelidae	<i>Luperus pardoii</i>	Maroc	Cèdre
Col., curculionidae	<i>Scythropus warioni</i>	Maroc, Algérie	Cèdre

3.1.1.1- Les processionnaires (Lepidoptera, Thaumetopoeidae)

Sur le pourtour méditerranéen, cinq espèces de processionnaires sont mentionnées. Seulement trois d'entre elle sont exclusives aux cèdres, *Thaumetopoea bonjeani* Powell (Maroc, Algérie), *Thaumetopoea libanotica* Kiriakoff and Talhouk (Liban) et *Thaumetopoea solitaria* Frey (Turquie). Les deux autres espèces, *Thaumetopoea pityocampa* Denis and Schif et *Thaumetopoea wilkinsoni* TAMS s'attaquent prioritairement au genre *Pinus*, mais aussi au genre *Cèdrus*.

Concernat la processionnaire du cèdre a été signalée pour la première fois au Maroc, sous le nom de *Cnethocampa bonjeani* Powell, à partir d'insectes originaires du Moyen Atlas [156 in 36]. En 1984, elle fut déterminée pour la première fois en Algérie au niveau de la cédraie du Bélezma [37; 36].

Durant plusieurs années, *T. pityocampa* en cédraies marocaines fut appelée *T. bonjeani* du fait de sa dénomination stricte de processionnaire du cèdre [36]. Alors qu'en Algérie, *T. bonjeani*, non encore inventoriée, s'est trouvée classée comme une sous espèce de *T. pityocampa*, à savoir *T. pityocampa orana* Staudinger [36]. Il en est de même au Liban, où *T. wilkinsoni*, vivant sur pin et sur cèdre était attribuée à *T. libanotica* [36]

D'après Gachi (1994) [37] et [39]) [39], *T. bonjeani* 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), où elle avait provoqué une grave défoliation (plus de 80% sur plus de 500ha) en 1984. Au Maroc, cet espèce existe dans le Rif, Taza, Moyen Atlas et probablement là où existe le cèdre [142].

Thaumetopoea pityocampa est également présente sur toutes les cédraies algériennes, avec une forte pullulation au niveau de la cédraie de Chréa (Atlas Tellien) [39]. D'après El Yousfi (1994) [142], cet insecte est présent dans la plupart des régions marocaines.

3.1.1.2- Les Lepidoptera, Tortricidae

L'espèce *Acleris undulana* Halsingam a été décrite des cédraies d'Asie mineure [157 in 25]. Cet insecte est récemment découvert sur *Cedrus atlantica* en Afrique du Nord [158 in 159]. Il se trouve dans les cédraies atlasiques marocaines ; encore absent dans le Rif et en Algérie [25]. 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 [159]. Il se nourrit sur les trois espèces du cèdre du pourtour méditerranéen : *C. atlantica*, *C. libani* et *C. brevifolia* [25].

Une seconde espèce *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 [160]. De nombreuses années après, cette espèce a été retrouvée en Afrique du Nord. D'après Fabre et al, (1999) [161 in 162], 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 et Haad, Ain Antar, Chréa [160] ; [39].

D'après Mouna (2001) [162], la gradation simultanée des deux Tordeuses *A. undulana* et *E. cedricida* dans une région de cèdre serait fatale si leur développement larvaire se succède dans le temps.

Epinotia algeriensis Chambon, une espèce nouvelle recensée sur *Cedrus atlantica*, n'est connue qu'en Algérie (forêt des Babors) [163 in 39]. D'après plusieurs missions et sorties sur terrain, Fabre J.P., rapporte que cette espèce est largement répartie au Maroc [164] non publié cité par [25], et signale sa présence sur toutes les cédraies d'Algérie.

Aucune gradation de cet insecte n'est signalée en Algérie, mais ses dégâts sont très notables au Maroc, notamment au Rif (région de K'tama) [25].

Parmi les autres Tortricidae inféodés au cèdre, deux nouvelles espèces ont été récemment inventoriées en Algérie : *Lozotaenia cedrivora* sp. n. et *Dichelia numidicola* sp. n. [163 in 39]. Cette dernière espèce, *D. numidicola*, notée seulement dans la sapinière des Babors, pourrait être nuisible au cèdre [165 in 39]. Une autre espèce du même genre se trouve en Turquie et au Liban (Al-Shouf et Bcharrehs), il s'agit de *Dichelia* (*Parasyndemuis*) *cedricola* Diakonoff [166]. En France, *Choristoneura murinana* Hübner inféodé au Sapin, peut également vivre sur cèdre [161 in 25].

3.1.1.3- Autres espèces

Un autre ravageur a été également décrit en Algérie, il s'agit de la tenthrède *Prionomeion gaullei* [167 in 39]. Ainsi, un Coléoptère Chrysomelidae *Luperus pardoii* Codina a été prélevé à Tizi-Ifri (Rif central), et est considéré comme un phyllophage adulte du cèdre [145].

En 1996, une nouvelle espèce appartenant au genre *Cephalcia* (Hymenoptera., Pamphiliidae) a été signalée au niveau de la forêt de Tannourine [166]. Elle est considérée comme un ravageur très nuisible, affectant 70% des arbres de la cédraie. L'insecte a été identifié en 1998, comme étant *Cephalcia tannourinensis* n. sp. [25 ; 166]. D'après Kawar (2001) [166], ce ravageur est présent seulement au Liban.

A cette liste se rajoute d'autres nouvelles espèces rencontrées pour la première fois sur bourgeons du cèdre au Liban [166] : *Ernobius* sp. (Col., Anobidae) signalé en 1998 par Démolin dans la région de Tannourine et Al-Shouf, et *Dasineura cedri* (Diptera., Cecidomyiidae) signalé en 1999 par Nasr Jenny.

3.1.2- Insectes lignivores

L'inventaire des insectes lignivores (xylophages et sous-corticaux) s'attaquant aux cèdres est encore mal connu en Algérie. En absence de données précises, Abdessamed (1981) [146], en se référant aux archives des forêts de Batna, indique que les attaques des Bostryches *Xyloterus lineatus* et *Xyloborus xylographus* (Saxeseni) semblent avoir joué un grand rôle dans la dégradation des cédraies particulièrement au Bélezma vers 1885, ce qui a été noté également au Hodna en 1848-49 par [168] [168].

Parmi les autres xylophages recensés au niveau de la cédraie de Theniet El Had, Abdelhamid et Chakali (2008) [169] ont cité les espèces du genre *Scolytus* et les Cerambycidae, *Cerambyx cerdo* et *Ergates faber*.

L'étude entreprise par Guerroudj (2008) [170] dans divers 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) [145], c'est Barbey (1925) [171] qui a identifié le premier Coléoptère xylophage (*Cryphalus piceae numidicus* Eichhoff) au Maroc (Azrou) à partir d'une écorce de cèdre. Ultérieurement, de [241] [30], dresse une liste plus importante d'insectes inféodés au cèdre, qu'il classe principalement en lignivores du bois sain ou récemment mort et lignivores du bois altéré ou mort depuis longtemps (Tableau 3.2).

La majorité des espèces citées par de [241] [30] ont été rapportées par d'autres auteurs, entre autre, [34] [34], [38] [38], Mouna (2001) [162] et Benhalima (2004) [54], lesquels ont rajouté d'autres noms d'espèces à la liste, notamment des Scolytidae, des Buprestidae et des Cerambycidae. (Tableau 3.2)

Tableau 3.2. 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

	Insectes lignivores	Cités par de [241]	Cité par [38]	Cité par Benhalima (2004)
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>Cryphaluys cedri</i> Eichh *		x	
	<i>Kissosphagus novaki</i> Reitter	x	x	x
	<i>Phloeosinus cedri</i> Bris *	x	x	x
	<i>Xyleborus saxosus</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 nigrifila</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>Anthaxialudovicae</i> Ab *			
	<i>Anthaxia martini</i> Brisout			
	<i>Melanohyla (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>Chryssobothris affinis</i> fab (accidentel) *			
	<i>Anthaxia martini</i> bris *			
<i>Anthaxia parallela</i> Oreas Peyerrh *				
Curculionidae	<i>Magdalis leucoptera</i> fairm *			
	<i>Thyncolus porcatus</i> germ **			
Cerambycidae	<i>Larinus</i> sp			
	<i>Callidium cedri</i> peyerh *			
	<i>Ergates faber</i> L **			

	<i>Leptura fontenayi</i> muls **		
	<i>Semanotus russica algerica</i> F *		
	<i>Rhagium inquisitor</i> L *		
	<i>Pogonochaerus cedri peyyerh</i>		
Bostrychidae	<i>Stephanopachys quadraticollis</i> Mars		
	<i>Bostrychus ficus bicolor</i> Herest		
	<i>Bostricus fucus bicolos</i> Herb		
Elateridae	<i>Adelocera punctata</i> herest **		
	<i>Elater aurilegulus</i> schauf**		
	<i>Anobium pineti cedretorum</i> Peyrh**	x	
	<i>Anobium striatum</i> oliv		x
Anobiidae	<i>Lasioderma haemorrhoidale bicolor</i> schauf **		x
	<i>Stregobium paniceum</i> L **		x
	<i>Ernobius cedri (chob)</i> reitt **	x	
	<i>Tenebrio fuliginosus</i> fairm **	x	
Tenebrionidae	<i>Menepphilus cylindricus</i> herest **	x	
	<i>Helops insignis</i> luc **	x	
Cetoniidae	<i>Ghorimus baborensis</i> bed **	x	
Siricidae	<i>Urocerus augus</i> klug		x

La plupart des scolytides cités sont des sous-corticaux (se développant sous l'écorce), seul *Xyleborus saxeseni* Ratz est un xylophage (pénétrant profondément dans le bois) [38].

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 [38]. Ces espèces se développent dans les tissus encore intacts, mais où la sève est arrêtée, dont les *Melanophila*, les *Anthaxia* et le *Rhagium* les accompagnent [30].

Parmi les Buprestides, deux espèces sont jugées importantes: *Anthaxia pleuralis* Fairm et *Anthaxia nigrifula* Ratz [38]. Les autres espèces sont secondaires ou s'installent dans le bois déjà mort. Les espèces du genre *Ancylochira*, après un début de croissance larvaire sous l'écorce, plongent dans le bois même des tiges, et prolongent leurs attaques tant que le bois n'est pas trop altéré [30].

En ce qui concerne les Cérambycides, *Callidium cedri* Peyr. et *Ergates faber* L. sont signalés comme des espèces s'attaquant au bois mort ou en décomposition [38]. De même pour *Leptura fontenayi*, *Adelocera punctata*, *Elater aurilegulus*, *Anobium pineti cedretorum*, *Tenebrio fuliginosus*, *Menepphilus cylindricus*, *Helops insignis* [30].

Parmi les Bostrychides, il semble que *Stephanopachys quadraticollis* Mars soit un ravageur primaire, mais il est peu abondant au Maroc [38].

Lors d'une comparaison des communautés frondicoles des Coléoptères du cèdre en France (Provence) et au Maroc (Moyen-Atlas), il ressort qu'aucune des espèces recensées en Provence n'est inféodée au Cèdre ; en revanche, certaines des espèces capturées au Maroc semblent propres au cèdre [34]: *Amauronia longula* (Col. Dasytidae), *Labidostomis ruubripennis* (Col. Chrysomelidae), *Anthaxia pleuralis* et *Anthaxia ludovicae* (Coleoptera, Buprestidae), *Scythropus warioni* et *Brachyderes caudatus* (Coleoptera. Curculionidae).

Ceci indique d'après ces mêmes derniers auteurs que, 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.

En ce qui concerne les études menées sur l'entomofaune du cèdre en Syrie, [172], rapporte la présence de *Phloesinus cedri* (ordre, famille) au niveau de la cédraie de Lattakia.

3.1.3- Insectes des fleurs et des graines

Parmi les Lépidoptères des cônes, il est cité deux Pyralidae [145] ; [25] : *Dioryctria peyerimhoffi* Dejonnis, un insecte signalé sur les fleurs mâles du cèdre au Maroc et en Algérie au niveau des Aurès et à Blida, ainsi que *Dioryctria peltieri* Dejonnis. *Barbara osmana* OBR. (Lep., Tortricidae), signalé sur *Cedrus libani* au Liban et en Turquie [25].

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, existant au Maroc (Rif), en Algérie (Atlas Blidéen à Chréa, Massif des Aurès) et en France (sur toutes les cédraies, peuplement d'*Abies*) [160]; [145], et *Megastigmus schimitscheki* Novitzky, semble se limiter à *Cedrus libani* dans l'est méditerranéen (Turquie, Liban) [173] ; [174 in 25]. Cet insecte est accidentellement introduit en France vers 1994, où il a causé des dégâts très importants sur *Cedrus atlantica* [175 in 25].

3.1.4- Insectes opophages

3.1.4.1- Les aphides

Les aphides sont représentés par les deux Aphidae, *Cedrobium laportei* Remaudiere qui infeste seulement *Cedrus atlantica* et *C. deodara*, et *Cinara cedri* [177], qui infeste spontanément les quatre espèces de cèdre [35].

Cedrobium laportei, a été décrit en 1954 par Remaudière [176], à partir d'individus récoltés à Ben Aknoun près d'Alger et au Maroc [160].

D'après cet auteur, *Cinara cedri*, a été décrit en 1935 par Mimeur [177] au Maroc, puis ensuite en Algérie, mais également en Turquie [178 in 160] et au Liban [166].

Les deux espèces ont suivi l'extension du cèdre en France et dans toutes l'Europe. *Cedrobium laportei* a été découvert en Espagne, en Italie, en Angleterre et aux Pays-Bas, *Cinara cedri* en Espagne, Italie, Suisse [35].

Ces insectes semblent ne pas constituer un danger pour les cédraies naturelles [142], 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 [179 in 142].

Trois types de cochenilles sont également rencontrés sur cédraies :
Leucaspis pini H-*Dinaspidiotus regneri* B -*Chionaspis kabyliensis* B

- Deux types de chenilles processionnaires : *Thaumetopea pityocampa* schiff .*Thaumetopea bonjeani* Powell.

-Tordeuses : *Evertria bualina* -*Acleris undulana* -*Epinoptia cedricida*

- Xylophages : *Scolytes* sp : *Cérambyx cerdo* L -*Hesperophanes serieus* F
Melanophila marmottani F

3.1.4.1- Pucerons :

Les insectes suceurs de sève sont représentés par les deux Aphidae, *Cedrobium laportei* Remaudiere infeste que *Cedrus atlantica* et *C. deodara*, et *Cinara cedri* [177], infeste spontanément les quatre espèces de cèdre [35].

Cedrobium laportei, a été décrit en 1954 par Remaudiere [176] à partir d'individus récoltés à Ben Aknoun près d'Alger et au Maroc [160].

Ces insectes semblent ne pas constituer un danger pour les cédraies naturelles [142], 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 [179 in 142].

A été retrouvé d'une part en Algérie, en Grande et Petite Kabylie, dans les Aurès, dans le Hodna, dans l'Ouarsenis, dans les cédraies de Chréa au sud de Blida et Baïnem à l'ouest d'Alger et d'autre part au Maroc, dans le Rif et le Moyen Atlas [35]. *Cinara cedri*, décrit en 1935 par Mimeur [177] au Maroc [177], a été retrouvé au Maroc et en Algérie dans toutes les cédraies prospectées sauf une [35], mais également en Turquie [180], et au Liban dans la cédraie du Barouk (Riom, non publié [181]).

Cinara cedri est donc présent dans toute l'aire naturelle méditerranéenne des cèdres. Les deux espèces ont suivi l'extension du cèdre en France et dans toute l'Europe. *Cedrobium laporteia* été observé en Espagne, en Italie, en Angleterre et aux Pays - Bas, *Cinara cedri* en France [182], en Espagne, en Italie et en Suisse [35].

Biologie :

La biologie des deux pucerons, en France, diffère selon l'espèce (Fabre, non publié). *Cinara cedri* y présente un cycle complet, avec apparition à l'automne de sexe séparés puis de sexués ; les femelles, après fécondation, déposent des œufs d'hiver. En revanche, *Cedrobium laportei* ne s'y reproduit que par parthénogenèse, grâce à des femelles virginipares, aptères au début du printemps, ailées Ensuite [183].

Relation pucerons Fourmies :

Les fourmis parcourent les mélèzes à la recherche des pucerons de la famille des Lachnidés qui rejettent du miellat.

La nourriture ingérée se répartit ainsi : miellat de pucerons 62% ; sève écoulee des blessures des arbres 4,5% ; graines 0,2% ; insectes 34% (dont 1,7% seulement de nuisibles) ; divers 0,3% (champignons, cadavres) [184].

Le puceron du cèdre *Cedrobium laportei* provoque des dégâts par ses pullulations printanières et automnales, entraînant une défoliation partielle ou totale des arbres et quelquefois la mort des sujets fortement infestés [185].

Tous les reboisements, même isolés et récents sont attaqués. La présence des pucerons est visible pendant les hivers doux, au printemps et à l'automne. L'observation de fourmis circulant sur le tronc en est un bon indice. *Cedrobium laportei* (Fig 3.1 et 3.2.) se développe sur les extrémités des rameaux, en particulier sur les jeunes pousses de l'année. Les individus (larves ou femelles parthénogénétiques, aptères ou ailées) sont grisâtres et de petite taille.

Sous la loupe, à faible grossissement, ses poils terminés par un renflement, permettent de le distinguer avec certitude de l'autre espèce. Il ne produit que peu de miellat, récolté uniquement par les fourmis. En dehors des périodes de pullulation, les individus vivent isolément et se tiennent à la base d'une aiguille ou plus rarement sur une aiguille.

Cinara cedri se développe plutôt sur les rameaux et le tronc, mais aussi sur les extrémités des branches.

Les colonies sont nettement visibles et les individus sont de grande taille. Ils produisent en abondance du miellat qui constitue une source de nectar non négligeable récolté par les abeilles. Sous les arbres attaqués, le sol est souvent recouvert de miellat. Par la suite on assiste à un développement de " fumagine ", qui persiste sur l'arbre pendant très longtemps. A la fin de l'automne et pendant l'hiver, les œufs de couleur noir brillant, pondus isolément, sont aisément reconnaissable sur les aiguilles. Les dégâts de *Cinara cedri* et *Cedrobium laportei* sont importants. Ses piqûres répétées provoquent, sur les rameaux attaqués (Fig.3.3 et 3.4), la chute différée mais totale des aiguilles. Sur l'arbre, après une forte attaque, la totalité des aiguilles tombent et quelquefois l'arbre peut mourir. Au contraire, malgré des pullulations spectaculaires, *Cinara cedri* ne fait apparemment aucun dégât et les seules traces laissées par le ravageur sont dues à la fumagine. [183]

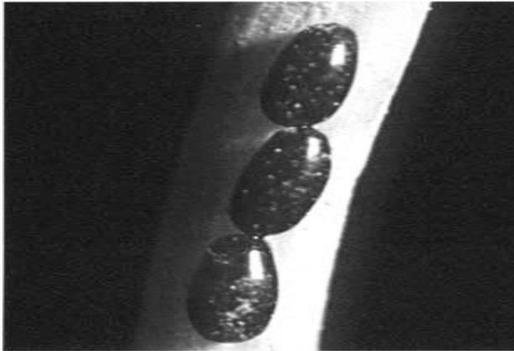


Figure.3.1.a. Œufs d'hiver du puceron *Cinara cedri* sur une aiguille de Cèdre de l'Atlas (Photo J. P. Fabre/I N RA).



Figure.3.2.b. Puceron *Cinara cedri* sur une aiguille de Cèdre

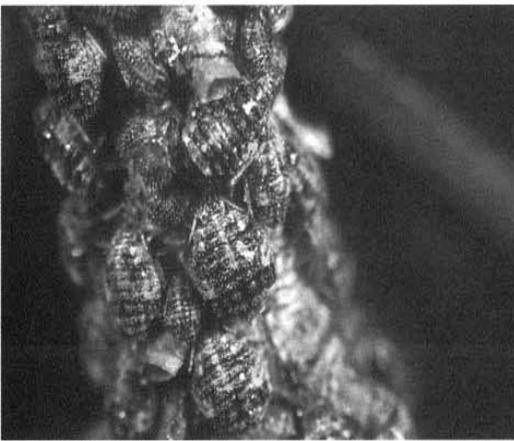


Figure.3.3.a. Colonie de pucerons *Cedrobium laportei*, sur un rameau de Cèdre de l'Atlas (Photo J. P. Fabre/I N RA).



Figure.3.4.b. Colonie de pucerons *Cedrobium laportei*, sur un rameau de Cèdre de l'Atlas



Figure.3.5.c. Pucerons *Cedrobium laportei* (original, 2012)

3.1.4.2. Cochenilles :

Les cochenilles Diaspines rencontrées sur le cèdre de l'Atlas à Theniet-EL-Had sont au nombre de trois espèces : *Leucaspis pini*, *Dynaspidiotus regneri* et *Chionaspis kabyliensis* (Figure.3.6 et Figure.3.7) [153]

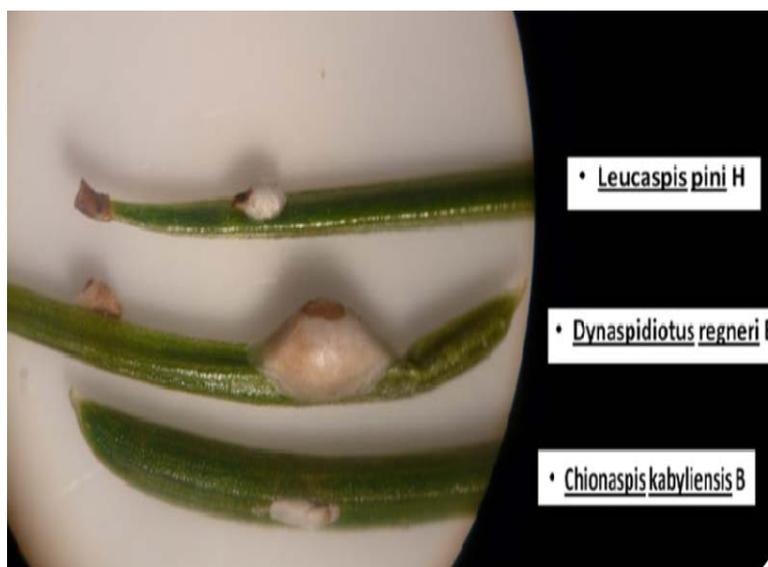


Figure.3.6. Cochenilles diaspines sur des aiguilles de cèdre de l'Atlas observées à la loupe binoculaire (original ,2012).

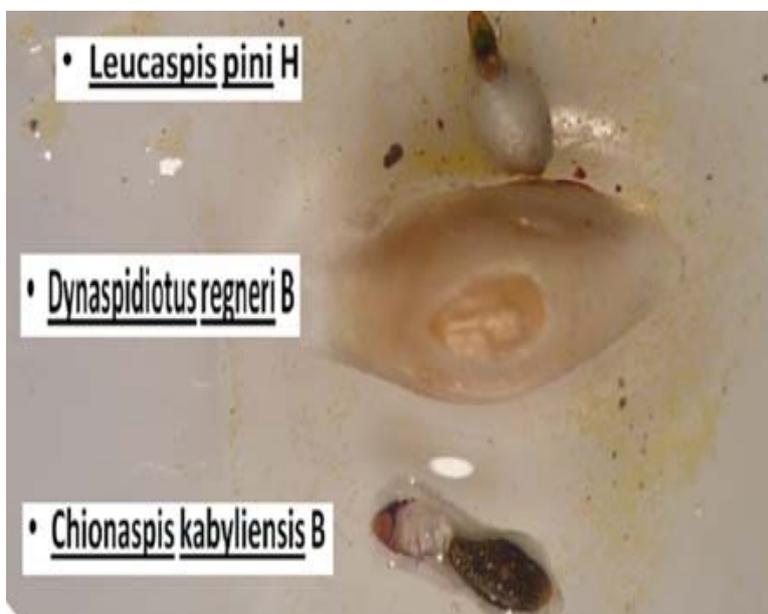


Figure.3.7. Trois types de cochenilles de cèdre de l'Atlas vu par loupe (Original, 2012).

a) Leucaspis pini H :

Balachowski (1953) [186], rapporte que *L.pini* est une espèce pinicole, la plus connue de la région méditerranéenne où elle vit principalement sur *Pinus halepensis* M. Cette espèce *Leucaspis pini* HARTING appartient à la famille des Diaspididae, et au genre *Leucaspis*

L'espèce, *L.pini* est caractérisée par un bouclier blanc pur, étroit, allongé et L'exuvie larvaire est unique, rejetée en avant (Fig.3.8.). La couleur du bouclier de la femelle est d'une jaune pale et mesure de 2,4 à 2,9 mm. La femelle adulte est de forme étroitement ovulaire. Les tubercules antennaires surmontées de 6 soies dont deux (02) Plus courtes.

Le pygidium est pourvu de 2 à 3 paires de palettes bien développées de forme conique et saillantes. Les stigmates antérieurs pourvus de trois (03) glandes péristigmatiques, l'ouverture anale est circulaire située au dessus du centre du pygidium [186].

Le mâle a un puparium de couleur blanc, sulinéair, non caréné mesurant environ 1,2 à 1,4 mm. Contrairement à la femelle, il est pourvu de deux paires d'ailes dont une est très réduite, de trois paires de pattes et d'une paire d'antennes.

L'espèce *L.pini* est fréquemment associée à d'autres espèces sur le pin, notamment à l'espèce très voisine *L.pusilla*, où la différence réside essentiellement au niveau de l'ornementation du pygidium. Selon Joly (1975) [187], les dégâts provoqués par l'espèce *L.pini* se manifestent par un jaunissement des aiguilles, ce qui entrave à la synthèse chlorophyllienne.

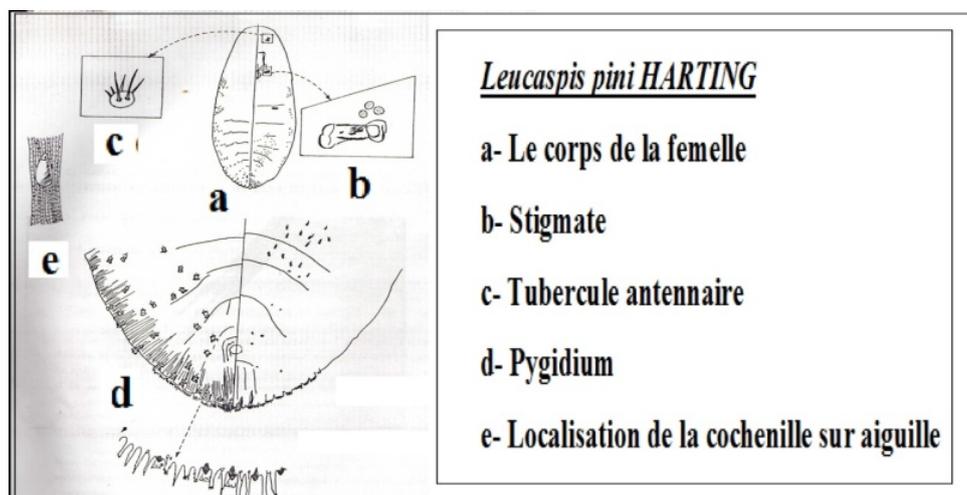


Figure.3.8. Morphologie de la cochenille de type *Leucaspis pini* H [153].

b) *Dynaspidiotus regneri* B :

L'espèce est reconnaissable par son bouclier qui a une forme ovale, allongé, tronqué aux extrémités fortement convexes, rétréci latéralement (Fig.3.9), le bouclier a une coloration blanc pur et soyeuse avec l'exuvie larvaire centrale de couleur jaune dorée. La taille du bouclier mesure environ 2,4 à 2,6mm. Contrairement à l'espèce *L .pini*, l'espèce *D.regneri* présente une spécificité pour les aiguilles du Cèdre de l'Atlas et vit dans la plupart des peuplements spontanés de montagnes du nord de l'Afrique.

D .regneri a été découvert par Regnier en 1928 dans les cédraies D'Azrou au Maroc et à Chréa au dessus de 1450 m [188].

Elle a été localisée par Peyrimhoff sur les cèdres de Tikjda à 1500 m et par Rungs à Ifrane (Moyen Atlas, Maroc) et dans l'Aiachi dans le haut Atlas Elle a été signalée dans la cédraie de Belezma à Batna par Adoui, 1991 [189].

L'espèce se rencontre toujours clairsemée à l'état d'individus isolés sur la surface supérieure des aiguilles [190].

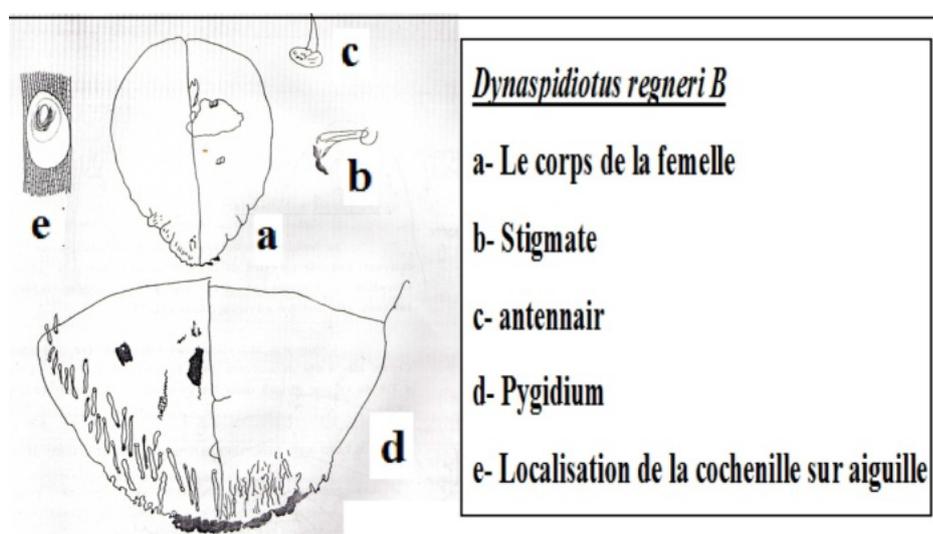


Figure.3.9. Morphologie de la cochenille de type *Dynaspidiotus regneri*. [153].

c) *Chionaspis kabyliensis* :

La femelle possède un bouclier allongé et étroit convexe (Fig.3.11), l'exuvie larvaire de couleur jaune dorée en avant. La sécrétion de l'adulte est d'un blanc pur satiné, légèrement luisant, et mesure environ 2,6 mm. L'espèce a une spécificité vis-

à-vis des aiguilles de cèdre et a été découverte pour la première fois par Perimhoff à Tikjda et par Rugns dans les cédraies du Maroc [191].

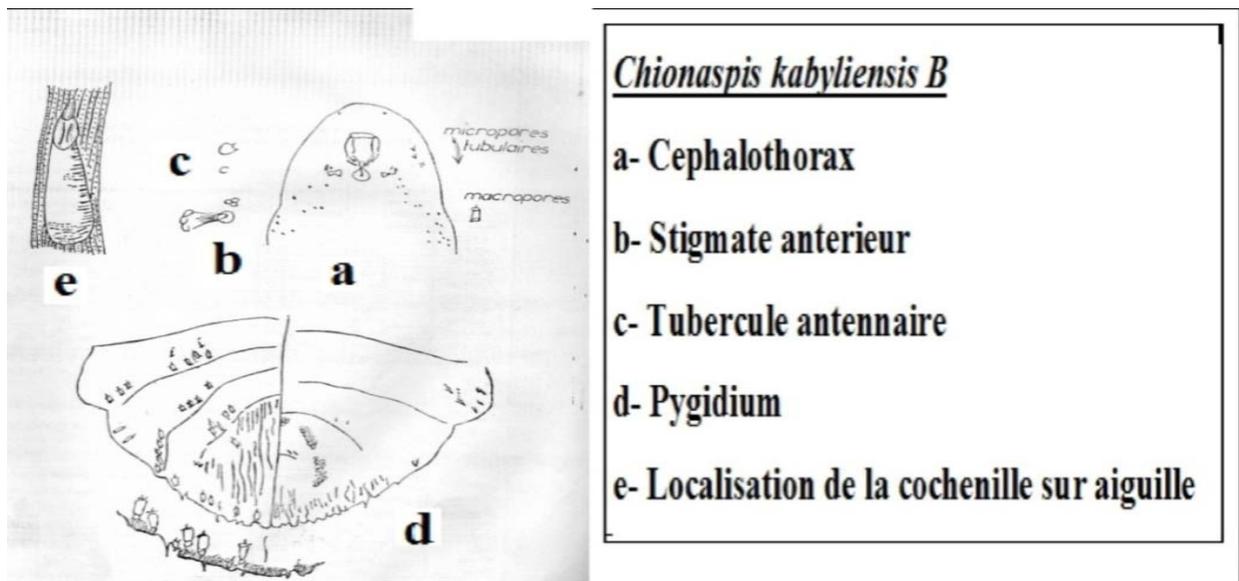


Figure.3.10. Morphologie de la cochenille de type *Chionaspis kabyliensis* [153].

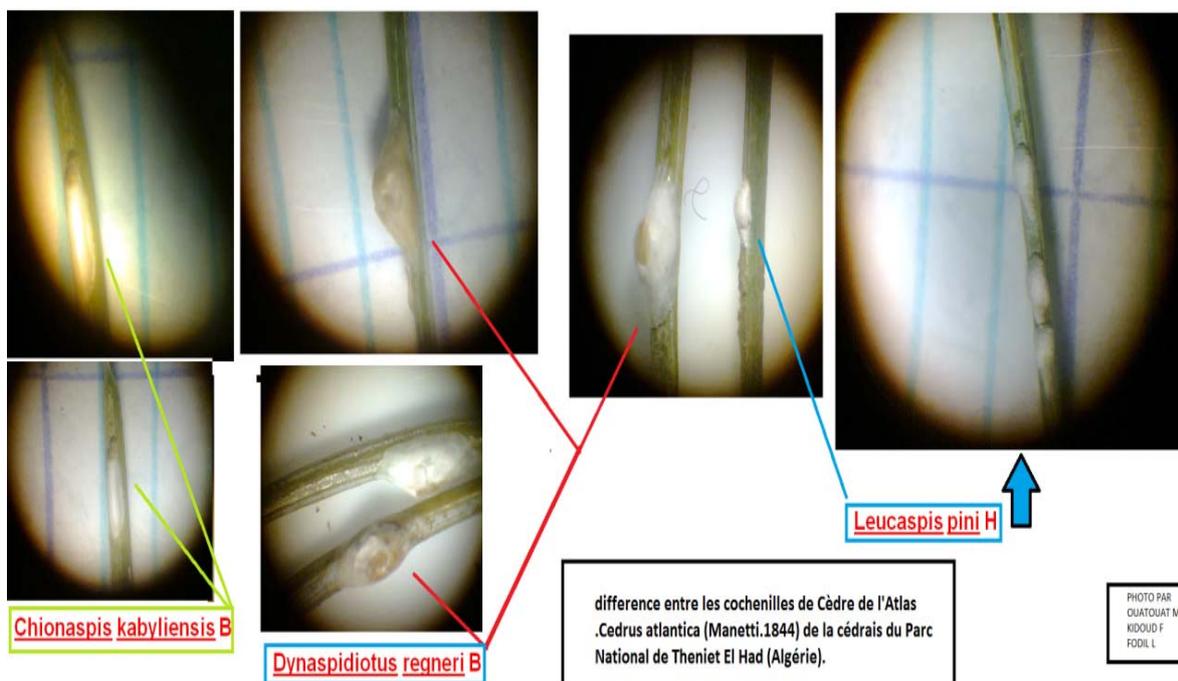


Figure.3.11. Trois types de cochenilles vues par loupe sur des aiguilles de cèdre De l'atlas (original ,2012).

3.1.5. Ravageurs des aiguilles de cèdre :

3.1.5.1. Chenille processionnaire :

On désigne sous le nom de processionnaires, des chenilles grégaires qui construisent des nids de soie, leur servant de refuge collectif, et qui se déplacent en processions de nymphose.

La chenille est caractérisée par huit paires de pattes et à son aspect verruqueux et velu. Elle porte sur la face dorsale des segments abdominaux une série de 8 miroirs couverts de nombreux poils minuscules et barbelés qui se détachent aisément. Ces miroirs, sont entourés par des bourrelets cutanés des soies glandulaires [192].

a) Processionnaire du pin : *T pityocompa* schiff .

La processionnaire du pin occasionne des dégâts sur les espèces appartenant au genre *Pinus* et également sur l'espèce *Cedrus atlantica* (Fig.3.22). Dans le cas d'un mélange d'essences, ce redoutable ravageur a une préférence marquée pour les espèces appartenant au genre *Pinus*.

Il a été détecté en hiver dans la cédraie de Theniet El Had, avec la présence d'un nombre important de nids localisés sur les cimes des arbres de cèdre. Vers la dernière décade du mois de l'année 1992, nous avons localisé des chenilles de *T.pityocampa* en procession. Relativement à la période des processions, l'insecte a manifesté un retard pour le départ en nymphose dû probablement à l'effet de l'altitude et les conditions écologiques du milieu [153].

Le cycle biologique de l'insecte est très connu dans le bassin Méditerranéen [193] ; [194] ; [195] et [196].

On distingue deux phases, l'une épigée, qui s'effectue sur l'arbre et s'étale depuis la ponte jusqu'à la procession, l'autre est souterraine et correspond à la phase nymphale.

Les adultes émergent au cours des mois de juillet et aout.

Les pontes sont effectuées sous formes de petits manchons autour des aiguilles et rarement sur les rameaux, et sont recouvertes d'écailles. Au cours de leur développement, les chenilles de la processionnaire du pin passent par cinq (05) stades larvaires.

Les larves s'alimentent et elles chenilles tissent un nid pour se protéger contre le froid. A partir des mois de mars et avril les chenilles de cinquième stade partent en procession de nymphose pour s'enfouir dans le sol. A ce stade l'insecte reste en diapause nymphale pouvant durer cinq(05) à six(06) mois et plus, en relation avec les conditions du milieu.

Malgré la connaissance de la biologie de l'insecte, le problème de la diapause nymphale semble être très complexe car le stade nymphal peut s'échelonner sur plusieurs années si les conditions ne sont pas favorables au développement de l'insecte.

La processionnaire du pin cause des dégâts au cèdre, qui se manifeste par la défoliation des arbres. L'importance des pertes varie d'une année à une autre. Après le passage des chenilles, l'arbre devient plus sensible à l'installation d'autres ravageurs. [153].

b) Processionnaire du cèdre : *T.bonjeani* Powell.

Au cours de prospections au mois d'aout 1991, un seul adulte mâle de l'espèce de *T.bonjeani*, a été signalé par Abdelhamid (1992) [153] dans la cédraie de Theniet El Had, tandis que d'autres individus ont été retrouvés les parasités *Phryx caudata* (Ordre, famille) [197], situent les émergences des papillons de cette espèce entre la première semaine du mois d'aout et la Mi-septembre.

Les valves de la processionnaire du cèdre *T. bonjeani* sont moins larges que ceux de la processionnaire du pin *T. pityocampa*. Elles présentent deux bandes de poils placées parallèlement au milieu, la première bande part de l'extrémité de la valve et va jusqu'à la base, la deuxième valve se limite à la moitié seulement.

Une touffe de poils est observée au sommet de la valve, mais ces poils sont courts, ayant un aspect d'épines.

Au milieu de la valve partant du sommet, une seule bande de poils est observée, nous retrouvons également une touffe de poils très dense chez la processionnaire du cèdre. [196] ; [153]

La comparaison des pénis des deux espèces montre que ce dernier est beaucoup plus développé à la base chez *T.bonjeani* (Fig.3.12 et Fig.3.13).

La processionnaire du cèdre est une espèce univoltine et son développement s'effectue en quatre stades (Fig.3.14).

Les émergences des papillons débutent dès la fin de la première semaine du mois d'août et cessent vers la mi-septembre.

Les femelles pondent leurs œufs sur les faces intérieures des rameaux de cèdre (Fig.3.15). Elles les déposent et les recouvrent d'écaillés de couleur cendrée qui donne aux pontes une homochromie parfaite avec les rameaux, ce qui les rend difficiles à repérer [198].

Les œufs ont un arrêt de développement durant la mauvaise saison et n'éclosent qu'à la période Végétative.

Quand les températures deviennent plus favorables, *T.bonjeani* passe par cinq stades larvaires. Dès leurs émergences les chenilles s'alimentent à partir des aiguilles de cèdre.

A partir du début de la période estivale au mois de juin, les chenilles du cinquième stade descendent en groupe à la recherche d'un endroit adéquat pour se nymphoser dans le sol. À la fin de la deuxième semaine de juillet, les chenilles âgées s'enfouissent sous terre et tissent chacune un cocon à l'intérieur duquel elles se transforment en chrysalides. La durée nymphale dure en général un mois. Pas toutes les chrysalides deviennent adultes la même année, certaines d'entre elles restent en diapause et n'émergeront qu'une ou plusieurs années plus tard [197].

Les défoliations de premier ordre sont très sévères. Si les attaques coïncident avec les périodes de sécheresse, elles augmentent les risques d'affaiblissement des sujets et il ne reste que les charpentes donnant aux arbres de cèdre l'aspect d'arbre incendiés [184].

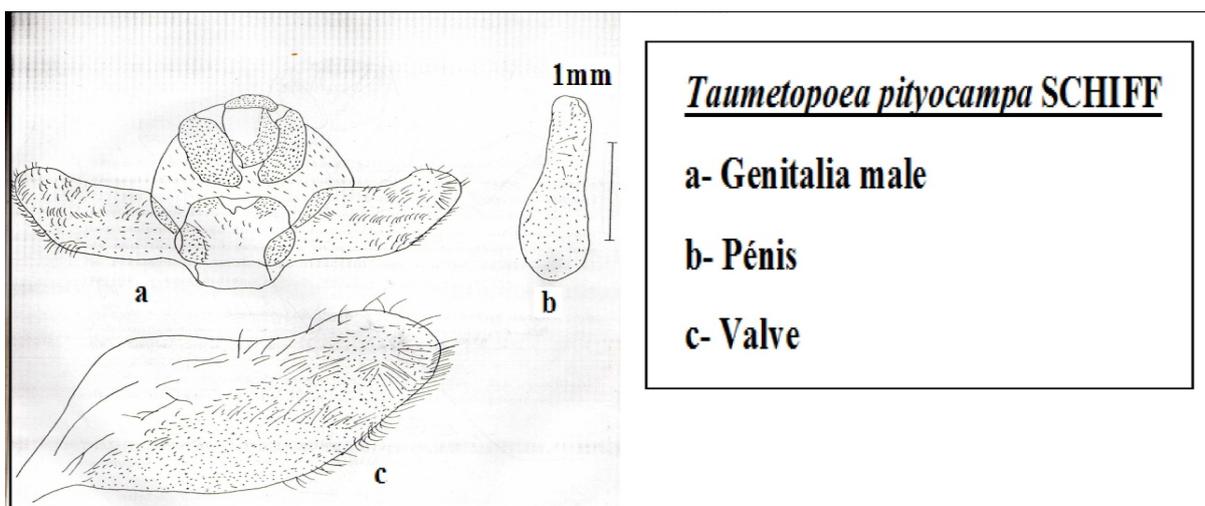


Figure.3.12. Appareil génitale de la processionnaire du pin
T pityocampa schiff. [153].

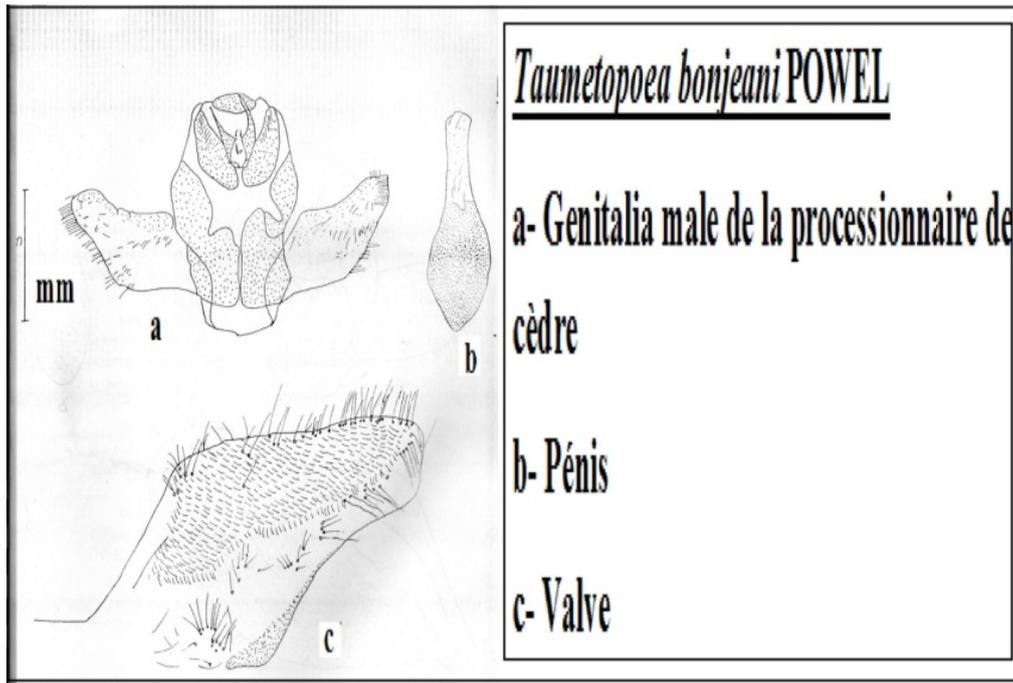


Figure.3.13. Appareil génital de la processionnaire du Cèdre
T.bonjeani Powell.[153]



Figure.3.14. Attaque de la *Thaumetopoea pityocampa* sur un sujet du Cèdre de l'Atlas au parc national de Theniet El Had (Original,2012).



Figure.3.15. Chenille processionnaire trouvé après le battage des branches (original,2012).



Figure.3.16. Œufs d'une chenille processionnaire trouvée après le battage des branches (original,2012).

3.1.6. Tordeuse ennemie naturelle.

a) L'espèce *Epinotia Cedricida* a pour seul hôte connu le cèdre de l'atlas, initialement décrite en France dans la cédraie du Luberon par Diakonoff puis elle a été découverte depuis au Maroc [182]; [199], en Algérie : dans les Aurès [200], à Tikjda (parc national du Djurjura), en grande Kabylie. Au Mont-Babor en petit Kabylie, à Theniet El Had et dans l'Ouarsenis, à Chérea au sud de Blida [180].

Remaudière (1954) [176], en 1969 a donné quelques indications sur la biologie de cette tordeuse. Les chenilles d'*Epinotia cedricida* consomment les aiguilles de tous âges, les arbres pouvant être totalement défeuillés. Les œufs sont pondus isolément dans les anfractuosités des écorces des branches. La L1 venant d'éclore commence par creuser un trou dans une aiguille située sur la couronne extérieure d'un bouquet d'aiguilles. Elle consomme les cellules parenchymateuses et constitue une mine n'occupant qu'une partie de la section de l'aiguille. À partir du troisième ou du quatrième stade, la chenille consomme ainsi les faisceaux libéro-ligneux et la mine occupe alors la totalité de l'aiguille. Au cours de son développement, la chenille construit à l'extérieur de la mine, sur l'aiguille attaquée puis sur celles qui sont adjacentes, un tunnel de soie revêtu à l'intérieur de déjection qui constitue une coque de protection contre les intempéries.

A partir de quatrième stade, et jusqu'au cinquième les chenilles rongent les aiguilles à l'extérieur, d'abord en partie, constituant ainsi les « galeries à ciel ouvert », puis plus ou moins complètement. Parvenues au sixième et dernier stade, elles sont toujours dans leur coque, puis elles en sortent et vont consommer à une certaine distance un grand nombre d'aiguilles qui sont alors tronçonnées. Leur développement achevé, les chenilles se laissent tomber sur le sol, au bout d'un fil de soie, et se nymphosent à quelques centimètres sous terre, dans un cocon soyeux.

Epinotia cedricida est une espèce monovoltine. Leur descente dans le sol s'échelonne du début du mois de février jusqu'à la fin du mois de mai, uniquement avant le débourrement et la croissance des nouvelles aiguilles. L'émergence des adultes a lieu quelque mois plus tard, de la mi-juillet à la fin du mois d'août. Leur période de vol s'étend jusqu'à la fin du mois de septembre.

La tordeuse occasionne des dégâts importants à des altitudes relativement élevées, correspondant approximativement à l'étage de végétation méditerranéenne donc à l'optimum bioclimatique du cèdre en région méditerranéenne française. Les

gradations de l'insecte revêtent un caractère plus ou moins cyclique, les pullulations s'observant tous les 5-6 ans environ. Sur la crête de l'Oberon, une première pullulation s'est produite en 1969. Depuis, on a enregistré en observe 3 nouvelles gradation qui ont culminé en 1976, 1982,1991 [160].

D'autres tordeuses sont connues sur *cèdre* : *Evertria Bualina schiff* (tordeuse des pousses du cèdre): Elle élimine la partie non ligneuse des pousses terminales. *Acleris undulana* Insecte ravageur des aiguilles de cèdre de L'Atlas [201].

3. 1.6. Xylophages :

Famille Xylophagidea :

Les larves des insectes de cette famille sont très faciles à reconnaître grâce à leur tête conique fortement sclérotinisée et pigmentée de noire et à leur plaque anale bidentée. Elles atteignent jusqu'à 2 centimètres et sont carnivores. Les Xylophages sont communs dans le bois mort de divers arbres [184]. Les insectes xylophages : Sont classées selon l'état de l'arbre et la partie attaquée :

- Les xylophages qui s'attaquent à l'arbre en sève comme : *Melanophila marmottani* [9].
- Les insectes de faiblesse comme les scolytes : *scolytes numidicus*.
- Les insectes qui attaquent les arbres morts sur pied comme : *Ergates faber* ou *Sirex juvencus* [154].

Le problème des xylophages est d'une grande importance et se pose d'une forte accrue pour le cèdre par le fait qu'ils constituent souvent l'étape qui l'affaiblissement de l'arbre. Les causes de cette affaiblissement peuvent être divers aller de la sécheresse que connaît notre pays durant ces dernières années à l'attaque phyllophages .l'action de l'homme n'est pas a négliger pour autant qui en arraché des branches pour le bétail occasionne des blessures qui constituent des lieux pénétration des xylophages et des champignons. L'étude des xylophages devrait se faire prenant en considération les champignons qu'ils peuvent éventuellement véhiculé transmettre d'un arbre à un autre. Nous Avons protégé de nous occupé de cette faune xylophage de cèdre [145].

a) *Melanophila marmottani* F (Coléoptère-Buprestidae) :

L'insecte, mesure 8 à 10mm, est de couleur verte-métallique un peu bleuâtre, très brillant. Le genre *Melanophila* est très voisin du genre *Phaenops*, le critère de reconnaissance séparant les deux genres se résume comme suit :

La tête de *Melanophila* est plane ou légèrement bombée, front non rétréci entre les activités antennaires, épistome courts, yeux légèrement rapprochés dans le haut.

La tête du genre *Phaenops*, est bombée, épistome, court, large et se prolongeant de chaque côté sous les cavités antennaires, yeux médiocrement rapprochés sur le vertex ; fossettes porifères situées sur la face interne des articles dentés [202].

La biologie des espèces du genre *Melanophila* sont mal connues sur *Cedrus atlantica*. En effet, les sujets abritant les larves du Buprestidae sont en général des arbres âgés, par contre, aucune larve n'a été détectée dans l'écorce des jeunes arbres.

Au cours, de nos sorties, nous avons prélevé un certains nombres de larves à partir de l'écorce des arbres âgés en dépérissement. Ces larves sont corticoles et xylophages détériorent ainsi la qualité technologique du bois.

Les galeries larvaires des espèces apparaissent verticales, sineuses et aplaties. Au niveau des troncs des arbres les orifices des insectes sont de forme arrondie.

En conclusion, il semble que l'espèce *M.marmottani* recherche particulièrement les arbres âgés présentant une déficience physiologique pour se nourrir et se développer. Par ailleurs l'action des insectes primaires peut aussi exposer l'arbre aux pullulations des ravageurs secondaires talque le Bupreste *M.marmottani*.

b) *Cérambyx cerdo* L (Coleoptera-Cerambycidae) :

Parmi l'entomofaune, nous avons noté la présence de l'espèce *C.cedro* à la fin de juillet de l'année 1991 au niveau des écorces de *C. atlantica*.

L'insecte est facilement reconnaissable par les élytres très ruyeux, convexes, atténués en arrière, tronqués à l'extrémité. Le corps entièrement couvert d'une

pubescence rasé, grise, serrée. L'espèce appelé encore le grand capricorne, mesurant environ 36 à 50 mm de long [203].

Généralement l'insecte se manifeste dans les forêts des vieux chênes ou il vol au crépuscule et la nuit se rencontre sur la sève sucrée coulant d'arbre endommagé.

La larve se développe dès le premier temps dans l'écorce, puis dans l'aubier et le phloème, ou elle creuse des galeries ovales profondes de l'épaisseur d'un doigt. Au terme de sa croissance, la larve mesure de 70 à 90 mm.

La larve en général évolue en trois ou quatre ans. La loge nymphale est fréquemment obtenue par un tampon de matière calcaire décorgée par la larve.

Le vol des adultes s'effectue au cours de la période estivale [204].

c) *Hesperophanes serieus* F (Coleoptera-Cerambycidae) :

A la même période de récolte de l'espèce *Cerambyx cerdo*, nous avons capturé l'espèce *H. serieus*.

Les adultes sont caractérisés par une tête ayant un même diamètre que le sommet du thorax et des yeux à facettes grossières. Le deuxième article des antennes est trois (03) fois plus court que le premier. Les élytres sont de forme cylindrique et arrondie à l'apex et l'écusson à une pubescence blanche.

L'adulte est nocturne, quelque fois, il est attiré par les lumières. La larve vit surtout à partir du figuier mais aussi dans les souches de vigne dépérissantes et branches mortes de platane [203].

En conclusion, il est nécessaire de noter, que les deux espèces *C.cedro* et *H.serious* n'ont pas été signalés sur l'essence de *Cedrus atlantica*, cependant il y a deux possibilités de leurs existences :

- Soit, ils utilisent l'arbre comme endroit de refuge.
- Soit, ils s'alimentent à partir de l'écorce.

En effet, il sera intéressant d'entreprendre des études écobioologiques approfondies sur ces deux espèces, afin de tirer des renseignements.

d) Scolytes sp (Coleoptera-Scolytidea) :

Parmi les espèces corticoles, nous signalons une espèce appartenant au genre *Scolytes* sur le cèdre de l'Atlas. Telle espèce peuvent se multiplier, se reproduisent est pu mettre une épidémiologie dans les peuplements forestiers.

D'ailleurs, il est connu que certaines espèces jouent un rôle détériorant la qualité technologique des essences forestières.

En général, les scolytes sont des insectes de petite taille mesurant environ 2mm. Leurs formes sont très variables. Beaucoup d'espèces sont capable de devenir lors de pullulations des ravageurs primaires. Les galeries dont les quelques vivent les scolytes ont des formes caractéristiques de chaque espèce, à tel point qu'il est souvent possible de reconnaître l'auteur des dégâts même de son absence [153].

CHAPITRE 4. MATERIEL ET METHODES

4.1. INTRODUCTION :

L'étude a été réalisée dans la cédraie naturelle de Theniet El Had, d'une superficie d'environ de 3 424 ha., située à 35°51'56" et 35°53'04" de Latitude Nord et 01°55'30" et 02°01'30" de Longitude Est. C'est l'unique cédraie occidentale en algérie à haute valeur patrimoniale, offrant un mélange unique de cèdre et de pistachier de l'Atlas [205]. C'est également le seul endroit dans le pourtour méditerranéen où le chêne liège monte à plus de 1 600 m [206]. Elle est considérée comme étant «L'une des plus belles curiosités naturelles de l'Algérie» [9].

Sur le versant Nord du parc, plus froid et plus humide, le cèdre de l'Atlas occupe les 2/3 des peuplements forestiers. Sur le versant Sud, plus chaud, il représente les 3/5 du massif forestier et est plus exposé aux incendies facilitées par la présence du chêne liège surtout à sa partie inférieure. Le versant Ouest du parc comporte par contre une faible étendue du peuplement de cèdre [148].

Le travail expérimental est réalisé en deux phases: l'une sur terrain et l'autre au laboratoire. Notre travail de terrain s'est effectué en quatre parties principales :

- 1- La prospection de l'état sanitaire de la cédraie par une estimation exhaustive du dépérissement;
- 2- L'inventaire entomologique au niveau de six stations différentes sur et autour de sujets de cèdre de l'Atlas à différents états sanitaires;
- 3- Le prélèvement des aiguilles;
- 4- Le prélèvement du sol ;

Dans une première étape, les archives disponibles au niveau du Parc National de Theniet El-Had ont servi de base pour le suivi du dépérissement du cèdre en matière d'aspect stationnel et morpho pédologique.

La seconde étape a consisté à décrire le peuplement en différents points de sondage (placettes) sur un transect d'étude. Le principe d'échantillonnage est systématique, sans présélection. La seule contrainte a été l'homogénéité des placettes d'un point de vue structure et composition du peuplement. L'échantillonnage stratifié a été écarté car trop arbitraire. En effet, il pourrait occulter

des facteurs primordiaux pour la compréhension du dépérissement des cèdres non directement visibles par l'observateur.

Au niveau du parc, seul le cèdre de l'Atlas est victime du dépérissement. Les arbres malades sont distribués en petits bouquets ou isolés parmi les peuplements apparents sains et se situent bien en bordure des pistes forestières qu'à l'intérieur des peuplements eux-mêmes.

4.2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.

4.2.1. Situation géographique :

La cédraie de Theniet El-Had, d'une superficie de 3.460 ha, dépend administrativement de la wilaya de Tissemsilt et de la daïra de Theniet El Had (Fig.4.1 a à d). Sur le plan forestier, elle est rattachée au Parc National de Theniet El Had depuis 1983, où elle occupe près de 1/3 de la superficie totale du parc [207]. Sur le plan géographique, elle s'étale sur le Djebel El Meddad (dénomination locale du cèdre).

Ce chaînon est situé dans la partie méridionale de l'Atlas Tellien dans le prolongement Est du massif de l'Ouarsenis, qui constitue une transition entre la plaine de Chlef et le plateau de Sersou [208]. Le point culminant est celui de Ras El Braret avec une altitude de 1786m. Le point le plus bas est de 900m d'altitude dans le versant nord du parc. L'altitude moyenne est de 1550m [168]. Une étude Bulgare en 1984 précise que des botanistes ont planté au 8^{ème} siècle des graines de cèdre à différents endroits en haute altitude. La cédraie de Theniet El Had existe donc depuis très longtemps. Elle est déclarée Parc National par décret présidentiel N°83 /459 le 23 juillet 1983.

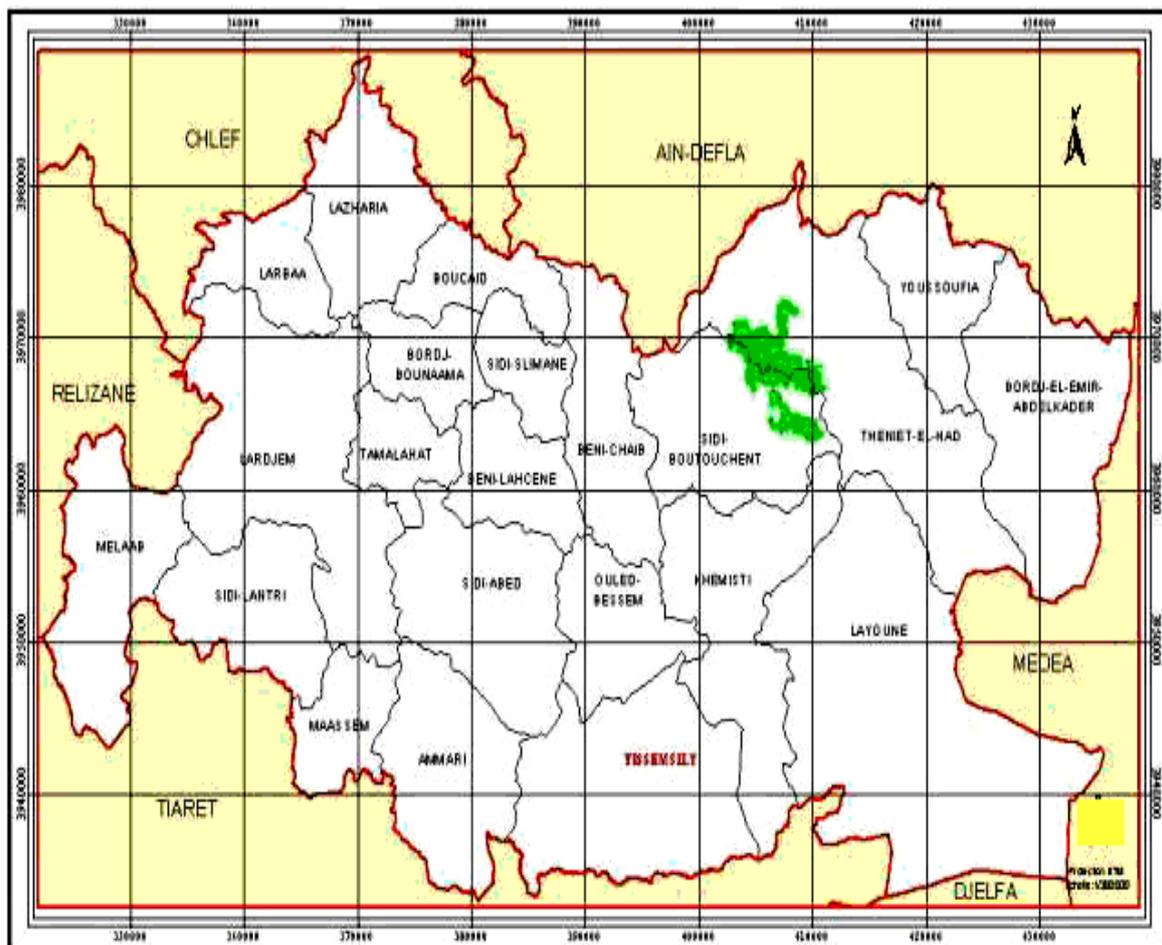
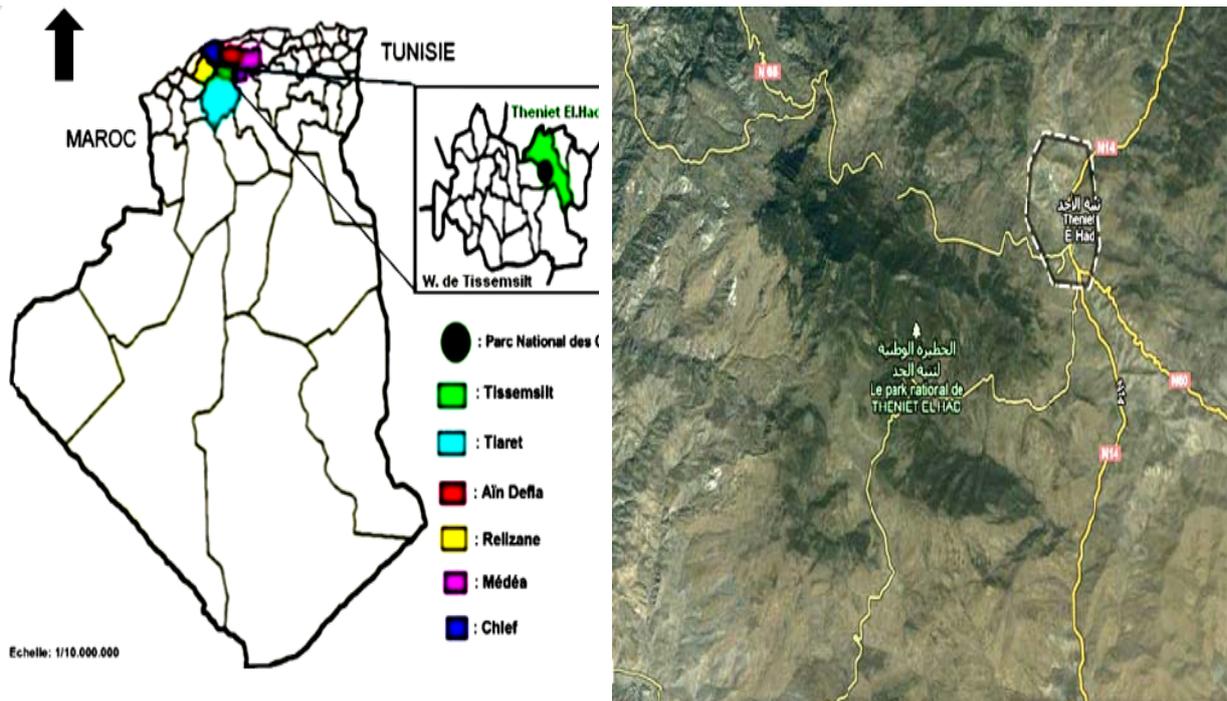


Figure. 4.1. Carte de situation géographique et satellitaire du parc national de Theniet El Had, Tissemsilt, vue sur la cédraie (original)

4.2.2. Données géologiques :

Le massif de Theniet El Had repose sur des grès numidiens, représentés par des substrats à base de calcaires, de marnes et de schistes dans les basses altitudes [152]; [207]. Dans les parties centrales du parc et les parties les plus hautes du massif, on trouve des grès de couches épaisses situées sur des couches fines d'argiles et de marnes. Sur les parties ouest du parc, on trouve des sédiments du moyen éocène développés en marne faciès [168] ; [209].

La base de la structure géologique du massif de la forêt, relevant du crétacé, est constituée de sédiments oligocènes développés en faciès «Numidien» [9]; [208]; [152]. Trois types de sols sont distingués dans la zone d'étude. Il s'agit des sols peu évolués d'apport colluvial, les sols minéraux bruts de groupe d'érosion et les sols brunifiés lessivés [210].

4.2.3. Données climatiques :

Le climat est un ensemble de facteurs écologiques dont dépendent étroitement l'équilibre, le maintien et la distribution des êtres vivants [211]. Les populations et les biocénoses sont sous la dépendance des facteurs de leur environnement dont les principaux sont les précipitations et la température [212]. Les combinaisons relativement distinctes de la température et des précipitations déterminent les assemblages des espèces capables de survivre et de déterminer le type du peuplement faunistique [213].

Dans le but de discuter ce facteur abiotique indispensable dans notre zone d'étude, nous avons mené une étude climatique à fin de caractériser ces majeurs traits. En absence des stations météorologiques dans notre zone d'étude, nous avons pris en considération les données climatiques de la station de Tiaret située aux coordonnées géographiques (35°35' N ; 1°43' W) et à une altitude de 1127m.

La correction des précipitations du gradient pluviométrique est celle adoptée par Djebaïli (1984) [214] qui est de 20mm pour 100m d'élévation et pour la correction thermique celle de Seltzer (1946) [215] qui propose pour «M» (moyenne des maxima) un gradient thermique de 0,7°C pour 100m d'élévation et pour «m» (moyenne des minima) nous avons le gradient de 0,4°C pour 100m d'élévation. Il est à noter que nous avons pris en considération 10 ans de la période s'étant de l'année 2001

jusqu'à l'année 2012, faute d'enregistrement défectueux qu'a subi la série des données pendant les années 2002 et 2005.

4.2.3.1. Températures :

La température est l'élément du climat le plus important [216], car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère. Les arthropodes en général ainsi que d'autres invertébrés susceptibles d'être exposés à une phase de gel ou de chaleur excessive au cours de leur cycle vital, subissent des arrêts de développement chez les jeunes stades ou d'activité chez les adultes pendant ces périodes défavorables [217].

Les moyennes de températures mensuelles maximales et minimales en °C de la zone d'étude sont données pour une période de 10 ans, de 2001 à 2012, (tab 4.1). La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en juillet varie de 34.0°C à 34.8°C. La moyenne des températures minimales 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.

Tableau 4.1. Températures moyennes mensuelles en °C de la zone d'étude (2001-2012)

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
minimales (°C)	-0.2	0.0	2.3	3.9	7.4	12.7	16.6	16.6	12.7	9.1	3.7	0.8
maximales (°C)	9.6	10.4	14.5	17.1	21.9	29.7	34.0	33.2	26.9	21.9	13.9	10.0
moyennes (°C)	4.7	5.2	8.4	10.5	14.6	21.2	25.3	24.9	19.8	15.5	8.8	5.4

Theniet El had, 2012

4.2.3.2. Pluviométrie :

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes [218]. Les pluies saisonnières ont une influence plus importante sur les invertébrés [219]. Les moyennes des précipitations mensuelles en millimètre sont présentées dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2. Moyennes des précipitations mensuelles de la zone d'étude (2001-2012)

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	P(mm/an) Cumul
Précipitation (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	493.7

L'évolution des précipitations mensuelles moyennes de la période entre 1980 et 2009, révèle une période pluvieuse qui s'étend de septembre à Mai ($P > 40\text{mm}$) avec un maximum de 58.8mm en Avril. Tandis qu'au cours de la période sèche (entre juin et août), 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 4.7mm.

4.2.3.3. Vents :

Le vent constitue en certains biotopes un facteur écologique limitant [217]. Le vent est un agent de dispersion des animaux [216]. Dans la région d'étude, la vitesse moyenne du vent oscille entre 27.2 km/h en Janvier et 14.5 km/h en septembre avec une moyenne annuelle égale à 19.5 km/h.

Tableau 4.3. Moyennes mensuelles de vitesse de vent de la zone d'étude (2001-2012).

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	P(mm/an) Cumul
Vitesse de vent (Km/h)	27.5	20.6	23.8	17.5	18.8	19.1	19.9	17.2	17.3	18.0	20.2	14.5	19.5

Theniet El had, 2012

4.2.3.4. Humidité relative:

L'humidité relative atteint ses maxima aux mois de Novembre (79.3%) et Janvier (80.03%) et son minimum au mois de Juillet (25.8%) (tab. 4.4) où le déficit hydrique est le plus élevé au cours de toute l'année, combinée au pouvoir desséchant du Sirocco soufflant du sud.

Tableau 4.4. Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air de la zone d'étude (2001-2012).

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	P(mm/an) Cumul
Humidité relative (%)	80.0	72.6	64.7	56.4	56.7	31.2	25.8	33.6	53.3	47.3	79.3	74.9	56.3

Theniet El had, 2012

4.2.4. Synthèse climatique:

4.2.4.1. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens (1953) permet de calculer la durée de la saison sèche en portant pour une station, la pluviométrie moyenne mensuelle (Pm) et la température moyenne mensuelle (Tm). Un mois sera dit biologiquement sec si $P \leq 2 T$; la lecture est faite directement sur le graphique (Fig.4.2). Pour les deux stations, ce graphique est d'un type monomodal où la durée de la période sèche est de 4 mois (de mi-mai jusqu'à mi-septembre).

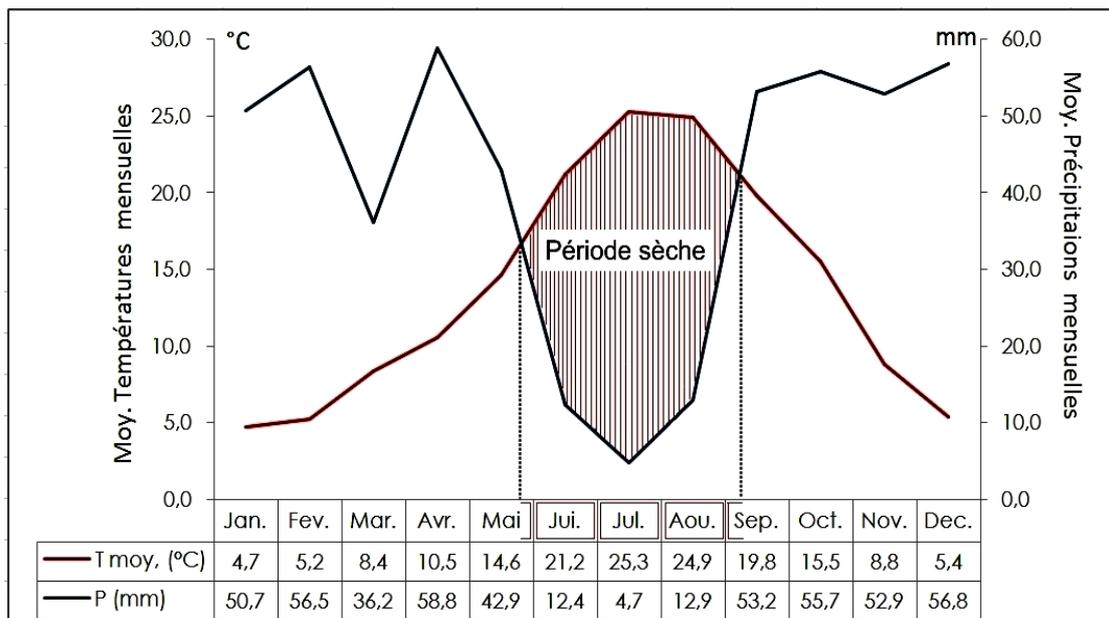


Figure.4.2. Diagramme ombrothermique de la zone d'étude (2012).

4.2.4.2. Climagramme d'Emberger :

C'est la classification la plus utilisée dans la région méditerranéenne. Cette méthode consiste à porter dans un diagramme appelé climagramme d'Emberger (1955) deux variables. En abscisse, nous portons les moyennes des températures

minimales du mois le plus froid (m) en °C et en ordonnées nous portons Q₃ (tableau 4.5). D'après Stewart (1969) [220], le quotient pluviométrique d'Emberger a pour expression : $Q_3 = 3,43 P / (M-m)$ avec **Q₃** : Quotient pluviométrique d'Emberger, **P**: Somme des précipitations annuelles exprimées en mm, **M**: Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimées en °C. **m**: Moyenne des minima du mois le plus froid exprimées en °C, **3,43** : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie.

Tableau 4.5. Caractéristiques bioclimatiques de la zone d'étude .

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₃	Bioclimat	Variante
Parc National de Théniet El.Had	493.7	34,0	-0.2°C	49.5	Semi-aride	Hiver froid

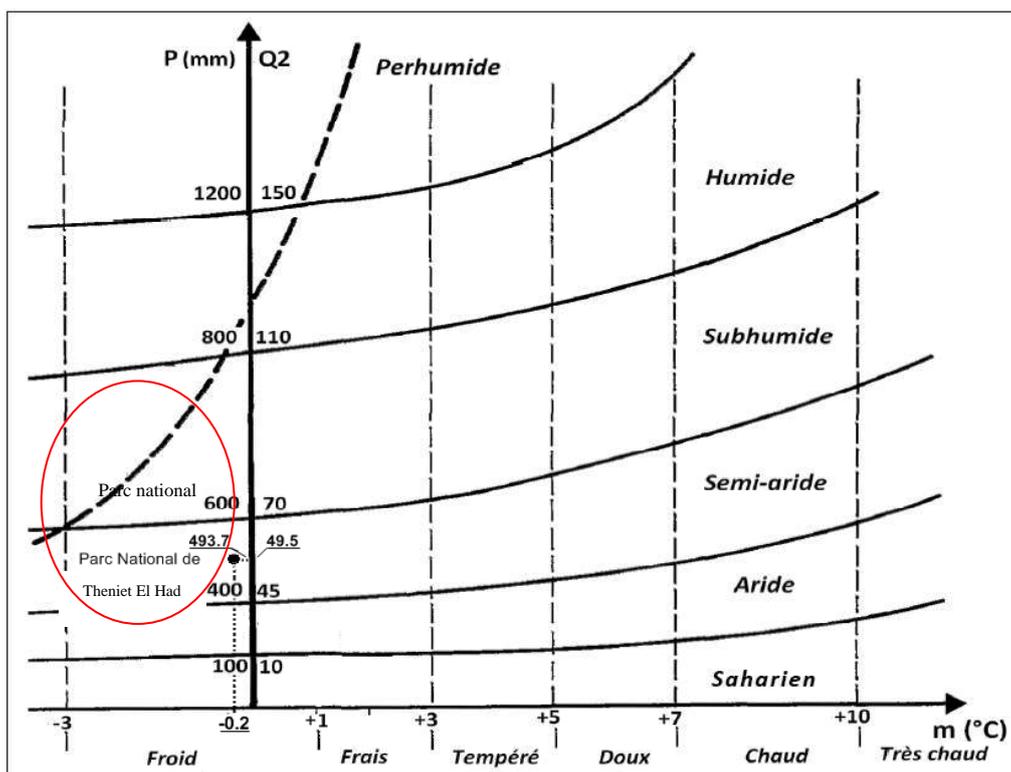


Figure 4.3. Climagramme schématisé d'Emberger (D'après Quezel et Barbero, 1982 [221]).

La projection des paramètres m (en abscisses) et Q₃ (en ordonnées) sur le climagramme d'Emberger montre que le Parc National de Théniet El Had appartient au bioclimat semi-aride à hiver froid (Fig.4.6).

4.2.5. Caractéristiques floristiques:

Les peuplements de cèdre se trouvent rarement à l'état pur. En versant Nord, ils sont mélangés avec le chêne vert dans les basses altitudes et avec le chêne Zeen dans les hautes altitudes. Le cèdre est presque à l'état pur dans la station Pépinière [148]. Selon Yahi et Mediouni (1997) [222], la cédraie comprend une diversité floristique importante où le nombre d'espèces végétales atteint 156 espèces où les principales essences sont le Cèdre de l'Atlas) *Cedrus atlantica* Manetti, le Chêne zeen *Quercus faginea* Lamk, le Chêne vert *Quercus ilex* L et Chêne liège; *Quercus suber* L. (fig. 4.7).

Nous y rencontrons, avec une moindre importance, le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le pistachier de l'Atlas (*Pistachia atlantica*), l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*), le frêne commun (*Fraxinus angustifolia*), l'orme champêtre (*Ulmus campestris*) et le merisier (*Prunus avium*) [207].

4.2.6. Caractéristiques faunistiques :

Le parc national présente un milieu très favorable pour le développement d'une richesse faunistique très variée mais le gibier est moins abondant, suite au manque d'eau et de couvert.

Actuellement, la faune se raréfie en raison du braconnage et certaines espèces ont totalement disparu tel que le lynx, le chat sauvage [152]. Parmi les mammifères, environ 17 espèces sont recensées dont dix (10) protégées par la loi, on cite: le sanglier, le chacal doré, le renard roux, le chat sauvage, le porc-épic, le hérisson d'Algérie, le lièvre commun, la genette, la belette et la mangouste.

Les oiseaux sont présents avec un nombre de 95 espèces dont 25 sont protégées, telles l'aigle royal, le rolhier d'Europe, le pic de La vaillant, le guêpier d'Europe, la huppe fasciée. Pour les reptiles, on note la présence de la couleuvre fer-à-cheval (*Colubra hippocrepis*), la tarente commune (*Tarentola mauritanica*), la tortue grecque (*Testudo graeca*) et les lézards comme (*Psammodramus algirus*, *Acanthactylus sp...*). Concernant, l'entomofaune du parc national, on cite quelques espèces : *Cerambyx cerdo*, *Meloe majalis*, *Thaumetopea pityocampa*, *Catocala nymphagago*, *Cremastogaster scutellaris*, etc...[223].

Parc National des Cèdres de Theniet.El.Had
Carte de Végétation
Echelle: 1/50.000

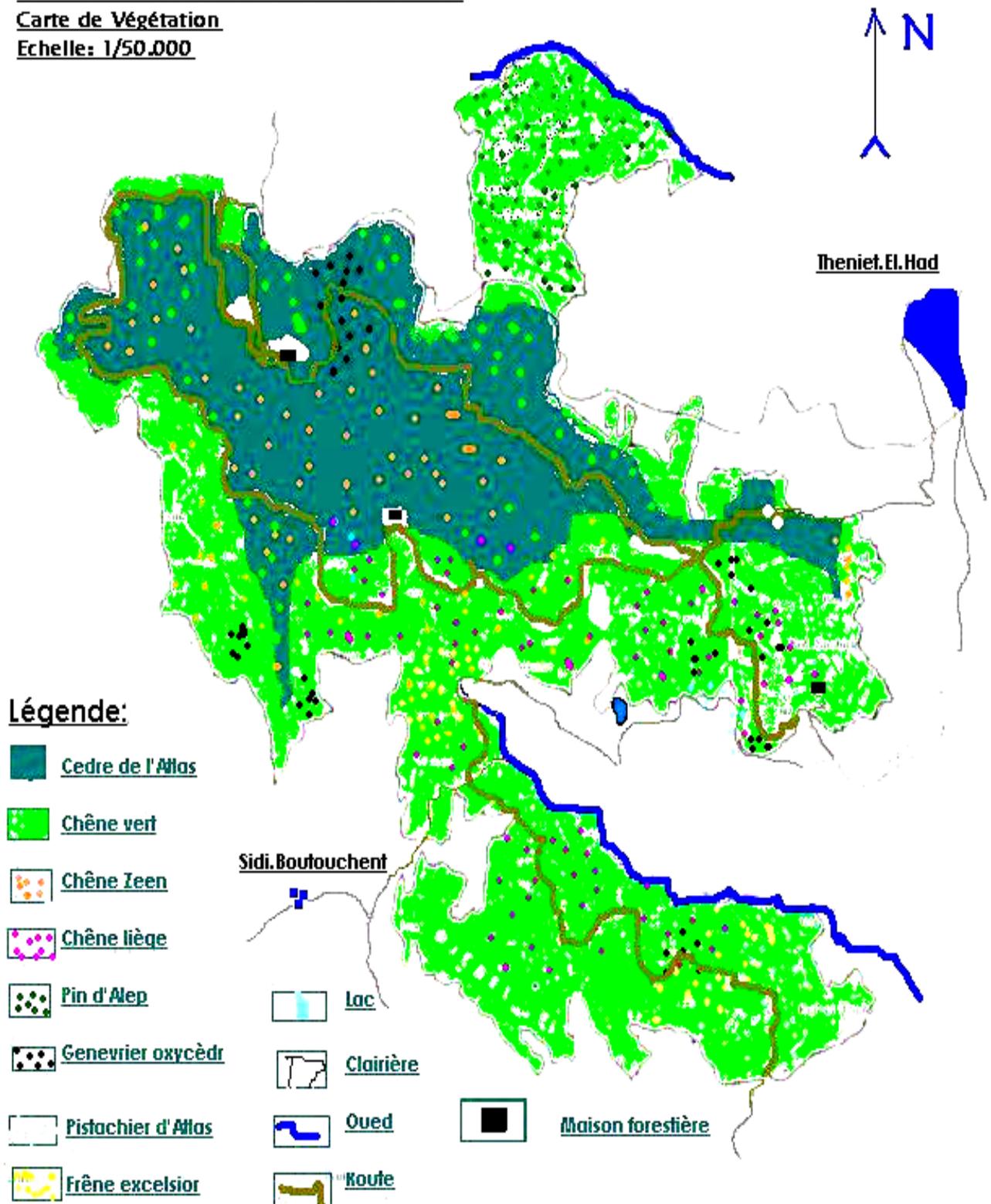


Figure.4.4. Carte de végétation du parc national de Theniet El Had (P.N.T.H).

4.3. METHODOLOGIE D'ENSEMBLE

4.3.1. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE :

La zone d'étude se situe au niveau d'un massif culminant à 1786m, précisément sur le versant septentrional très abrupt surmonté par une paroi rocheuse haute de quelques mètres. La partie Nord-Ouest de ce versant est constituée de calcaire dur et compact qui, suite à l'action de l'eau et des phénomènes de gélifraction donne naissance à des champs d'éboulis qui se désagrègent en éléments de plus en plus fins. Suite aux dégradations qu'a connu le massif, les sols sont peu évolués, de type lithosols, rendzines ou très localement rendzines brunifiés. Sur de rares zones, sans doute jamais déboisées, sur sols superficiels, la terre fine est limoneuse et humifère de couleur noire. Pour des substrats plus profonds, la texture est limono-argileuse voire argilo-limoneuse pour les plus évolués.

L'Homme a fortement marqué l'histoire du massif en fonction des différentes périodes et de ses activités (pâturage, agriculture, coupes...). La surface forestière a connu plusieurs phases d'extension et de régression au cours des siècles passés.

On observe au niveau de la zone d'étude des parties saines et dépérissantes relativement proches. Nous avons ciblé trois cantons les plus touchés par le dépérissement : Pépinière, Guerouaou, et Pré Benchohra.

4.3.2. Mise en place des stations et des placettes d'échantillonnage :

Le phénomène du dépérissement a infesté des peuplements de cèdre d'une manière irrégulière et sporadique. Pour cette raison, nous avons choisi l'échantillonnage systématique qui consiste à chercher les taches du dépérissement et à implanter des stations d'étude dans les cantons précités.

Les formes des placettes les plus habituelles à surface définie sont de forme carrée, rectangulaire ou circulaire. [224]; [225], [226]; [227].

L'installation consiste à mettre en place des stations permanentes, carrées, par marquage avec de la peinture rouge, délimitées physiquement (piquets aux 4 coins +1 piquet central) et repérées géographiquement (relevé GPS du piquet central). Chacune couvre une surface horizontale de 100m² (une correction des distances en fonction de la pente a été effectuée). Chaque placette a une superficie

de 2,5 ares. Pendant l'inventaire, le contour de la placette est délimité à l'aide d'un mètre-ruban de 100m.

Nous avons délimité six (06) stations (fig. 4.8 et fig.4.9) d'une superficie d'un hectare. Chacune d'elle regroupe quatre (04) placettes de forme carrée. Ainsi, vingt quatre (24) placettes sont installées à travers les 03 cantons.



Station 1 Guerouaou



Station 2 Guerouaou



Station 3 Toursout



Station 4 Toursout



Station 5 Toursout



Station 6 T témoin.

Figure. 4.5. Vue générale des stations d'étude.

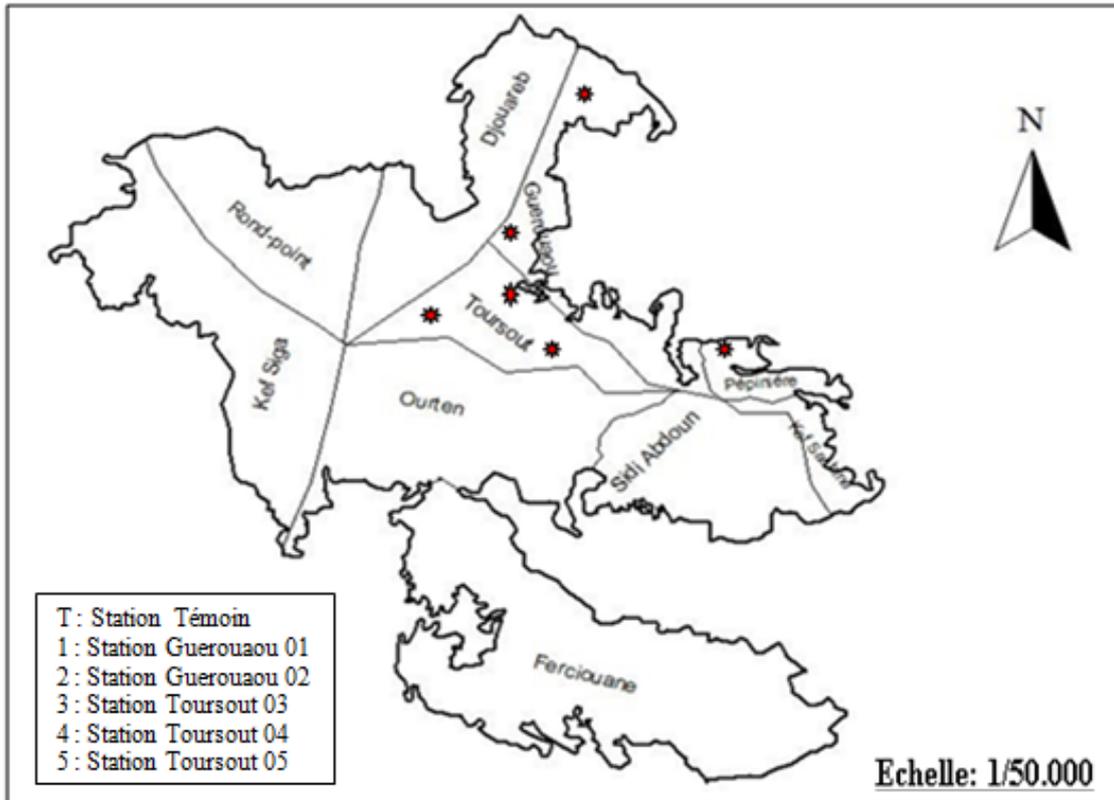


Figure.4.6. Carte de localisation des stations d'étude.

Les coordonnées géographiques et l'altitude des placettes ont été déterminées à l'aide d'un GPS, une peinture en bombe a servi pour leur marquage. Au sein de chaque placette, nous avons utilisé un mètre ruban de 50m pour les mesures de distance; et un mètre ruban de 100m pour délimiter les stations.

Une boussole a servi pour la détermination des expositions et la position des arbres par rapport au centre de la station; et un Blum-Leiss a été utilisé pour la mesure des hauteurs des arbres ainsi que les pentes ;

D'autres matériels ont été utilisés tels un sécateur à deux mains pour couper les rameaux à récolter; et une tarière pédologique pour le prélèvement d'échantillons du sol (fig.4.10). Les informations relevées sur le terrain sont transcrites sur une fiche descriptive.



Figure.4.7. Matériel utilisé

Chaque station échantillonnée fait l'objet d'une fiche technique spécifique rassemblant l'ensemble des données qualitatives de description de la station . Au niveau de chaque placette, nous avons estimé: le nombre de sujets par essence forestière, le nombre de sujets sains, le nombre de sujets dépéris, les différentes phases du dépérissement, le surpâturage, les taches de régénération et les délits

4.3.3. ETUDE DES EFFETS DES FACTEURS ABIOTIQUES

4.3.3.1. Calcul du taux de dépérissement

Nous avons calculé le pourcentage des sujets dépérissants par rapport aux sujets indemnes de toute maladie, au niveau d'une placette donnée et le pourcentage de dépérissement global.

Taux de dépérissement d'une placette donnée (%)=Nombre de sujets dépéris de la placette/Nombre total des sujets de la placette x100.

Taux de dépérissement total (%)= Nombre total des sujets dépéris/Nombre total des sujets de tous les cantons x 100.

4.3.3.2. Analyses édaphiques :

4.3.3.2.1. Préparations des échantillons

Dans le but d'identifier l'aspect édaphique de chaque station, nous avons prélevé cinq échantillons de sol à l'aide de la tarière pédologique, durant les mois d'octobre et novembre. En cette période, le sol connaît sa plus forte stabilité et le redémarrage de l'activité biologique [228].

Un échantillon est prélevé au centre de la station, les quatre autres sur les quatre angles de bordure de celle-ci (fig. 4.8). Cette répartition des échantillons permet de mieux caractériser les propriétés édaphiques et peuvent être retenus comme étant représentatifs de la station d'expérimentation vue son aire restreinte.

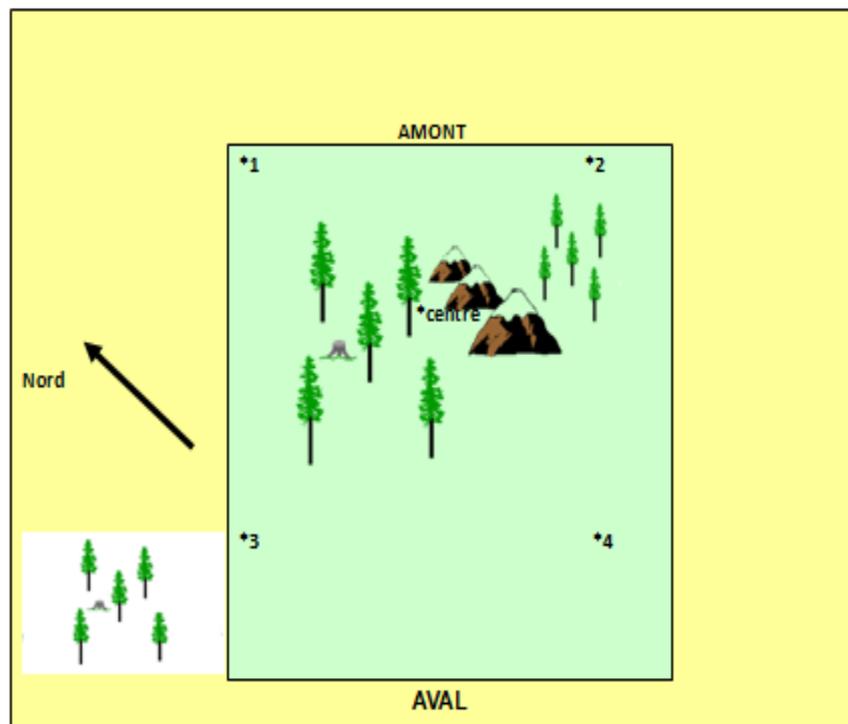


Figure.4.8. Points de prélèvement des échantillons de sol au niveau de la station

Les échantillons prélevés (fig. 4.9) sont séchés à l'air libre pendant une semaine dans une salle puis émiétés à la main et tamisés à l'aide d'un tamis de 2mm de maille [229], on garde une partie de chaque échantillon de cette dimension pour analyser les échantillons mère (2 mm).



Figure. 4.9. Les échantillons du sol pendant la préparation (originale)

4.3.3.2.2. Analyses physiques : L'humidité du sol :

L'humidité du sol est un facteur édaphique pouvant avoir un effet significatif sur la croissance des plants. C'est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité de terre sèche à 105°C contenue dans ce sol, et exprimée en % (g H₂O/100g terre sèche). Elle est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{\text{Poids humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids humide}} \times 100$$

Cette détermination est facile à réaliser par simple pesée après un séchage en étuve (fig. 4.13) d'une durée suffisante (vérification du poids constant). L'utilisation de capsule en verre à couvercles rodés (fig.4.14) permet d'éviter une réhumectation au cours du transport de l'étuve à la balance. Elle est aussi appelée (humidité résiduelle), soit la quantité d'eau restante.

4.3.3.2.3. Analyses chimiques :

Les analyses chimiques ont porté sur des mesures du PH, le calcaire total et le dosage du carbone organique.

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH mètre digital, sur deux suspensions d'eau distillée ou de KCl, Le rapport sol/eau pour le pH (eau), et le rapport sol/solution KCl pour le pH (KCl) est de 2/5 .

Le taux de calcaire est mesuré à l'aide d'un calcimètre de Bernard par la méthode volumétrique. Le principe de dosage est fondé sur la réaction caractéristique suivante : $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$



Figure. 4.10. La préparation de suspension de terre (originale)



Figure.4.11. Le séchage des échantillons à 105°C (originale)

Pour chaque échantillon de sol, la teneur en Carbone organique est déterminée par la méthode d'ANNE qui se base sur un titrage par le sel de Mohr. Celui-ci oxyde les bichromates de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) qui sont dans la solution $\text{H}_2\text{C}_5\text{MnO}_4$ dosée en excès. Les bichromates vont être fixés avec les molécules de carbone. Ce qui reste des bichromates va être oxydé par le sel de Mohr.

$C_{(\%)} = (Y-X)/0.615/p$, avec Y : Quantité de sel de Mohr qui a oxydé tous les bichromates dans l'essai à blanc, X est la quantité de sel du Mohr qui a oxydé tous les bichromates dans l'échantillon du sol, P est la prise d'essai (2g). Le pourcentage de matière organique $\text{MO}_{(\%)} = C\% \cdot 1.72$

4.3.4. ETUDE DES EFFETS DES FACTEURS BIOTIQUES

4.3.4.1. Analyses microbiologiques :

La microflore du sol aussi appelée microflore tellurique est composée d'espèces appartenant aux bactéries, actinomycètes, champignons, algues, protozoaires et virus [230].

L'estimation de la masse microbienne est indispensable pour étudier les flux dans le sol de certains éléments tels que le carbone et l'azote. Les méthodes de dénombrement sont les plus anciennes et les plus utilisées. Elles peuvent être

réalisées directement par observation microscopique en fluorescence, ou indirectement par inoculation dans des milieux de cultures convenables de suspension de sol à différentes dilutions. Le mode direct permet à la fois, une évaluation quantitative et qualitative de la microflore. Il est facilement applicable aux eaux, mais difficilement utilisable pour les sols, car les particules minérales et organiques gênent le comptage. Pour estimer la microflore et évaluer les fluctuations de ses populations selon des conditions diverses, nous avons envisagé la méthode indirecte qui nous permet d'accéder le mieux à ce paramètre.

Les échantillons du sol sont broyés et tamisés à 2mm puis conservés à 4°C pendant une semaine. Après précipitation des suspensions dilutions, différentes incubations ont été menées dans les mêmes conditions d'humidité et de température avec des manipulations diverses.

Chaque espèce microbienne est active entre des aliments qui lui sont propres avec une valeur optimale. Les champignons sont généralement prépondérants dans les sols acides, et les bactéries prédominent dans les sols neutres ou légèrement alcalins. Les actinomycètes qui ont un rôle antagoniste important vis-à-vis des champignons, sont particulièrement sensibles à l'acidité. Par exemple, les bactéries nitrifiantes ont un pH optimum en culture, les Nitrosomonas : un PH de 8 à 8,5 et les Bactéries cellulolytiques : un pH de 6,0 à 8,5 [231].

4.3. 4.1.1. Les champignons :

Les champignons sont cultivés sur un milieu solide (boite de pétri) et ensemencés avec des suspensions dilutions du sol d'un support gélosé pour l'ensemencement. Deux gouttes de suspension dilution 10^{-6} soit 0,1ml sont déposées sur chaque boite et étalées avec soin sur toute la surface. On verse la solution nutritive préalablement préparée puis on homogénéise et on incube à 28°C. La lecture des résultats se fait à compter de sept jours d'incubation pour estimer le nombre de colonies des champignons développées sur chaque boite de pétri.

4.3.4.1.2. Les actinomycètes :

L'ensemencement est réalisé avec des suspensions dilutions du sol d'un milieu gélosé favorisant particulièrement la culture des actinomycètes en inhibant

celle des autres micro-organismes. On inocule 3 boîtes de dilution 10^{-5} et on incube à 28°C en position retournée. Après 7 jours d'incubation le nombre de colonies d'actinomycètes développées sur chaque boîte de pétri.

4.3.4.1.3. Les bactéries aérobies :

Principe : Les bactéries aérobies sont cultivées sur milieu solide et ensemencées avec des suspensions diluées du sol support gélosés. Dénombrement des colonies apparues après incubation prolongée.

Ensemencement : Deux gouttes de la suspension dilution 10^{-6} soit 0,1ml sont déposées sur chaque boîte et aussitôt étalées avec soin sur toute la surface, verser la solution nutritive préparée avant, homogénéiser, incuber à 28°C .

Lecture des résultats : Après sept jours d'incubation, compter le nombre de colonies dans chaque boîte et faire la moyenne des trois boîtes.

Calcul du nombre de germes dans 1g du sol;

N: La moyenne des colonies développées dans les trois boîtes.

X: Inverse de la dilution X coefficient de sécheresse X10.

Coefficient de sécheresse = $1 / (1 - \text{Taux d'humidité})$.

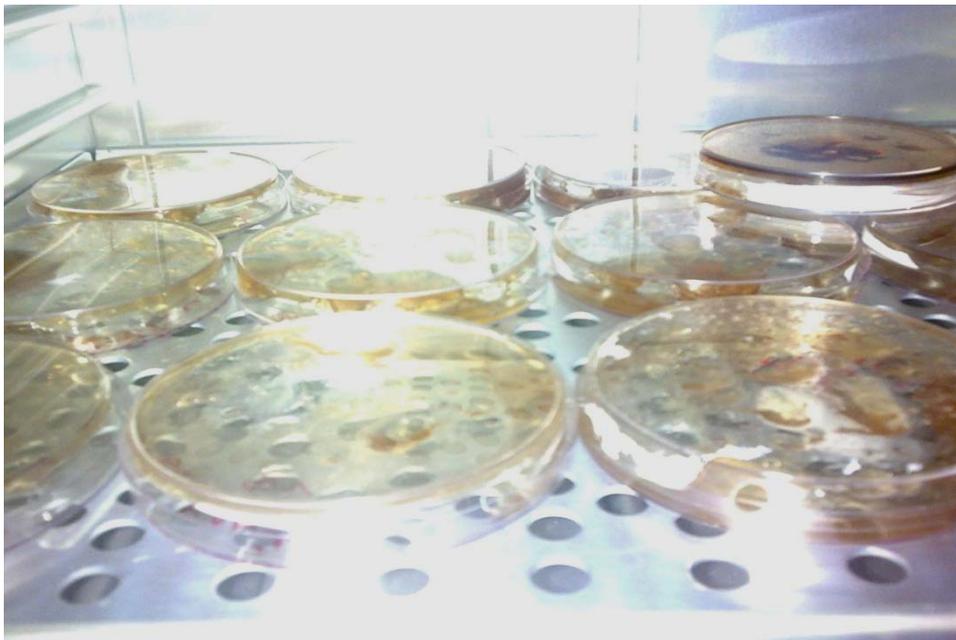


Figure.4.12 L'ensemencement dans un milieu solide

Les préparations des suspensions dilutions, consistent à disposer sur un portoir une série de 9 tubes stérilisés, numérotés de 1 à 9, et contenant chacun 9ml d'eau distillée. On pèse 1g du sol préalablement tamisé et homogénéisé, le verser dans le tube 1, agiter vigoureusement, c'est la suspension dilution 10^{-1} , le transférer dans le tube 2 contenant déjà de l'eau distillée (9ml), il s'agit de la suspension dilution 10^{-2} , agiter vigoureusement et recommencer l'opération pour le restant des tubes en transférant 1ml de solution d'un tube à l'autre, afin de préparer les suspensions dilutions 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} . Les suspensions dilutions doivent être utilisées aussitôt après leur préparation.

La valeur analysée dépend en grande partie, du soin apporté et à la condition de stérilisation. Soit 9 tubes; 9 ml d' H_2O Distillée.

4.3.4.1.4. Les germes ammonifiants :

Principe : Ensemencement avec des suspensions dilutions du sol d'un milieu liquide de salin additionné d'asparagine comme seule source de carbone et d'azote, recherche de l'apparition d'ammoniaque par le réactif de Nessler.

Ensemencement : Utiliser les suspensions du sol préparées selon la technique habituelle, 0,1ml par tube par dilution de 10^{-3} à 10^{-9} dans l'étuve à $28^{\circ}C$.

Lecture des résultats : Les lectures sont faites après 21jours par l'addition de réactif de Nessler. Tube (+) = Trouble jaune – orange, Tube (-) = pas de coloration. Le nombre de germes ammonifiants par gramme du sol est déterminé à l'aide de la table de Mac-Crady.

4.3.4.1.5. Les germes nitrifiants:

Principe : Nous recherchons l'activité des ferments nitriques, l'azote est fourni sous forme de nitrites de sodium et après incubation, on peut dire que la dilution limite contient des nitrates si la réaction est positive.

Ensemencement : Utiliser les suspensions dilutions de terre préparées selon la technique habituelle : 0,1ml par tube, 3 tubes par dilution de 10^{-3} à 10^{-9} dans l'étuve à $28^{\circ}C$ (Pendant 21 jours).

Lecture des résultats : Elle se fait après 21 jours à l'aide de Zinc en poudre, plus quelques gouttes de Noah, on chauffe en mettant en même temps un papier tournesol sur le tube. Le résultat est positif lorsque le papier tournesol vire au bleu,

on détermine le nombre de tubes positifs et on calcule le nombre par gramme de terre.

4.3. 4.1.6. Les germes dénitrifiants :

Principe : Ensemencement avec des suspensions dilutions de terre préparées auparavant d'un milieu liquide où l'azote est fourni sous forme de nitrate, on recherche la disposition de ces nitrates en fonction du temps et des dilutions.

Ensemencement : Utiliser les suspensions dilutions de terre, 0,1 ml par tube, 3 tubes par dilution.

Lecture des résultats : De la même façon que les nitrifiants, seulement les tubes où le papier tournesol vire au bleu, sont les tubes (-) et là où le papier ne vire pas sont les tubes (+).

4.3.4.2. Analyses foliaires:

L'objectif est d'examiner la validité de l'hypothèse selon laquelle une alimentation minérale déficiente pouvait intervenir dans la dégradation de l'état de santé de la cédraie.

La feuille étant le lien de passage de tous les éléments minéraux et c'est en son sein que s'élaborent les matières organiques de base qui se transforment ensuite pour constituer la substance des différents organes. La présence de ces éléments minéraux dans les feuilles permet de juger les conditions dans lesquelles se dérouleront les réactions de synthèse. L'évolution des teneurs en divers éléments minéraux des différents comportements d'un arbre et l'étude de la variabilité, qualitative et quantitative de la composition chimique des divers tissus en fonction du temps, constituent les outils indispensables à la caractérisation des peuplements forestiers.

Le diagnostic des carences en éléments minéraux au moyen de l'analyse foliaire s'est révélé une approche intéressante pour la caractérisation du dépérissement forestier. Sur le plan scientifique, rappelons la nécessité impérieuse de confirmer et de préciser en particulier « l'autoécologie » du Cèdre de l'Atlas en particulier en ce qui concerne le comportement hydrique (résistance à la sécheresse) en interaction avec la nutrition minérale.

Actuellement, et grâce à de très nombreux travaux de recherche de la communauté scientifique internationale, on connaît mieux les causes de ce dépérissement, du moins dans leurs grandes lignes, car de nombreux points restent obscurs. En Algérie ; ce phénomène n'a fait l'objet d'aucune enquête que ce soit sur le contexte historique et géographique ou sur le processus probable, de la part de l'administration forestière.

L'analyse minérale totale des feuilles est la plus utilisée aussi bien en agronomie qu'en foresterie. Cette technique a été utilisée pour la première fois en 1973 par Fiche et Grandean [232] in sur des arbres de pin maritime et de pin noir.

Lowry et Avard (1965) [233 in 147], ont travaillé sur l'influence de la situation géographique, l'âge des arbres et la qualité de station sur la composition minérale du feuillage

[147] [147], a montré que les teneurs en éléments majeurs (N, P, K, Ca, Mg) présentent des variations significatives selon la position d'échantillonnage des verticilles proches du sommet, dans les tiers supérieurs de la cime, qui donneront des valeurs à la fois précises et représentatives des concentrations pour les éléments dosés.

Pour Bonneau (1979) [234], la position supérieure de la cime des rameaux bien éclairée serait la plus adaptée pour l'échantillonnage notamment après la période végétative. Sur le Cèdre de l'atlas, chaque branche porte des aiguilles d'âges différents, les plus âgées étant les plus proches du tronc. Hadji (1998) [147], recommande de prélever les échantillons dans les quatre (04) directions pour réduire les variations dues à des différentiels d'éclairement et d'exposition.

Nous concernant, comme il nous a été pratiquement impossible de travailler sur un verticille proche du sommet, nous avons opté pour le prélèvement à hauteur d'homme. En effet, nous avons choisi deux (02) arbres à différentes expositions pour chaque station : l'un sujet sain sans déformation et l'autre atteint, mais encore vivant.



Figure.4.13. Les aiguilles séchées pour le dosage des éléments minéraux.

4.3.4.3. Paramètres anatomiques:

Ils permettent de comprendre l'effet d'un dépérissement sur un peuplement forestier et de trouver les moyens d'y remédier pour éviter une véritable épidémie susceptible, à terme, de compromettre l'avenir écologique d'un des principaux parcs en Algérie.

Les aiguilles sont prélevées et immédiatement fixées dans du FAA pendant 24 heures. Les échantillons sont ensuite récupérés et lavés à l'eau courante pendant un temps égal à celui de la fixation, puis déshydratés par des passages successifs dans des bains d'éthanol à concentrations croissantes (éthanol 50%, 70% et éthanol absolu 95%) à des temps respectifs de 15mn.

L'imprégnation a consisté d'abord à une immersion de ces échantillons dans un mélange de toluène et de paraffine (50%, 50%). Le tout est placé dans une étuve à 60°C pendant 4 heures. Une deuxième étape de cette imprégnation a consisté à un passage de ces échantillons dans de la paraffine pure. Le tout encore est placé dans l'étuve à 60°C pendant 4 heures. Un troisième passage a encore été réalisé toujours dans de la paraffine pure. L'étape qui a suivi est l'inclusion qui consiste à la réalisation des blocs de paraffine pure dans lesquels sont placés les échantillons pour permettre la coupe anatomique. Celle-ci a été réalisée à l'aide d'un microtome de type Leica réglé à 7 µm comme épaisseur de coupe.

Les coupes obtenues en rubans de paraffine sont placées sur des lames puis étalées à l'aide de quelques gouttes d'eau gélatinée et d'un léger chauffage. Le déparaffinage des échantillons est effectué par 3 passages dans des bains de toluène de 45 mn chacun. Les coupes sont ensuite colorées par un mélange de safranine et de vert de méthyle préalablement refroidi dans de l'eau glacée.

Les lames sont ensuite légèrement lavées dans de l'eau froide puis séchées. Quelques gouttes de baume de Canada sont ensuite déposées sur les lames pour renforcer l'adhésion des échantillons et conserver la coloration. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un microscope doté d'un micromètre oculaire gradué et ont porté sur le diamètre du metaxylème central, le diamètre des vaisseaux secondaires et l'épaisseur de l'endoderme

4.3.4.4. Inventaire de l'entomofaune :

L'inventaire de l'entomofaune des stations d'étude a été établi à travers la méthode de récolte directe et par différentes méthodes de capture des insectes [235] rencontrés sur la plante hôte *Cedrus atlantica* aux cours de nos sorties. Il a concerné l'entomofaune frondicole ainsi que l'entomofaune xylophage particulièrement les coléoptères. Parallèlement, nous avons procédé à un dénombrement des aiguilles du cèdre. Tous les prélèvements ont été faits à hauteur d'homme.

Douze arbres ont été choisis systématiquement et numérotés. La distance séparant deux arbres est de vingt pas. Dans le but de rechercher et inventorier les suceurs de sève, particulièrement les pucerons et les cochenilles, une cinquantaine de rameaux d'une trentaine de centimètres aux différentes positions ont été prélevés à différentes périodes à l'aide d'un sécateur.

Ces rameaux sont conservés dans des sachets en plastique avec des étiquettes qui portent le lieu, la date et l'exposition (fig. 4.16) jusqu'au comptage des différentes espèces de cochenilles au laboratoire.



Figure.4.14. Préparation des échantillons foliaires.

4.3.4.5. ETUDE DES EFFETS DES INSECTES FRONDICOLES

4.3.4.5.1. Présentation des sites d'étude:

Nous avons d'abord effectué deux sorties préliminaires au cours de la période estivale de l'année 2012, afin de prendre en considération les stations les plus représentatives.

Sur la base de quelques travaux effectués dans la région, nous avons retenu trois stations (Guerouaou, Pépinière et Kef Sachine) (Fig.4.17 ; 4.18 et 4.19), différant sur le plan altitudinal et floristique (Tab. 4.6). Ces stations sont caractérisées par un peuplement âgé et dense de cèdre de l'Atlas pur. et ont été établies à l'intérieur des cédraies afin d'éviter les effets de lisière.

La station Guerouaou est limitée au Nord par la station Djouareb et la ville de Theniet El Had, à l'Ouest par la station Pré Ben Chohra et le canton Djouareb, au sud par la station Pré ben Chohra et la station Sidi Abdoun et à l'Est par la station Pépinière et la ville de Theniet El Had (Fig.4.14). La station Kef Sahchine est limitée au Nord par la station Pépinière, à l'Ouest par la station Sidi Abdoun, au sud et à l'Est par la ville de Theniet El Had (Fig.4.15).

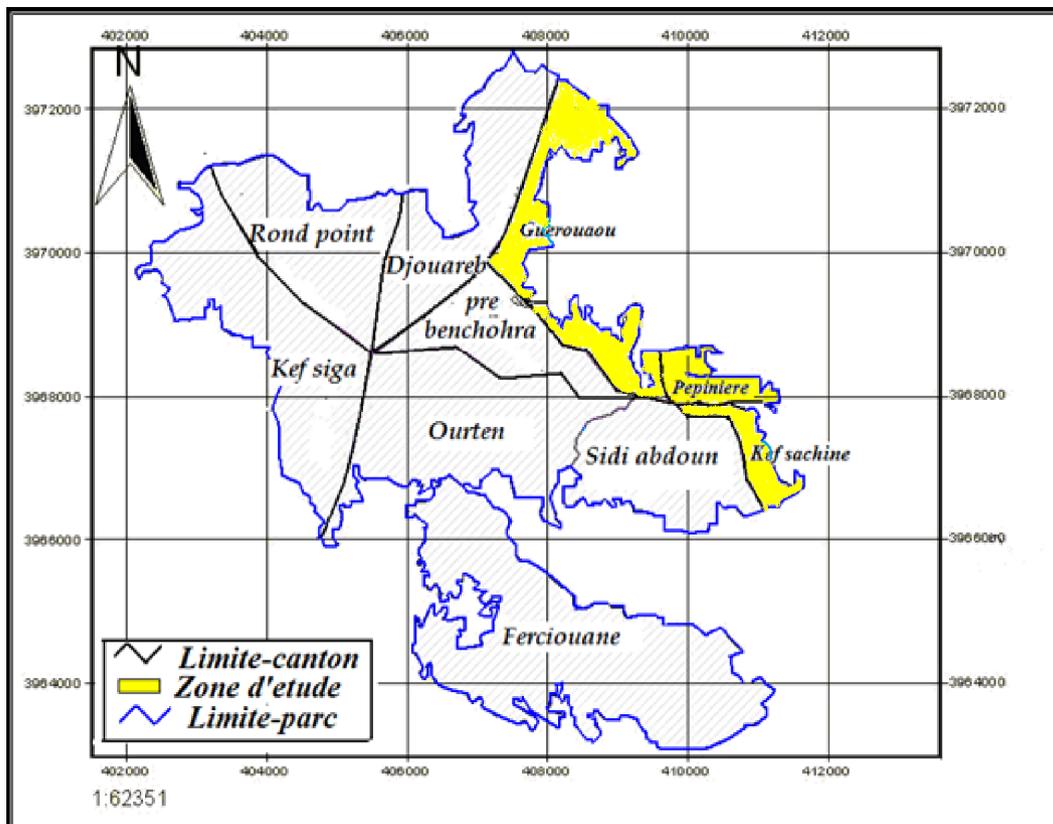


Figure.4.15. Carte de situation des trois stations étudiées (Guerouaou, Pépinière, Kef Sahchine) dans le parc national de Theniet El Had (P.N.T.H ; sd).

La superficie de la station Pépinière est de 82 ha. Elle est limitée au Nord par la ville de Theniet El Had, à l'Ouest par la station Guerouaou, au sud par la station Sidi Abdoun et à l'Est par la station Kef Sahchine (Fig.4.22).

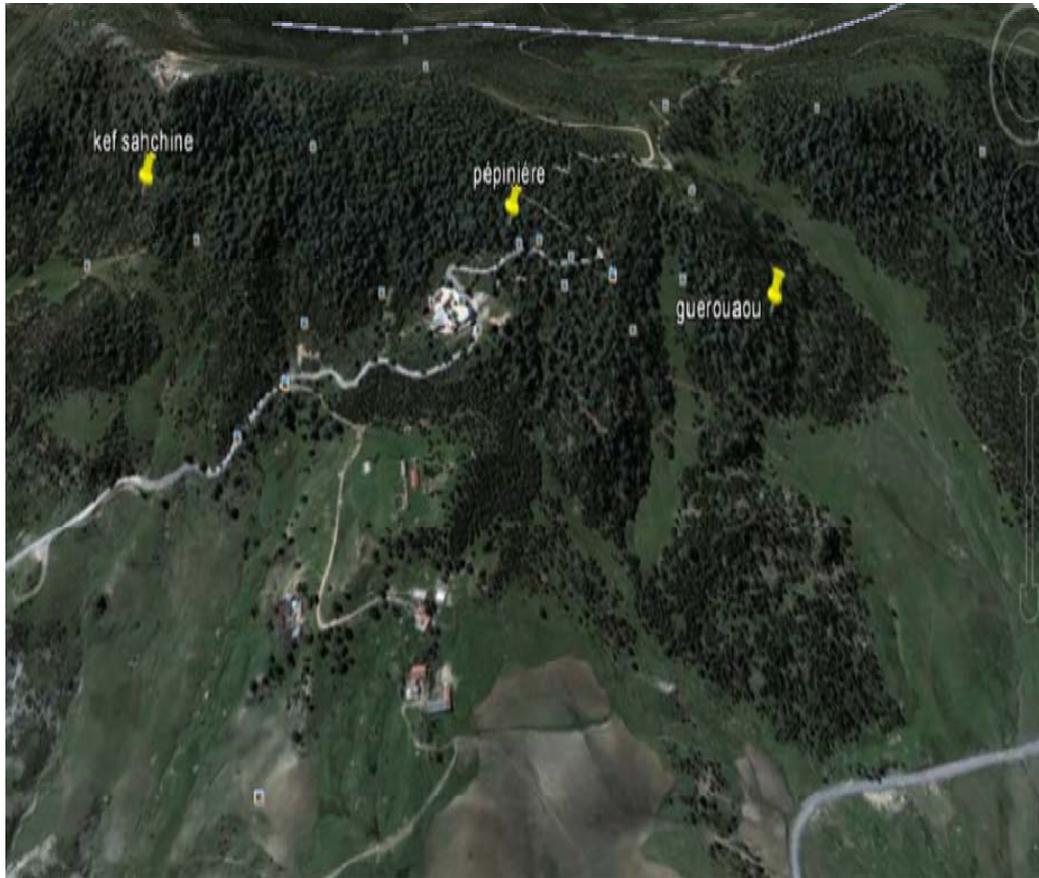


Figure.4.16. Vue aérienne montrant la situation des 3 stations au niveau de la région de Theniet El Had (Google Earth 3D, 2013).



Figure.4.17. Vue générale de la station Guerouaou (original).

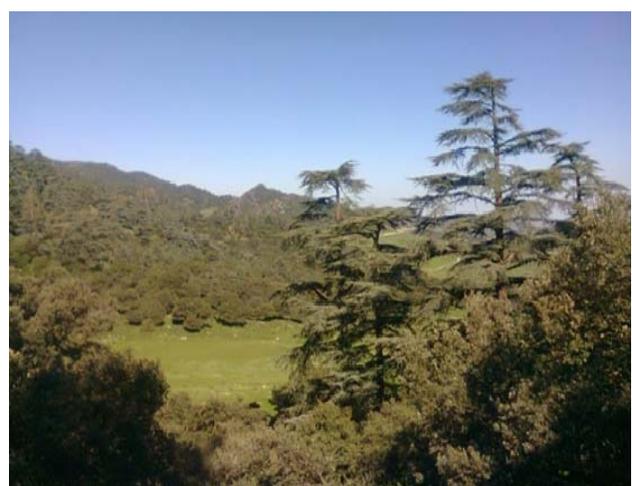


Figure.4.18. Vue générale de la station Kef Sachine (Original).



Figure.4.19. Vue générale de la station Pépinière (original).

Tableau 4.6. Fiches techniques des trois stations.

Caractéristiques	Guerouaou	Kef Sahchine	Pépinière
Coordonnées géographiques	35° 15' 30 84" Nord. 1° 59' 54 34" Est.	35° 51' 15. 01" N. 2° 00 ' 21 55" EsT.	35° 51' 28 03" Nord . 2° 00' 08 06" Est .
Altitude	1411 m.	1480 m.	1407 m.
Distance de la maison du parc jusqu'à la station	467 .06 m	387.88 m	194.53 m.
Direction	282 .84° .	152 .28° .	244.19° .
Situation géographique par rapport à la maison du parc	Nord- Est	Sud-ouest	Nord
pente (%)	25 - 35°	- -	25-50 15°
Exposition	Nord	Nord	Nord
Recouvrement global	60%	-	70%
Action sylvicole	Nulle	-	Nulle
Aspect du dépérissement	Tâches	Tâches	Tâches
Roche mère	Colluvions de grés	-	Marnes-grés
Sol	PEAC	PEAC , MBE	MBE
Végétation	Strate arborée : <i>Cedrus atlantica</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Quercus ilex</i> Strate arbustive :	Cèdre de l'Atlas Chêne vert Chêne <i>zeen</i>	Cèdre de l'Atlas -Essence secondaire : <i>Quercus ilex L.</i> <i>Quercus faginea</i> -Espèce buissonnante : <i>Rubus ulmifolius L .</i> <i>Cratoegus monogina .</i>

	<i>Juniperus oxycedrus</i> Strate buissonnante: - <i>Amplelodesma mauritanica</i> - <i>Calycotum spinosa</i> - <i>Rosa canina</i> Strate herbacée : - <i>Hyoserus radiata</i> . - <i>Scilla bulbosa</i> . - <i>Fumaria capriolata</i> - <i>Lathyrus cicera</i> . - <i>Trifolium sp</i> . - <i>Autocarpus sp.</i> - <i>Anthyllis vulneraria</i> . - <i>Asphodelus microcarpus</i> .		-Espèce herbacée : <i>Asphodilus macrocarpa</i> . <i>Ranunculus acris</i> . <i>Bupleurum rotundifolium</i> . <i>Smyrniolobos olustarum</i> L .
Incendie	nul	nul	nul
Régénération	existe en tache 11 tiges	-	Régénération naturelle bien venante
Dépérissement	Sujets sains = 67 Sujets dépéris = 24 Taux de dépérissement = 26 ,37 %	-	-Sujets sains = 140 -Sujets dépéris = 05 -Taux de dépérissement= 3 ,44%

PEAC :
MBE :

4.3.4.5.2. Echantillonnage des arbres et matériels utilisés:

Nous avons utilisé différents matériels tant sur le terrain qu'au niveau du laboratoire pour l'étude des insectes frondicoles (tab. 4.7 ; fig. 4.20).

Tableau 4.7. Matériel utilisé

Sur terrain:	Au laboratoire:
<ul style="list-style-type: none"> • Filet à papillon • Parapluie japonais • Bâton • Sécateur • Loupe à main • Sacs en plastique et des étiquettes • Ciseaux et pinces • Carnet et stylo • Tube eppendorf et des boites fermées • Appareil photo (Nokia C3) • Ether acétique • Peinture 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcool (éthanol à 70°) • Pinces • Ciseaux • Tube eppendorf • Boite de pétri • Loupe • Appareil photo (Nokia C3) • Carnet et stylo • Eau distillée



Figure.4.20. Matériel utilisé au laboratoire et sur le terrain.

Au cours des sorties préliminaires, dans chaque station, les arbres ont été choisis et numérotés. Le choix des arbres est basé sur la possibilité de prélever la frondaison à Hauteur d'Homme à partir de branches de forme et de taille comparable.

Les numéros correspondant aux arbres choisis, la distance qui les sépare et la direction dans laquelle ils sont situés les uns par rapport aux autres, ont été notés afin d'établir une carte de terrain pour chaque station (Fig. 4.24). Ceci nous a permis, de retrouver facilement les arbres tirés au hasard pour les récoltes de l'entomofaune à chaque sortie de prélèvement. Ainsi, au cours d'une sortie donnée, chaque arbre est tiré une seule fois au hasard de manière à éviter la répétition et balayer le maximum d'arbres dans chaque station.

Un ensemble de 125 arbres ont été choisis aléatoirement dans les 3 stations. Un total de 20 branches ont été échantillonnées et réparties entre un nombre d'arbres variable (35 à 45 arbres) en fonction de leur physionomie plus au moins riche en branches favorables au prélèvement.

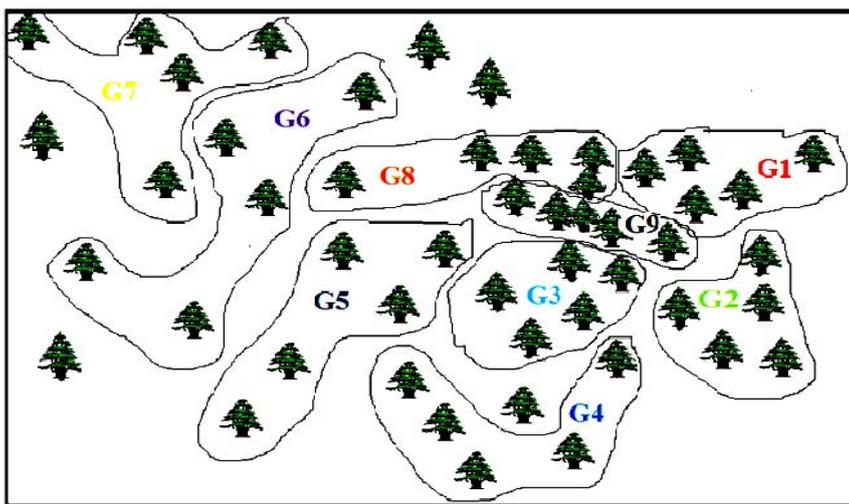


Fig.4.21. Localisation des arbres pour prélèvement des échantillons
Au niveau de la station Guerouaou.

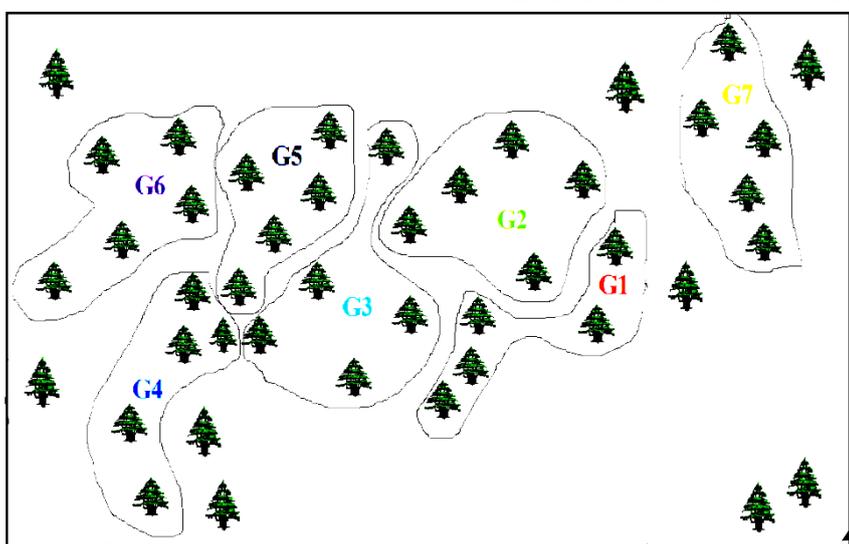


Fig.4.22. Localisation des arbres pour prélèvement des échantillons
au niveau de la station pépinière.

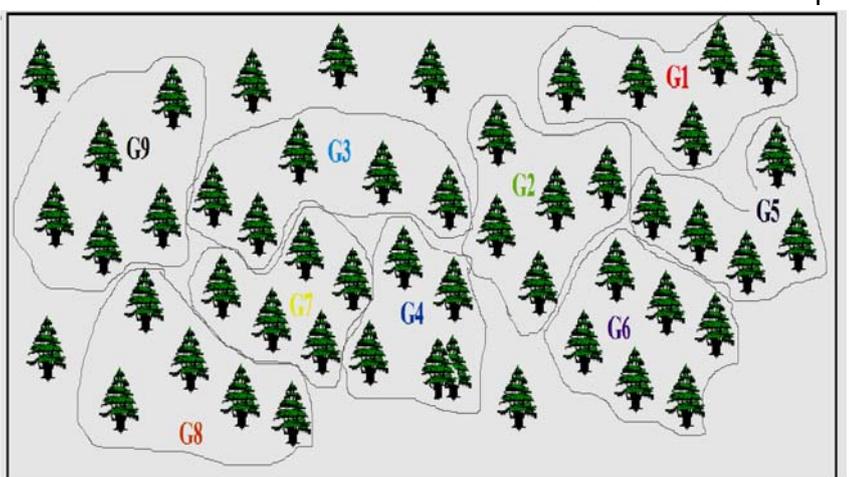


Figure.4.23. Localisation des arbres pour le prélèvement des échantillons
au niveau de la station Kef Sahchine.

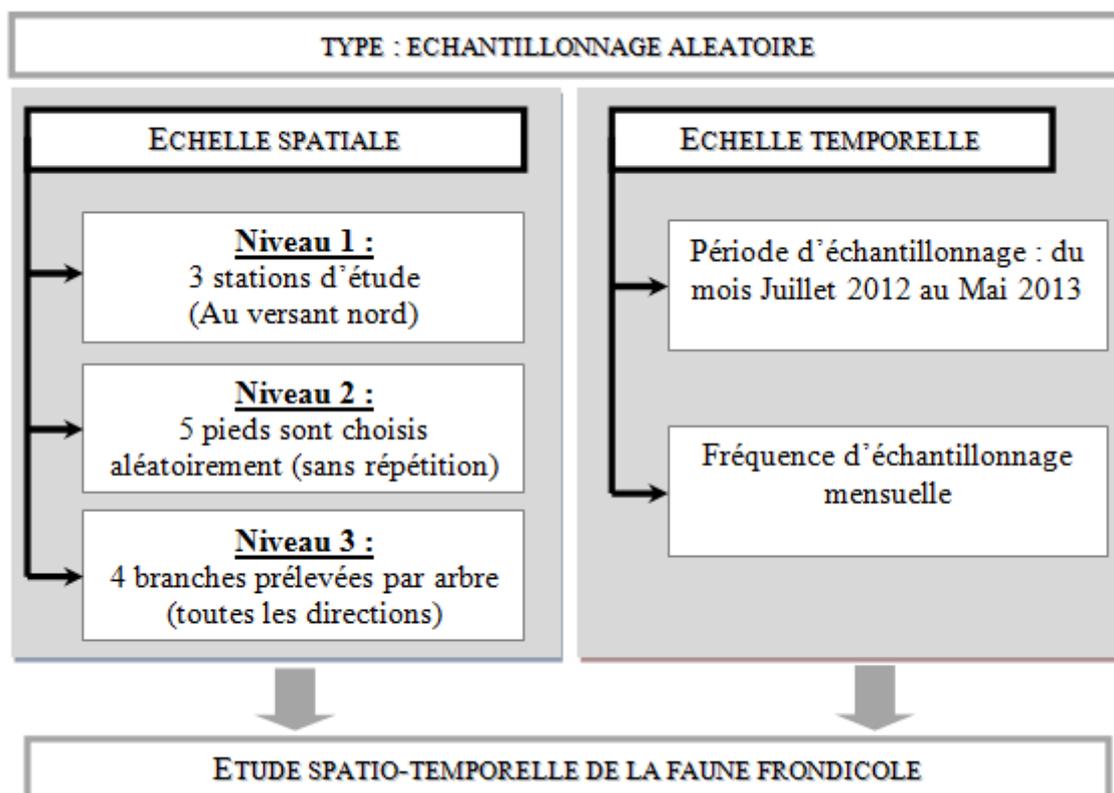


Figure.4.24. Schéma explicatif (Points de prélèvement des échantillons de végétal au niveau de chaque station) (Originale, 2012)

4.3.4.5.3. Méthodes de récolte de l'entomofaune frondicole

L'obtention des échantillons de faune représentatifs est l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre pour l'écologiste du terrain, en particulier dans le milieu forestier qui reste le moins exploré par manque de techniques appropriées.

Selon la littérature, le nombre de branches sélectionnées varie d'un auteur à un autre de 17 branches pour Guillaumont (1976) [236], 9 branches [237] ou retenu 22 branches [238]. Pour notre part, dans chaque station, à partir de 5 arbres choisis aléatoirement, nous avons prélevé à l'aide d'un sécateur quatre branches d'une trentaine de centimètres de longueur et de différentes positions cardinales (Nord, Est, Ouest, Sud), par arbre. Ainsi, les échantillons recueillis sont conservés dans des sachets en plastique avec des étiquettes qui portent le lieu la date et l'exposition.

a). Récolte directe:

La récolte directe consiste à prélever entre 8h et 9h du matin les insectes rencontrés sur la plante hôte *Cedrus atlantica* aux cours de nos sorties. Les spécimens récoltés sont conservés dans des tubes eppendorf contenant de l'alcool à 70°.

b). Technique de battage de la nappe de chasse:

C'est l'une des meilleures méthodes et reste le premier outil utilisé par les biologistes pour avoir accès à la faune frondicole. Elle convient parfaitement pour la microfaune, difficile de capturer à l'œil nu. Elle est très efficace à la bonne saison mais non en cas d'intempéries [239].

Après la pose du parapluie japonais (fig. 4.25), placé sous le feuillage, la technique a consisté à secouer vigoureusement à l'aide d'un bâton et parfois à la main les branches, sur un mètre à partir de leurs extrémités, au dessus d'une toile de dimension connue (1.20m x 0.80m). Le battage doit toujours être effectué par la même personne et le nombre de coups porté sur une branche (11 coups pour notre étude) doit rester constant, pour avoir la totalité de la faune. Les insectes tombent sur la toile qu'il faut rapidement ramasser afin d'éviter toutes pertes [240].

La faune tombée sur la nappe, ainsi que les aiguilles de cèdre, sont mises dans des sachets plastiques avec un tampon imbibé d'éther acétique. Chaque sachet est muni d'un numéro, qui est reparti sur la fiche terrain et qui permet de repérer l'arbre et la branche échantillonnée. Le tri est effectué au laboratoire.

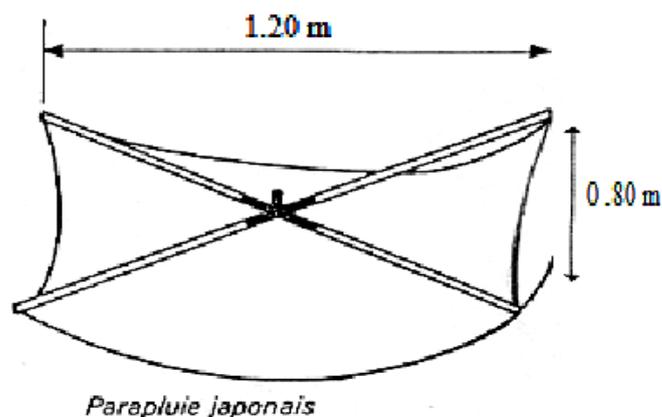


Figure.4.25. Nappe de chasse

Nous notons en remarque que nous n'avons pas tenu compte ici des collemboles, Chrysopes, Psylles, Acariens, araignées ...etc....qui ne sont pas faciles à déterminer spécifiquement.

c) Examen des aiguilles pour le dénombrement des cochenilles et des aphides

Nous avons observé au total 500 rameaux d'une trentaine de centimètres sous la loupe binoculaire. A partir de chaque branche, nous avons dénombré le nombre total des bouquets, puis nous avons choisi uniquement quatre bouquets et dans chaque bouquet nous avons compté le nombre total des aiguilles saines et les aiguilles attaquées par les trois espèces de cochenilles respectivement *L.pini*, *C.kabyliensis*, *D.regneri*.

Le comptage des cochenilles est effectué sous loupe binoculaire sur une longueur de 20 centimètres après avoir éliminé les parties les plus jeunes de la branche (environ sur les dix premières centimètres) (Fig.4.26).

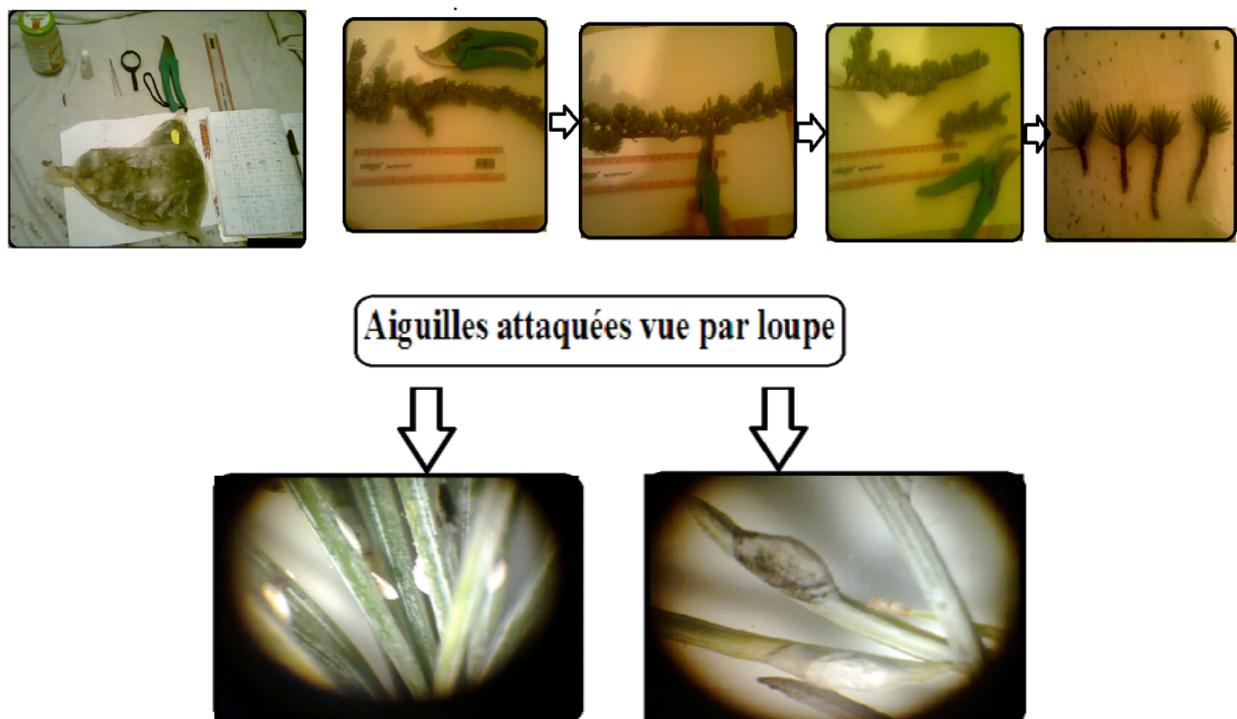


Fig.4.26. Techniques employées au laboratoire (Original, 2012) pour l'examen des aiguilles de cèdre.

4.3.4.6. ÉTUDE DES EFFETS DES INSECTES XYLOPHAGES

4.3.4.6.1. Présentation des sites d'étude

Le choix des stations pour cette étude s'est basé sur l'importance des tâches du dépérissement sur ce massif forestier. Les stations de cèdre choisies (fig. 4.27 et tab.4.8) abritent néanmoins des peuplements sains, en voie de dépérissement et des arbres dépéris. Ces derniers présentent des micro-habitats favorables à l'entomofaune xylophage telles des cavités basses ou hautes, des décollements d'écorce, la présence de champignons, des branches mortes..., et/ou du bois mort de gros diamètre au sol ou sur pied.

Nous avons retenu trois stations Station Rond Point, Station Pré Benchohra, et Station Pépinière.

4.3.4.6.2. Méthodes de récolte de l'entomofaune xylophage

Différentes méthodes d'échantillonnage ont été utilisées en se basant sur leur efficacité, leur sélectivité, coût ainsi que leur facilité de mise en œuvre [240]. L'entomofaune xylophage a été récoltée selon un dispositif de piégeage à interception, par écorçage et battage et enfin en utilisant des éclosiers (figure 28 a à f). Les insectes sont ensuite récupérés dans des sachets à fermeture étanche préalablement étiquetés, puis triés au laboratoire. L'ensemble des échantillons ont été déterminés au laboratoire de Zoologie de L'école Nationale Supérieure Vétérinaire avec l'aide du Dr Marniche F. en utilisant diverses clés d'identification.

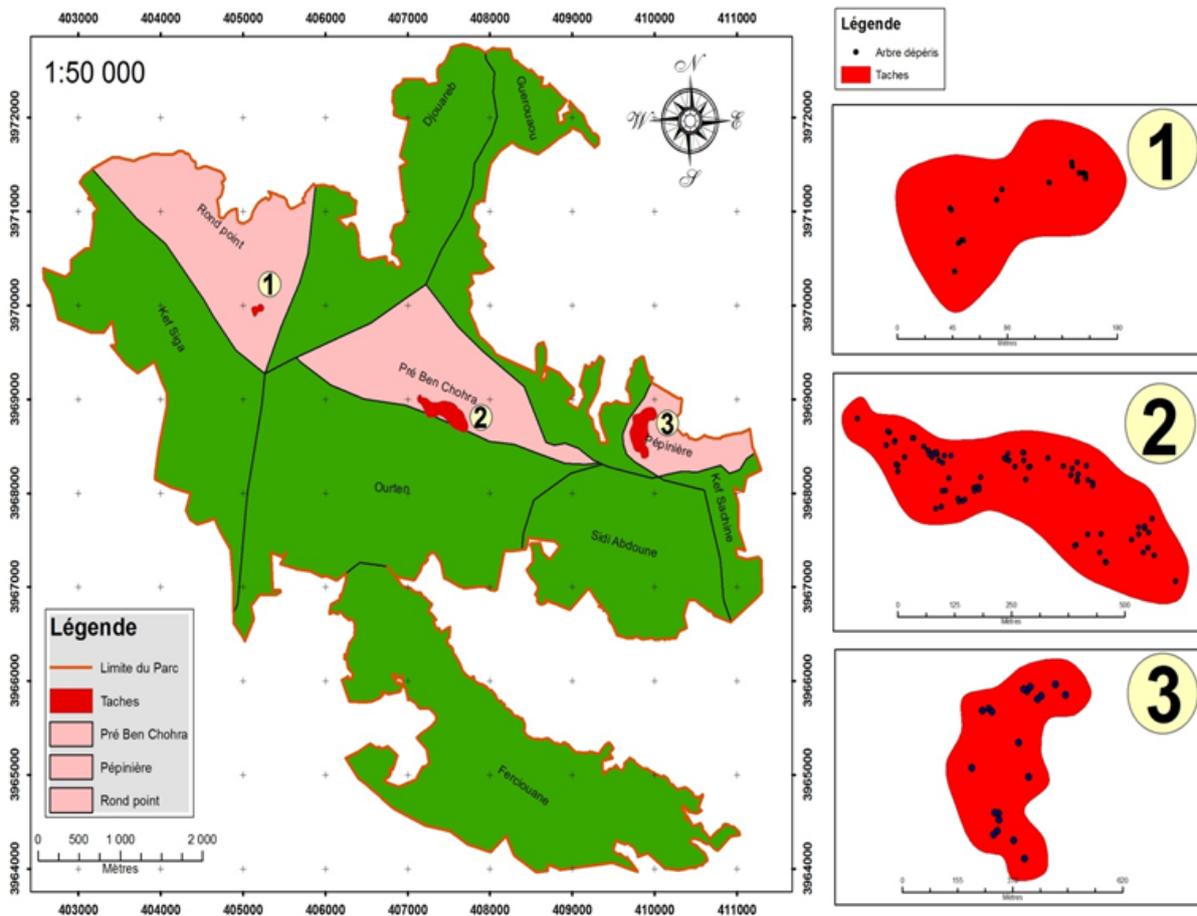


Figure.4.27. Délimitation des stations pour l'étude de l'entomofaune xylophage (1 : Station Rond Point 2 : Station Pré Benchohra, 3 : Station Pépinière).

Tableau 4.8. Caractéristiques générales des placettes pour l'étude de l'entomofaune xylophage dans la cédraie de Theniet El Had (X et Y correspondent aux coordonnées Lambert des stations d'étude)

Tache	Superficie (Ha)	X	Y	Exposition	Altitude	Type de Sol
Tache Pré Benchohra	11,00	407457	3968860	Crête	1600	Roche, BL, MBE
Tache Rond Point	1,23	405173	3969960	NW	1500	PEAC
Tache Pépinière	10,16	409848	3968670	N	1450	PEAC

BL : Brunifiés lessivés, MBE : Minéraux bruts érosion, PEAC : Peu évolués apport colluvial.

a) Piègages des insectes

Deux types de piège ont été utilisés: les pièges à interception aérienne et les pièges fosses. Dans chaque station, nous avons placé trois pièges à interception

aérienne (Fig.4.28-a) espacés d'une distance comprise entre 20 et 30 mètres. Ces pièges ont été installés de Juillet 2015 à Juin 2016 et sont constitué d'une bouteille en plastique dans laquelle nous avons aménagé une fenêtre de pénétration des insectes qui sont attirés par l'odeur de l'alcool. Les récoltes des coléoptères sont réalisées mensuellement.

En outre, nous avons enterré dix pièges fosse vides espacés de 15 mètres environ, (Fig.4.28d), d'une façon à couvrir une bonne partie de la station. Ces pièges ont été prospectés de manière hebdomadaire pendant la période d'étude. Le maximum de richesse globale est atteint lors d'un piégeage continu centré sur la période d'activité maximale (juin) et une période de 3 mois consécutifs (mai-juin-juillet) qui donne en moyenne les meilleurs résultats.

b) Ecorçage et battage

L'écorçage (Fig. 4.28b et c).consiste à enlever l'écorce en conservant la forme des galeries sous corticales. Les écorces prélevées ont été soigneusement examinées à l'œil nu, puis à la loupe binoculaire afin d'extraire les insectes adultes morts ou leurs nymphes.

Le battage à l'aide du parapluie japonais est la technique employée pour la récolte des arthropodes vivant sur les branches des arbres. Elle est efficace surtout pour les coléoptères, larves d'insectes phytophages et acariens phytophages. Cette opération est effectuée durant le printemps et l'été de l'année d'étude, le battage a été réalisé avec une fréquence d'une fois par semaine (Figure. 4.28e).

c) Utilisation de la cage d'émergence:

Cette technique consiste à mettre des fragments prélevés des différentes parties des arbres dans des éclosiers. Les insectes sont collectés dans un récupérateur d'insectes en plastique, pour permettre la pénétration de la lumière et diriger l'insecte vers la sortie tout en empêchant son retour (Figure 4.28 f).

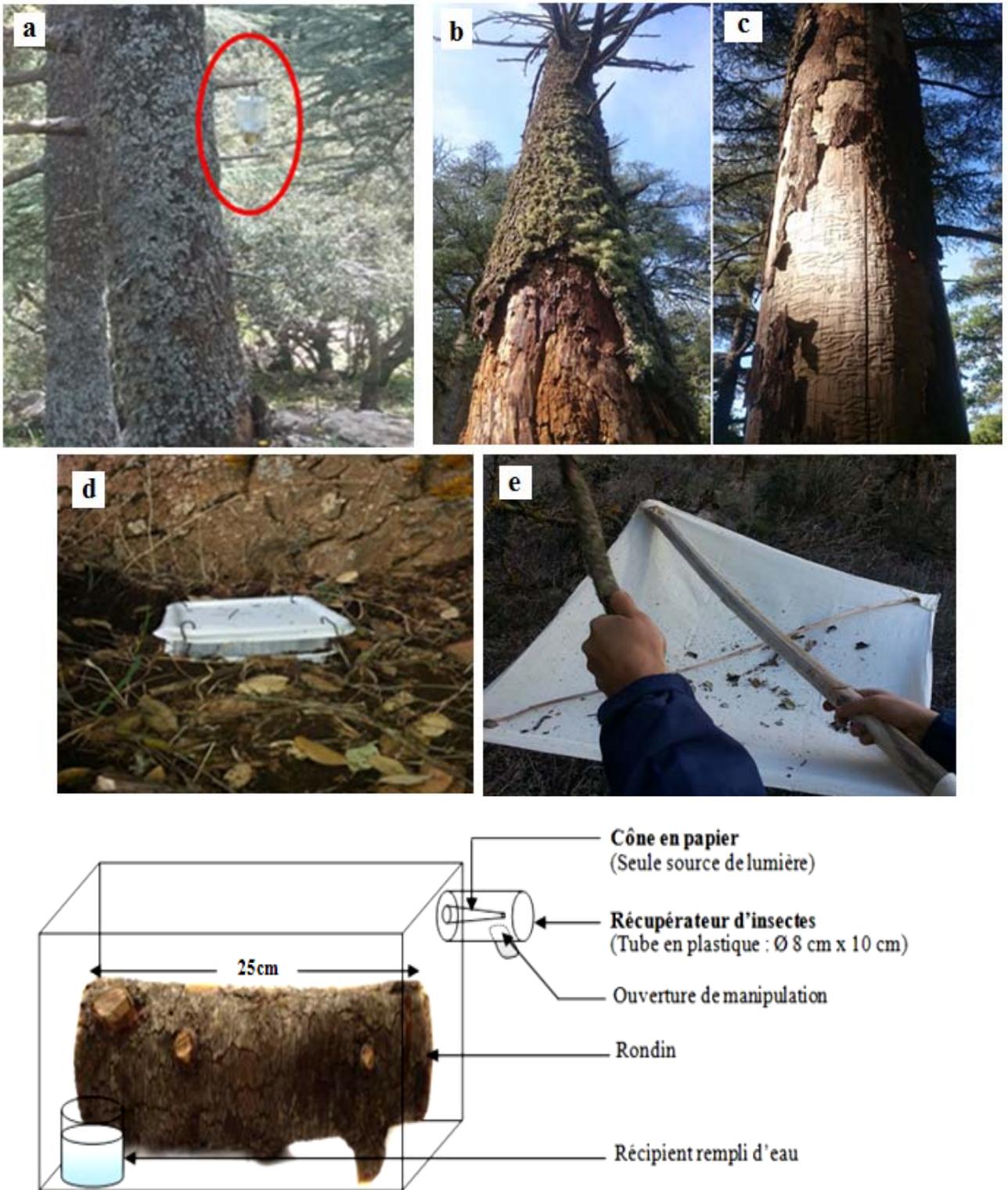


Figure.4.28. Les différents moyens d'échantillonnage utilisés pour la récolte des coléoptères (a: Piège d'interception aérienne, b, c : Ecorçage, d : Piège fosse, e : Battage, f : Dispositif de la cage d'émergence [12]).

CHAPITRE 5. RESULTATS

5.1. CARACTERISTIQUES STATIONNELLES ET ETAT SANITAIRE DES CANTONS ETUDIES

5.1.1. Estimation du taux de dépérissement :

Nous avons évalué le taux de dépérissement sur un total de 24 placettes réparties sur 6 stations représentatives de trois cantons différents 'Pépinière', 'Guerouaou' et 'Toursout'. Les caractéristiques stationnelles sont données dans le tableau. 5.1.

Tableau 5.1. Caractéristiques des cantons et stations étudiées.

Placette	Alt. (m)	Pente moy (%)	Exp.	tot. sujets	Sains /dépéris	Dépér. (%)	Phase de dépérissement	Surp.	Délits souches
Canton 'Pépinière' (1.48%)									
1				16	16/0	0	/	++	12
2				38	36/2	5.26	V2, M2	++	04
3	1489	15	Nord	45	45/0	0	/	+	05
4				43	43/0	0	/	+	02
Canton Guerouaou (Station 1) (26%)									
1				10	7/3	30	V1, V2, M1,	/	/
2				18	15/3	16.66	M1, M2, M2,	/	/
3	1396	35	Nord	14	10/4	28.57	V2, M1, M1, M2	/	04
4				08	5/3	37.5	M1, M1, M2	/	03
Canton Guerouaou (Station 2) (26.37%)									
1				26	16/10	38.46	V1, V2, V1 M1, M1, M1 M2, M2, M2, M2	++	04
2				20	16/4	20	M1, M1, M2, M2	++	04
3	1366	10	Nord	20	17/3	15	V2, M1, M2	++	01
4				25	18/7	28	V2, M1, M1, M2, M2, M2, M2	++	02
Canton Toursout (Station 3) (15.82%)									
1				69	60/9	13.04	V1, V2, M1, M2, M2, M2, M2, M2, M2	++	27
2	1484	27	Est-Nord Est	45	34/11	24.44	V1, V2, V2, M1, M1, M1, M2, M2, M2, M2, M2	++	32
3				09	9/0	0	/	++	02
4				16	14/2	12.5	M1, M2	++	/
Canton Toursout (Station 4) (17.39%)									
1				19	13/6	31.57	V1, V2, M1, M2, M2, M2, M2	++	08
2	1414	24	Nord	42	34/8	19.04	V2, M2, M2, M2, M2, M2, M2, M2	++	19
3				19	17/2	10.52	M2, M2	+	02
4				12	12/0	0	/	+	02
Canton Toursout (Station 5) (25.64%)									
1				24	23/1	4.16	M2	+	/
2				16	12/4	25	V2, M1, M2, M2	/	/
3	1410	29	Nord	20	13/7	35	V2, V2, M1, M2, M2, M2, M2	/	/
4				18	10/8	44.44	V2, M1, M2, M2, M2, M2, M2, M2	/	05

Toutes les stations prospectées sont sujettes à un surpâturage très fréquent avec un certain nombre de délits de souches qui est notamment élevé au niveau du canton 'Toursout' et présentent en général la phase de dépérissement M2, (tab.5.1).

Le taux de dépérissement moyen à travers tous les cantons est de 15.75%. Le canton 'Guerouaou' est le plus atteint (26.18%) suivi par celui du canton 'Toursout' (19,61%), tandis que le canton 'Pépinrière' présente un taux de dépérissement très faible de l'ordre de 1.48% (tab. 5.1). On peut remarquer des intervalles de dépérissement très variables généralement compris entre 15% et 38% dans le canton 'Guerouaou' et entre 4.16% et 44.44% dans le canton 'Toursout'.

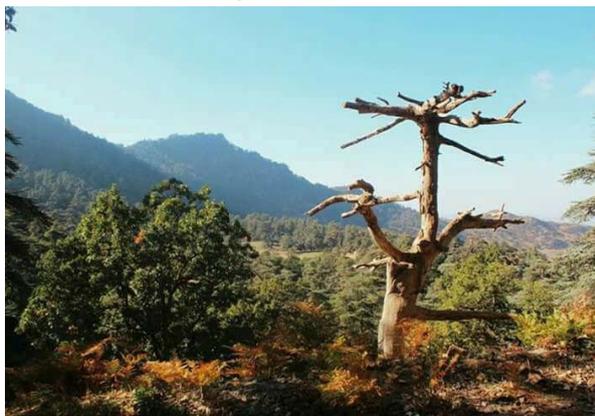
L'ensemble des cantons sont exposés au nord généralement et se situent à des altitudes allant de 1350 à 1500 mètres où les cédraies sont installées sur de fortes pentes pouvant aller jusqu'à 29%. La lithologie du canton 'Toursout' est particulièrement complexe et se compose de calcaires, marno-calcaire, grès calcaire, alternance marno-gréseuse et grès non calcaire. La typologie des cédraies se caractérise par des peuplements mixtes de cèdres et chênes, et de cédraies pures. Le dépérissement dans ce canton, se manifeste sous trois formes (fig. 5.1) : par sujet et c'est la forme la plus dominante suivi du dépérissement massif puis du dépérissement par bouquet.



Peuplement sain



Dépérissement massif



Dépérissement par sujet (individu)



Dépérissement par bouquet (tâche)

Figure 5.1. Typologie des stations à cédraies dans la zone d'étude (personnel).

La figure 5.2, montre une augmentation du taux de dépérissement à partir de la placette 15 (>35%), excepté pour les placettes 13 et 02 qui présentent un taux de dépérissement très faible respectivement (4.17 et 5.26%).

Dans les cantons 'Guerouaou' et 'Toursout', toutes les placettes sont touchées par le dépérissement en comparaison avec le canton 'Pépinrière' qui ne compte qu'une placette atteinte (placette 2) où seulement 5 sujets sont dépéris. Ainsi, le nombre maximal d'arbres dépéris dans les stations du canton 'Guerouaou' varie entre 28 et 37 à 38 sujets observés au niveau des placettes 23, 20 et des placettes 24 et 17 des stations S1 et S2 respectivement. De même, le nombre le plus élevé des arbres atteints dans le canton 'Toursout' est enregistré dans les placettes 15, 16 de la station 1 avec 35 et 44 sujets et dans la placette 9 de la station 2 avec 31 sujets respectivement. Certaines placettes comptent une plus faible densité d'arbres atteints par le dépérissement comme les placettes 19, 22 dans le canton 'Guerouaou' et les placettes 10,11,13 dans le canton 'Toursout', (fig. 5.2).

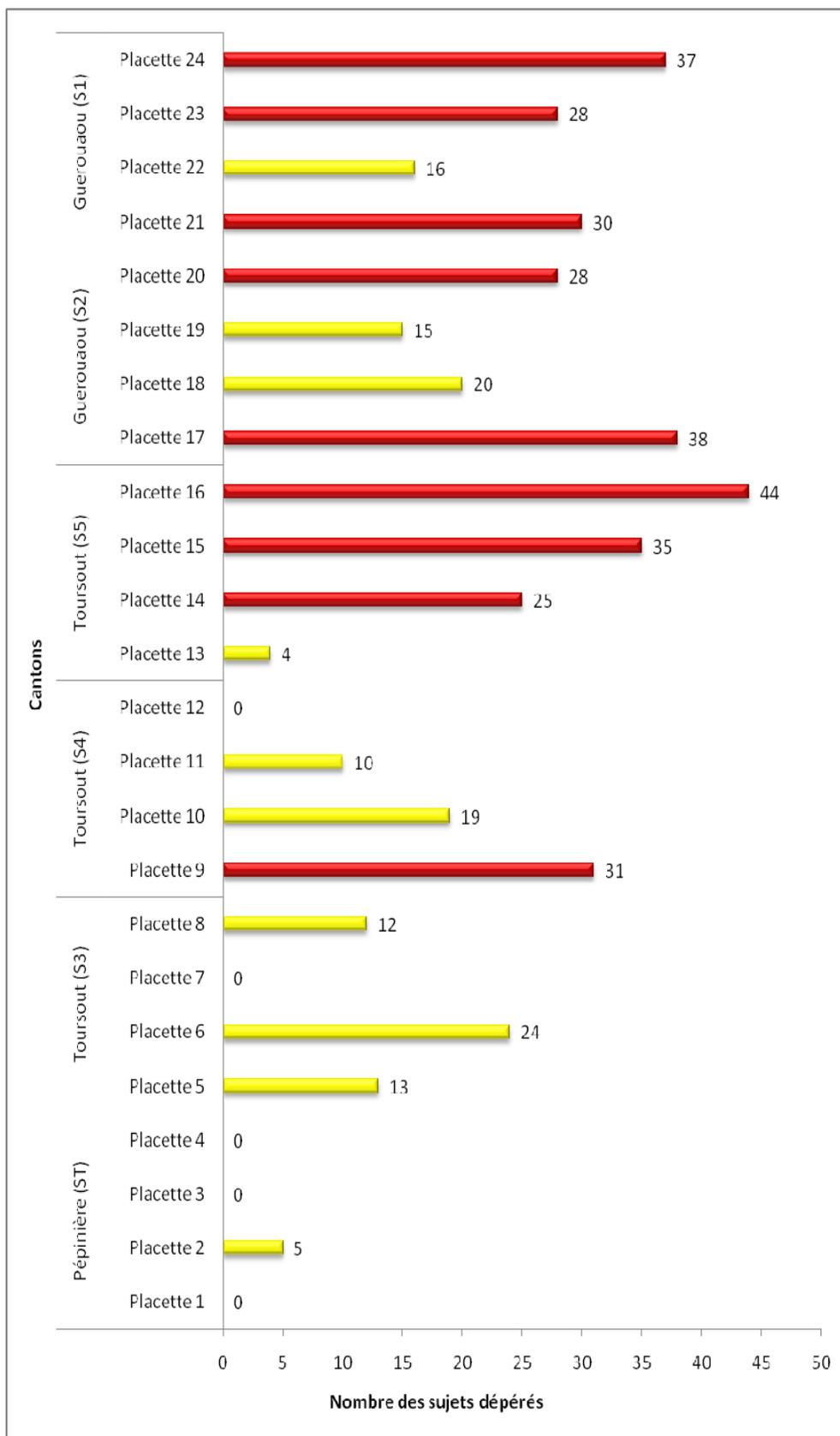


Figure 5.2. Variation du nombre de sujets dépérés par placettes prospectées dans les trois cantons.

Le nombre de sujets dépéris diffère d'une placette à une autre de chaque station respective. De façon générale, on peut distinguer deux zones de dépérissement en surface terrière: l'une de fort dépérissement pour les placettes marquées en rouge (hormis les placettes 14 et 20), l'autre de plus faible dépérissement pour les placettes marquées en jaune (à l'exception des placettes 2 et 13).

5.1.2. Etat comparatif des aiguilles chez les arbres sains et dépéris

Les attaques et l'ampleur des dégâts ne sont pas apparues très significantes. Cependant avec des conditions favorables, les fortes attaques peuvent provoquer des perturbations physiologiques des arbres. En général, pour le cas des insectes, le nombre des aiguilles attaquées croît au cours de la période printanière, pouvant être dû à des températures favorables.

D'après nos observations, il semble que les aiguilles dépéris sont soit attaquées par les insectes de manière directe et continue, soit influencés par une carence en éléments nutritifs, ou par d'autres facteurs. Concernant la comparaison du nombre moyen des aiguilles par canton (fig. 5.3), le nombre moyen d'aiguilles attaquées est plus réduit que celui des aiguilles saines. Il varie de 27 à 38 aiguilles par bouquet. Les mêmes constatations sont observées pour la longueur entre les aiguilles saines et les aiguilles attaquées (fig. 5.4).

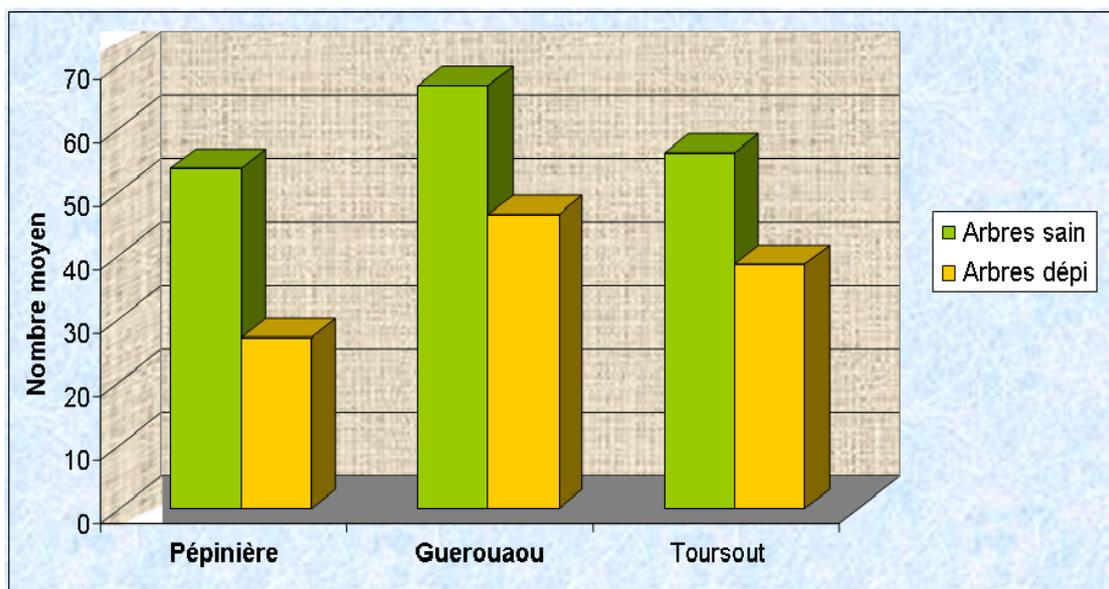


Figure. 5.3. Comparaison du nombre moyen des aiguilles saines/aiguilles attaquées par canton.

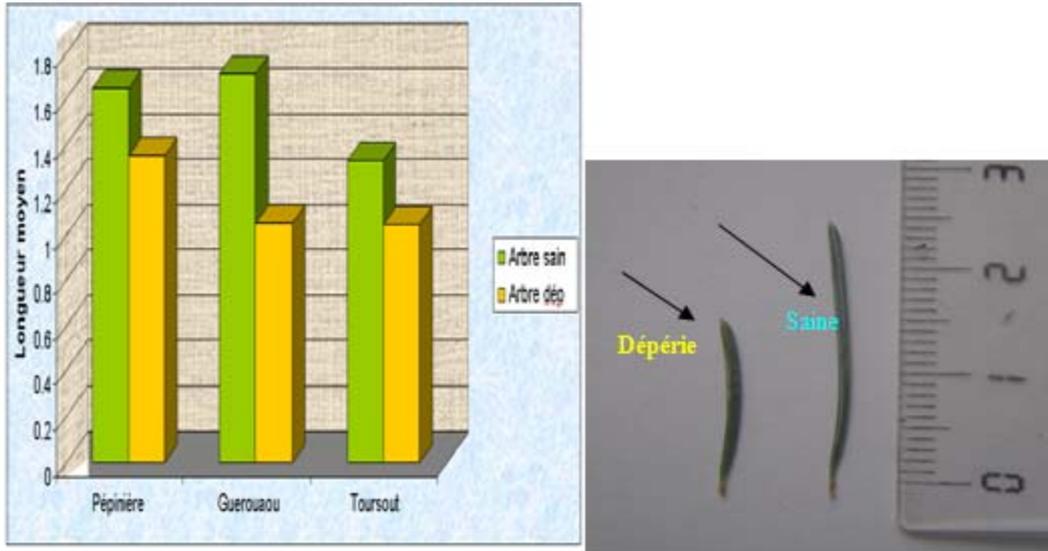


Figure. 5.4. Comparaison de la longueur moyenne des aiguilles par canton, chez les sujets sains et dépéris.

Par ailleurs, le nombre des aiguilles saines est nettement supérieur à celui de sujets dépéris pour toutes les orientations avec des pourcentages répartis sensiblement égaux, (fig. 5.5).

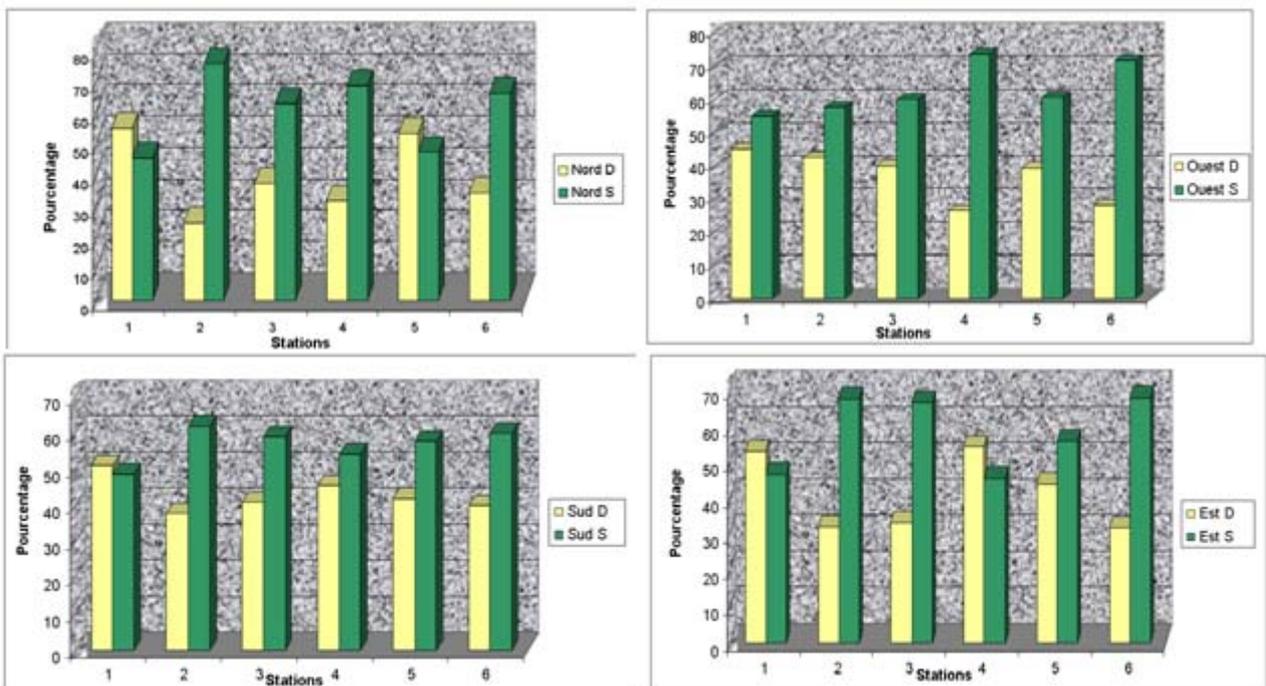


Figure. 5.5. Comparaison Cardinale du pourcentage moyen des aiguilles chez les sujets sains et dépéris dans les différentes stations prospectées.

5.2. Effets des facteurs stationnels sur le dépérissement :

5.2.1. Effets des caractéristiques topographiques, du pâturage et des délits de coupe

Grâce à la réalisation de l'échantillonnage systématique, nous avons pu mettre en évidence la distribution des caractéristiques stationnelles en fonction de l'altitude, la densité, la pente, l'exposition et le type de microrelief.

L'analyse de l'effet des données topographiques stationnelles sur le dépérissement dans les parcelles prospectées est réalisée à travers une ACP et une CAH (fig.5.6).

Le plan 1, 2 est retenu car il rend compte d'un maximum d'informations sur les corrélations existantes entre le dépérissement de cèdre et les facteurs de prédisposition. Les valeurs propres des trois premiers axes sont relativement élevées et distinguées par rapport aux autres valeurs propres qui sont très proches.

La première valeur propre est de l'ordre de 31.9% avec un taux d'inertie correspondant à 39.92 % pour le premier axe, ce qui témoigne d'une plus ou moins forte structure du nuage le long de cet axe. Les premiers axes (1 et 2) de l'ACP expliquent plus de 59,84% de l'information.

L'axe 1 est représenté par l'altitude dans la mesure où cette dernière y présente les plus fortes contributions (+0,424) sur le côté positif. A l'opposé de cet axe, les plus faibles contributions sont représentées par le microrelief (- 0,95), plus fréquemment rencontré dans les structures forestières favorisant la dégradation du sol et la migration des éléments nutritifs

L'axe 2 est représenté par la pente présentant les contributions les plus élevées (+0,688). Sur le côté positif de cet axe se trouvent les facteurs altitude, exposition, densité, délit de coupe, pâturage, pente et microrelief caractérisant les formations pré forestières de dégradation à ambiance de matorral.

Sur le côté négatif de l'axe 2, le pâturage est caractérisé par les plus faibles contributions (-0,335), s'opposant de ce fait à la pente. Le Cèdre y est à l'état moyennement dense à épars et il ne présente pas de taches dépérissement.

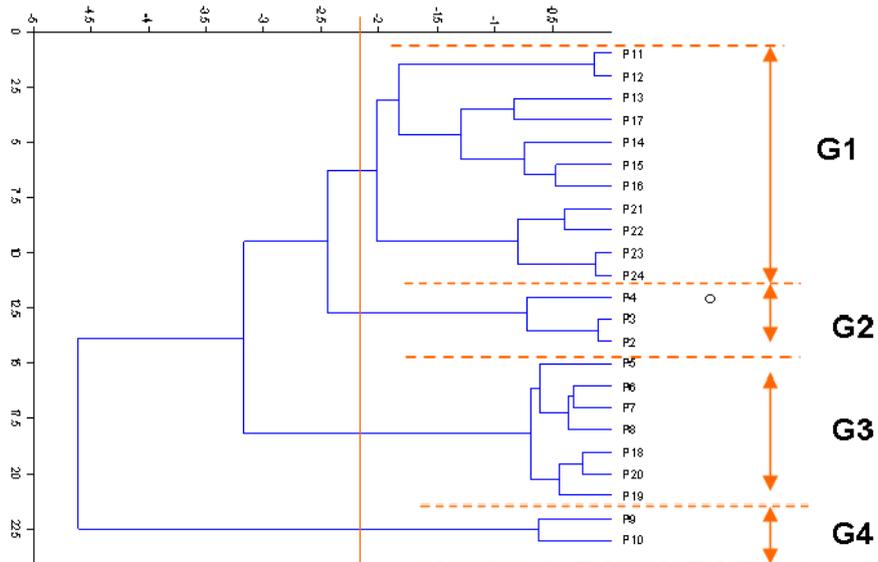
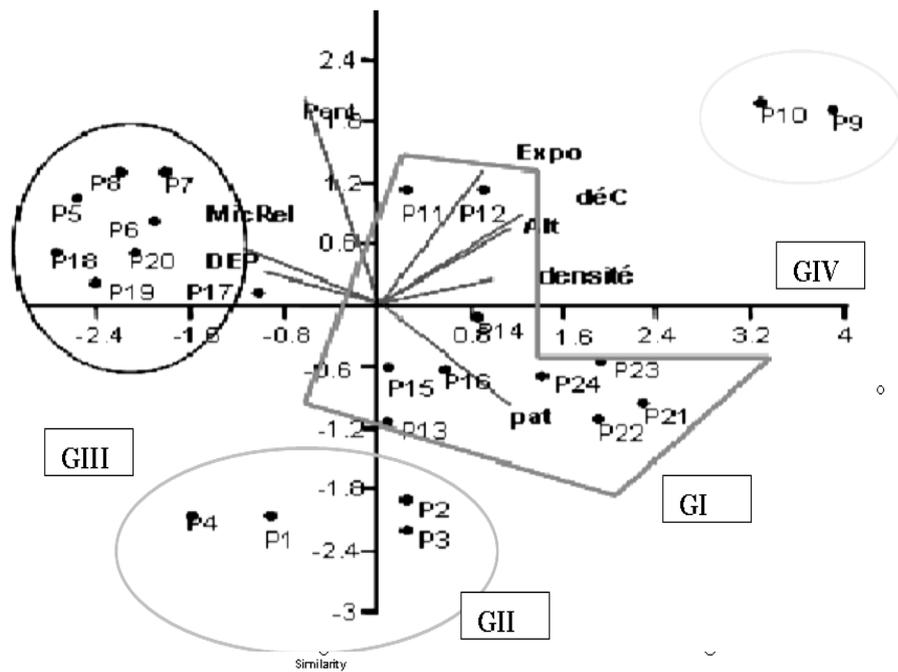
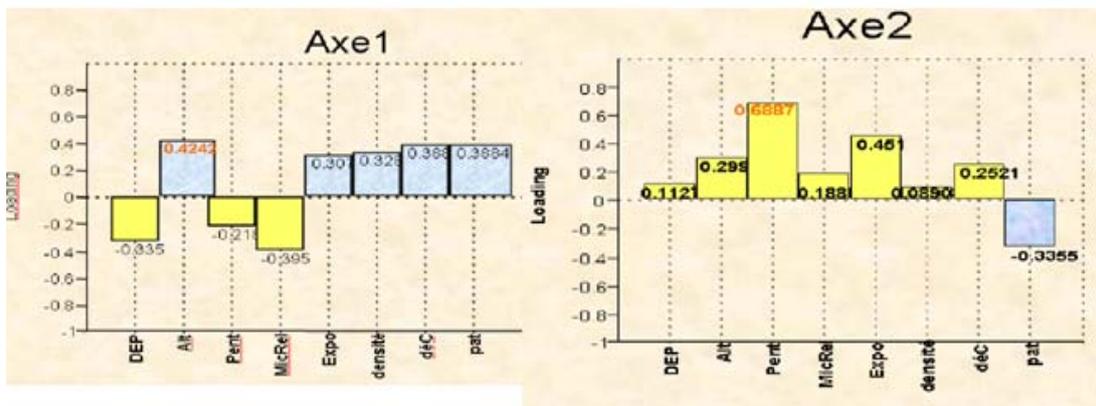


Figure 5.6. Coefficients de corrélation des vecteurs des variables placettes et caractéristiques stationnelles et classification Hiérarchique ascendante associée. (DEP: dépérissement, Pen : pente, MicRel : microrelief, Expo : exposition, déc : délit de coupes, dens : densité, Alt : altitude, Pat : pâturage).

L'analyse du dendrogramme (fig.5.6) sur la base du calcul de la distance Euclidienne prise comme mesure de similitude (valeur -2.2) a mis en évidence quatre groupes.

Le groupe 1 (G1) rassemble essentiellement les différentes placettes p11, p12, p13, p17, p15, p16, p21, p22, p23, p24 corrélées à l'altitude, l'exposition, la densité, les délits de coupe et le pâturage.

Les groupes 2 (G2) et 3 (G3) caractérisés respectivement par les placettes: p4, p3, p2 ainsi que les placettes p5, p6, p7, p8, p18, p20, p19 ne sont corrélés à aucune caractéristique stationnelle. Quant au groupe 4 (G4), on note d'après l'analyse, les placettes p9, p10 dont le dépérissement pourrait être corrélé au microrelief.

5.2.2. Effet des caractéristiques physico-chimiques des sols sur le dépérissement:

Les résultats des analyses physico- chimiques du sol de chaque station sont consignés dans le tableau 5.2 et ont fait l'objet d'une analyse en composantes principales suivie par une classification ascendante hiérarchique des scores des variables placettes et caractéristiques physicochimiques (fig. 5.8).

Tableau 5.2. Résultats des analyses physico-chimiques du sol des différentes stations prospectées:

Analyses	Désignation	Echantillons														
		Canton 'Pépinière 'Station (T)					Canton Guerouaou Station (01)					Canton Guerouaou Station (02)				
		ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.C	S1.1	S1.2	S1.3	S1.4	S1.C	S2.1	S2.2	S2.3	S2.4	S2.C
Physique	Humidité	4.61	3.96	3.94	1.8	3.19	3.19	3.94	3.28	2.42	2.55	3.76	3.93	3.44	1.92	2.45
Chimique	PH eau	7.36	7.46	7.53	7.47	7.41	7.71	7.78	7.69	7.67	7.72	7.80	7.62	7.63	7.40	7.69
	PH Kcl	6.58	6.76	6.62	6.75	6.61	6.81	6.64	6.81	6.74	6.65	6.67	6.64	6.68	6.60	6.82
	Ca total (%)	2.71	3.51	3.03	3.35	2.71	0.80	0.60	1.25	0.34	0.80	2.71	2.23	2.39	2.23	2.07
	C.organique (%)	2.26	3.16	3.16	2.38	3.19	1.58	2.28	1.84	1.76	1.76	2.28	3.19	2.28	1.76	2.11
	MO (%)	3.88	5.43	5.43	4.09	5.48	2.71	3.92	3.16	3.02	3.02	3.92	5.48	3.92	3.02	3.62

Analyses	Désignation	Echantillons														
		Canton Toursout Station (03)					Canton Toursout Station (04)					Canton Toursout Station (05)				
		S3.1	S3.2	S3.3	S3.4	S3.C	S4.1	S4.2	S4.3	S4.4	S4.C	S5.1	S5.2	S5.3	S5.4	S5.C
Physique	Humidité	2.41	2.46	3.61	2.67	2.46	1.16	5.08	3.76	4.17	2.41	1.69	2.55	4.05	1.66	3.94
Chimique	PH eau	7.58	7.81	7.77	7.58	7.62	7.72	7.51	6.56	7.61	7.58	7.58	7.44	7.67	7.51	7.77
	PH Kcl	6.68	6.68	6.5	6.69	6.63	6.66	6.74	6.73	6.02	6.64	6.69	6.65	6.71	6.79	6.56
	Ca total (%)	1.59	2.07	2.71	2.55	1.71	2.39	2.07	2.23	2.23	2.07	0.8	2.07	1.91	1.91	2.07
	C.organique (%)	2.11	2.28	1.4	1.4	2.26	1.11	1.58	1.72	1.76	2.28	2.38	2.11	2.11	2.28	2.28
	MO (%)	3.62	3.92	2.4	2.4	3.88	1.9	2.71	2.95	3.02	3.16	4.09	3.62	3.62	3.92	3.92

Les valeurs propres des trois premiers axes sont relativement élevées par rapport à celles des 4^e et 5^e axes qui sont très proches, correspondant respectivement à des taux d'inertie de 10,29 et 8,34% : La première valeur propre est de l'ordre de 2,73 avec un taux d'inertie correspondant de 38.98 % pour le premier axe, ce qui témoigne d'une plus ou moins forte structure du nuage le long de cet axe. Les deux premiers axes de l'ACP expliquent plus de 71, 82% l'information.

L'axe 1 est représenté par le pH KCl dans la mesure où ce dernier y présente les plus fortes contributions (+0,700). A l'opposé de cet axe, les plus faibles contributions sont représentées par le calcaire total (-0,430). Le côté positif de l'axe 2 est représenté par le carbone et la matière organique qui présentent successivement des contributions plus élevées (+0,814). (0,813). Sur le côté négatif de ce même axe, le pH eau est caractérisé par les plus faibles contributions (-0,50), s'opposant ainsi au carbone et à la matière organique.

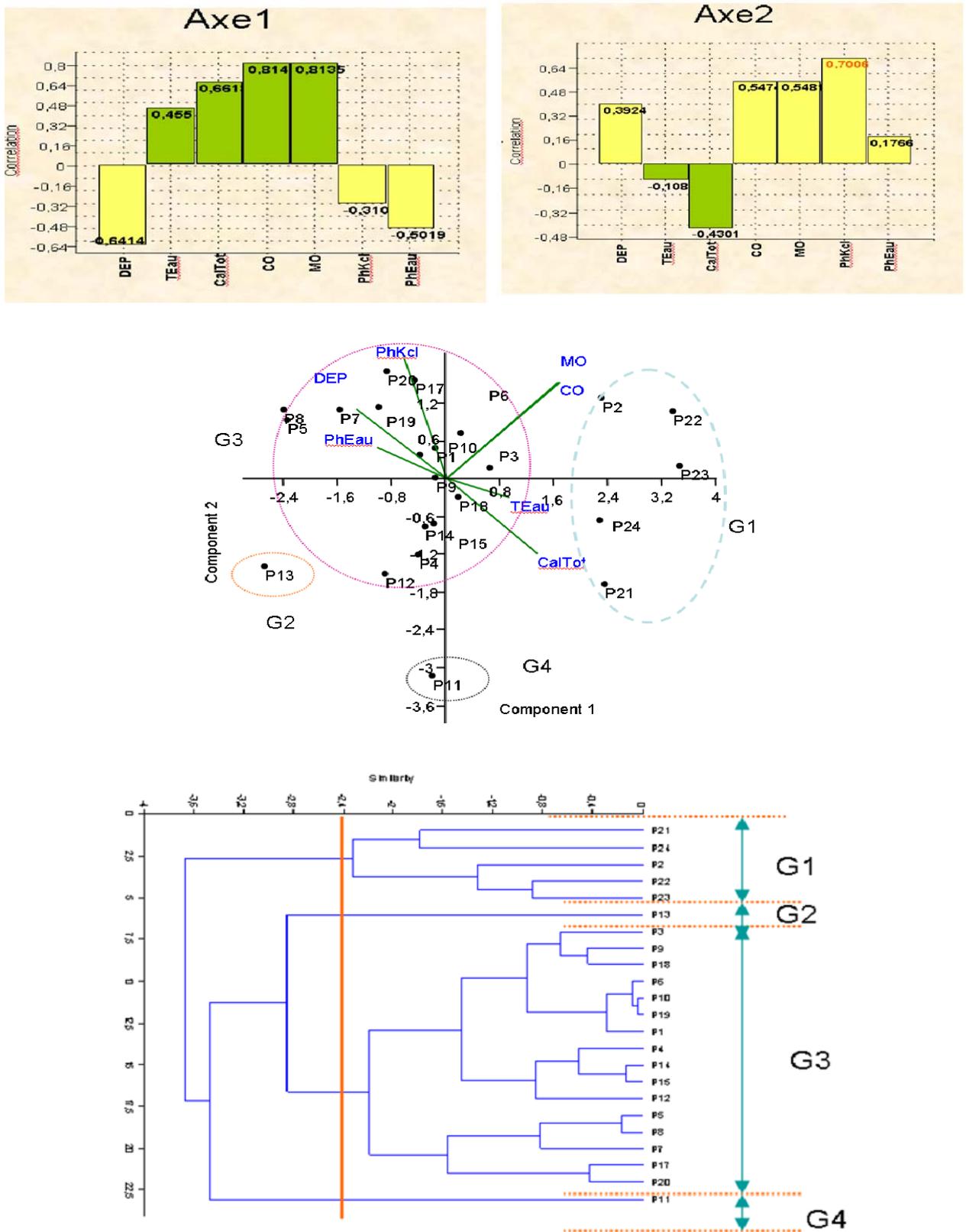


Figure 5.7. Coefficient de corrélation des vecteurs des variables placettes et caractéristiques physicochimiques des sols (ACP) et Classification Hiérarchique ascendante (CHA. DEP : Dépérissement, TE au : teneur en eau, Cal TOT : calcaire total, MO matière Organique, CO : carbone organique).

Selon l'axe 1, le dépérissement présente une corrélation de (-0,641), la répartition de la majorité des facteurs physico-chimiques du sol (pH, Mo, Co) se retrouvent du côté positif de cet Axe. Selon l'axe 2, le dépérissement présente une forte corrélation avec le pH KCl (+0,392), (+0,700) successivement. Du côté négatif de l'axe 2, le calcaire total présente une corrélation de (-0,430) ce qui indique que les sols contiennent de très faibles quantités de calcaire total, (fig. 5.7).

Le calcul de la distance Euclidienne sur la base de la valeur de similarité de (-3), a permis de structurer trois groupes: Le groupe 1 (G1) rassemble essentiellement le dépérissement noté dans les placettes p11, p12, p13, p17, p14, p15, p16, p21, p22, p23, p24, p4, p3, p2, et qui sont corrélées avec les Ph (Ph eau, Ph KCl). Le groupe 2 (G2) rassemble les parcelles P5, p6, p7, p8, p18, p20, p19 dont le dépérissement semble en relation avec les teneurs en matière organique, carbone organique, teneur en eau et en calcaire total. Quant au groupe 3 (G3), on note les placettes p9, p10 sans aucune information sur les caractéristiques qui leur sont corrélées.

5.2.3. Effet des facteurs microbiologiques sur le dépérissement :

L'analyse de la diversité microbiologique a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans le tableau 5.3.

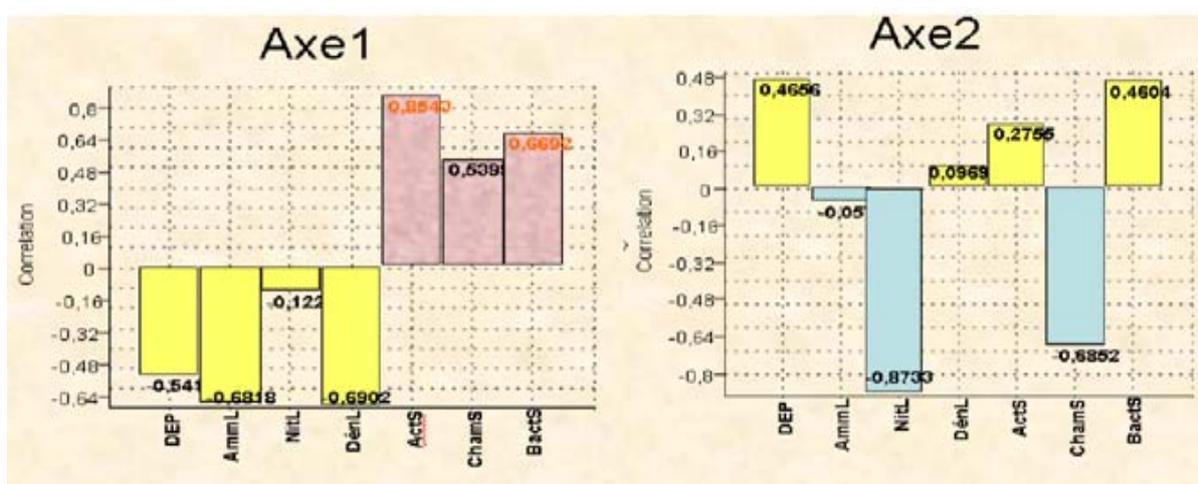
Tableau 5.3. Analyses microbiologiques des sols des stations d'étude.

Désignation	Echantillons															
	Station (T)					Station (01)					Station (02)					
	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.C	S1.1	S1.2	S1.3	S1.4	S1C	S2.1	S2.2	S2.3	S2.4	S2C	
Milieu solide	Champignon	8.10 ⁶	8.10 ⁶	9.10 ⁶	9.10 ⁶	7.10 ⁶	6.10 ⁶	5.10 ⁶	7.10 ⁶	6.10 ⁶	5.10 ⁶	4.10 ⁶	5.10 ⁶	4.10 ⁶	4.10 ⁶	5.10 ⁶
	Actinomycète	11.10 ⁶	13.10 ⁶	12.10 ⁶	10.10 ⁶	11.10 ⁶	4.10 ⁶	4.10 ⁶	5.10 ⁶	5.10 ⁶	6.10 ⁶	6.10 ⁶	5.10 ⁶	6.10 ⁶	7.10 ⁶	6.10 ⁶
	Bactérie aérobie	8.10 ⁶	9.10 ⁶	8.10 ⁶	11.10 ⁶	9.10 ⁶	6.10 ⁶	7.10 ⁶	7.10 ⁶	8.10 ⁶	6.10 ⁶	7.10 ⁶	6.10 ⁶	6.10 ⁶	7.10 ⁶	7.10 ⁶
Milieu liquide	Nitrification	4	3.5	2.5	3	2.5	3	4	3.5	2.5	3	4	2.5	4	2	2.5
	Dénitrification	1.5	2	1.4	3.5	2	6.5	11.5	15	6.5	11.5	4	3.5	3.5	3	4
	Ammonification	1.4	2	1.5	2	1.4	4	3.5	2.5	3	3	1.5	2	1.4	3.5	1.4

Désignation	Echantillons															
	Station (03)					Station (04)					Station (05)					
	S3.1	S3.2	S3.3	S3.4	S3.C	S4.1	S4.2	S4.3	S4.4	S4.C	S5.1	S5.2	S5.3	S5.4	S5.C	
Milieu solide	Champignon	7.10 ^e	7.10 ^e	7.10 ^e	8.10 ^e	6.10 ^e	8.10 ^e	7.10 ^e	7.10 ^e	6.10 ^e	4.10 ^e	3.10 ^e	4.10 ^e	5.10 ^e	3.10 ^e	
	Actinomycète	4.10 ^e	5.10 ^e	4.10 ^e	5.10 ^e	6.10 ^e	5.10 ^e	5.10 ^e	6.10 ^e	4.10 ^e	4.10 ^e	7.10 ^e	7.10 ^e	6.10 ^e	8.10 ^e	6.10 ^e
	Bactérie aérobie	4.10 ^e	4.10 ^e	4.10 ^e	4.10 ^e	5.10 ^e	5.10 ^e	6.10 ^e	8.10 ^e	8.10 ^e	6.10 ^e	8.10 ^e	7.10 ^e	7.10 ^e	8.10 ^e	8.10 ^e
Milieu liquide	Nitrification	10	7.5	3.5	8	7.5	7.5	5	10	8	7.5	1.5	2	1.4	3.5	2
	Dénitrification	15	9.5	6.5	6.5	11.5	3	2.5	3	2	2.5	15	9.5	11.5	6.5	11.5
	Ammonification	3	3	3.5	2.5	3.5	3	1.4	2.5	3.5	2.5	3	2.5	4	2	4

Les caractéristiques microbiologiques identifiées et quantifiées et les taux de dépérissement des placettes de la zone d'étude ont fait l'objet d'une ACP et d'une CAH (fig.5.8).

Les valeurs propres sur les trois premiers axes sont relativement élevées et distinguées par rapport aux autres valeurs propres qui sont très proches (6,12% et 4,71%). La première valeur propre est de l'ordre de 27.19% avec un taux d'inertie correspondant à 38.84 % pour le premier axe, ce qui témoigne d'une plus ou moins forte structure du nuage le long de cet axe, la seconde valeur propre est de l'ordre de 17, 49% avec un taux d'inertie de 24,99% sur le second axe. Les plans1 et 2 sont donc retenus dans l'ACP car ils rendent compte d'un maximum d'information (71,82% %) sur les corrélations existantes entre la distribution de ces facteurs microbiologiques et les taux de dépérissement dans les placettes étudiées.



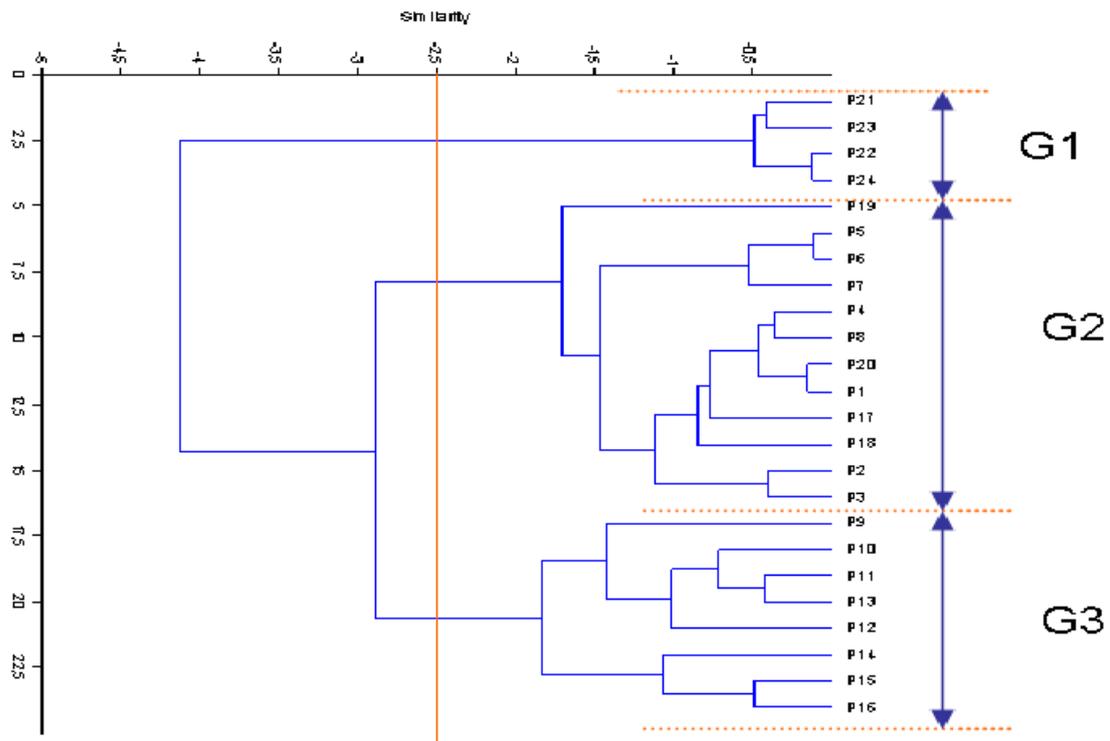
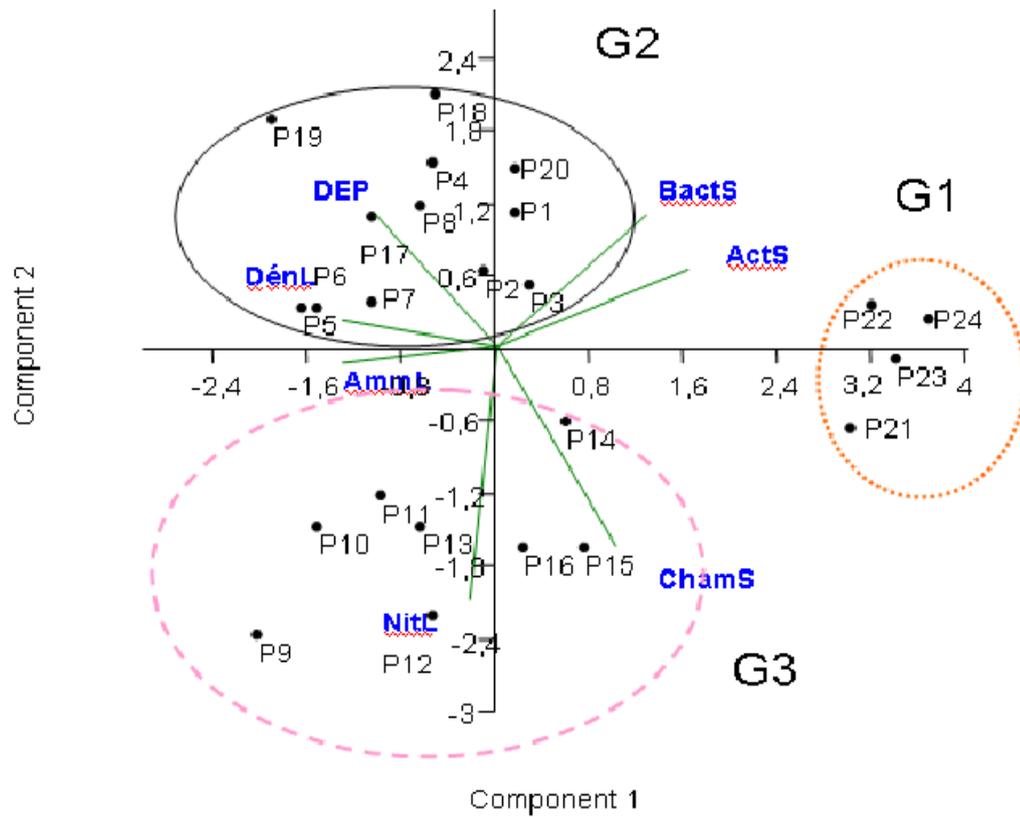


Figure. 5.8. Coefficient de corrélation des vecteurs des variables taux de dépérissement des placettes et caractéristiques microbiologiques (ACP) Classification Hiérarchique ascendante CHA associée (DEP : dépérissement, ChamS : Champignon, BactS : Bactérie aérobie, ActS : Actinomycète, DénL : Dénitrifiant, NitL : Nitrifiant, Amm : Ammonifiant).

Sur le côté positif de l'axe 1 sont représentés les actinomycètes dans la mesure où ces derniers y présentent les plus fortes contributions (+ 0,854). Le dépérissement présente une corrélation de (-0,541), la répartition de la majorité des germes du milieu solide (actinomycète, champignon, bactérie aérobie) se retrouvent du côté positif de cet Axe. Sur le côté négatif de l'axe 1, les plus faibles contributions sont représentées par les dénitrifiants (0,690). Le côté positif de l'axe 2 est représenté par les bactéries aérobies qui montrent les contributions les plus élevées (+ 0, 460). Le dépérissement présente une forte corrélation avec les bactéries aérobies (+0,456), (+0,460) successivement. Le côté négatif de ce même axe est caractérisé par les nitrifiants avec les plus faibles contributions (- 0,873), s'opposant à la pente. Les germes nitrifiants présentent une corrélation égale à (-0,873) ce qui indique que la dilution limite contient des très faibles quantités de nitrates.

L'analyse des dendrogrammes et sur la base de la mesure de similarité de (-2,5) permet d'identifier trois groupes. Le groupe 1 (G1) rassemble essentiellement les placettes p21, p23, p22, p24, dont le taux de dépérissement est corrélé avec les actinomycètes et les Bactéries aérobies. Le groupe 2 (G2) concerne les placettes p19, p5, p6, p7, p4, p8, p20, p1, p17, p18, p2, p3 sans aucune information sur les propriétés qui y sont inféodées. Quant au groupe 3 (G3), on note la présence des champignons, les germes nitrifiants, ammonifiants, et dénitrifiants qui sont corrélés avec le dépérissement observé au niveau des placettes p9, p10, p11, p13, p14, p15, p16. Les résultats obtenus indiquent à priori que l'absence des champignons provoquerait une perturbation de germes telle que les bactéries aérobies qui s'accroissent considérablement tandis que les nitrifiants s'amoindrissent (-0,873).

5.3. Effet des facteurs entomologiques sur le dépérissement:

5.3.1. Inventaires de l'entomofaune

Le répertoire des insectes rencontrés durant notre étude a fait l'objet de deux inventaires. Le premier inventaire est global (tab. 5.4) réalisé durant (de juillet 2007 à mai 2008 est spécifique aux stations 'Guerouaou', 'Pépinère', et Toursout). Le second inventaire réalisé de juillet 2012 à mai 2013 est spécifique aux stations 'Guerouaou', 'Pépinère', et 'Kef Sahchine' où 7 sorties ont été menées respectivement au niveau des deux premiers sites et 2 sorties au niveau du troisième (tab. 5.5). Néanmoins, en raison de contraintes administratives et d'indisponibilité

des moyens de transport, les sorties durant les mois d'octobre, décembre et janvier, n'ont pas été réalisées

Tableau 5.4. Richesse spécifique de l'entomofaune globale du cèdre rencontrée dans la zone d'étude (S : sol, E : écorce, F : feuilles, En : envol).

Ordre	Famille	Espèce	S	E	F	En	Rég.Alim.	Statut
Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i>	X				Polyphage	Utile
Homoptera	Cicadellidae	<i>Cicadella montana</i>			X		Phytophage	Nuisible
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula sp</i>				X	Phytophage	Nuisible
	Stratiomyidae	<i>Chrysops sp.</i>	X				Saprophage	Utile
Coleoptera	Scarabeidae	<i>Anisoplia floricola</i>			X		Phytophage	Nuisible
		<i>Bubas sp</i>				X	Nécrophage	Utile
	Meloidae	<i>Mylabris sp.</i>	X				Phytophage	Nuisible
		<i>Meloe ticius</i>	X				Carnivore	Utile
	Coccinellidae	<i>Oenopia sp.</i>			X		Prédateur	Utile
	Buprestidae	<i>Anthaxia sp.</i>	X		X		Xylophage	Nuisible
Silphidae	<i>Silpha sinuate</i>					Nécrophage	Utile	
Pompilidae	<i>Cryptophilus affinus L</i>				X	Floricole	Nuisible	
Hymenoptera	Fomicidae	<i>Camponotus sp</i>	X	X			Polyphage	Utile
Heteroptera	Reduviidae	<i>Rhinocoris irracundis</i>			X		Phytophage	Nuisible
	Coriidae	<i>Verlusia rhanbea</i>			X		Phytophage	Nuisible
Orthoptera	Pamphagidae	<i>Pezotettix giornai</i>	X				Phytophage	Nuisible
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Vanessa cardui</i>				X	phytophage	Nuisible
	Pieridae	<i>Pieris rapae</i>				X	phytophage	Nuisible

L'entomofaune globale identifiée au niveau du parc national de T.E.H comprend une richesse spécifique de 18 taxons répartis en huit (08) ordres taxonomiques: Dermaptera, Homoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Heteroptera, Orthoptera et Lepidoptera (tab. 5.4). La répartition de l'entomofaune est liée aux différents organes de l'arbre (feuilles, écorce, bois) par le mode de vie et les conditions du milieu propre au développement de chaque insecte (en vol ou au sol). Ainsi, nous avons inventorié parmi les espèces d'insectes capturées différents groupes de statut trophique variable où les régimes alimentaires comprennent des polyphages, phytophages, saprophages, nécrophages, carnivores, prédateurs, xylophages et floricoles (tab. 5.4).

L'ordre le plus représenté est celui des coléoptères comprenant 6 familles et 8 espèces échantillonnées, en comparaison avec les autres ordres qui sont représentés par une à deux familles d'insectes le plus souvent (Lepidoptera et Heteroptera). Les insectes localisés et prélevés au sol et sur le feuillage sont les plus nombreux (13 espèces au total). La majorité des consommateurs sont des phytophages, tandis que chez les consommateurs secondaires, l'entomofaune utile ne compte que 7 espèces rencontrées notamment des taxons saprophages et nécrophages mais une seule espèce prédatrice a été relevée durant l'étude en l'occurrence la coccinellidae *Oenopia* sp (tab. 5.4)

L'entomofaune spécifique aux trois stations prospectées durant la période de l'étude (tab. 5.5) se caractérise par la disponibilité de 34 espèces réparties en 15 espèces de coléoptères particulièrement appartenant à 10 familles (soit 44,11%) (fig. 5.10). Les richesses spécifiques respectives des autres ordres sont comprises entre une et cinq espèces réparties en 1 à 3 familles d'après nos échantillonnages (tab. 5.5 et 5.6). Les Homoptères, Hyménoptères et Hétéroptères représentent en comparaison avec les Coléoptères 11 à 14% de l'entomofaune globale et restent dominants devant les Lépidoptères, Diptères et surtout les Dermaptères échantillonnés avec respectivement des proportions beaucoup plus faibles 8, 5 et 2% (fig. 5.9). Notons qu'une plus grande richesse a été observée au courant de la période estivale.

Tableau 5.5. Liste des espèces rencontrées sur *Cedrus atlantica* (1: présence, 0: absence).au niveau des stations prospectées de la zone d'étude (ST1 : 'Guerouaou, , ST2 :Pépinière', et, ST3 : Tourssout,).

Ordre	Famille	Espèces	Stations		
			ST1	ST2	ST3
Dermaptera	Forficulidae	<i>Forcula auricularia</i> L	1	1	1
	Labiidae	<i>Microlistes</i> sp.	1	0	0
		<i>Lebia trimaculata</i> V	0	1	0
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Ocypus sericens</i> M	1	0	0
	Malachiidae	<i>Malachius atlasicus</i> E	1	1	1
		<i>Attalus reductus</i> P	1	0	0
	Elateridae	<i>Cardiophorus melampus</i>	1	1	0
		<i>Cardiophorus</i> sp	1	1	0
	Buprestidae	<i>Melanophila Marmottani</i>	1	1	1
	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> L	1	1	1
		<i>Novius cruretatus algericus</i> C	1	1	1
	Scarabeidae	<i>Aphodius melanostictus</i> S	1	1	0
		Scarabeidae non déterminé	1	0	0
Bruchidae	<i>Bruchidius</i> sp	1	1	1	
Curculionidae	Curculionidae non déterminé	0	0	1	

	Scolytidae	<i>Cryphalus</i> sp	0	0	1
Lepidoptera	Thaumetopoidae	<i>Thaumetopoea pityocampa</i> Schiff	1	1	1
	Eucosmidae	<i>Epinotia</i> sp	0	1	0
		Eucosmidae sp		1	1
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	1	1	1
	Formicidae	<i>Camponotus niger</i> L	1	1	1
		<i>Camponotus</i> sp	1	1	1
		<i>Crematogaster</i> sp	1	1	1
Heteroptera	Pentatomidae	<i>Pentatomidae</i> sp	1	0	1
	Lygaeidae	Lygaeidae sp 1	1	1	0
		<i>Lygaeus equestris</i>	0	1	1
		Lygaeidae sp 2	0	1	0
Diptera	Tachinidae	<i>Phryx caudata</i> R	1	1	1
	Calliphoridae	<i>Lucilia</i> sp	1	1	1
Homoptera	Diaspididae	<i>Leucaspis pini</i> H	1	1	1
		<i>Dynaspodiotus regneri</i> B	1	1	1
		<i>Chionaspis kabyliensis</i>	1	1	1
	Lachnidae	<i>Cinara cedri</i>	1	1	1
		<i>Cedrobium</i> sp	1	1	1
Total			28	27	22

Tableau 5.6. Richesse des ordres rencontrés et leur proportion.

Ordre	Nombre d'espèce	Pourcentage %
Coléoptères	15	44,11
Homoptères	5	14,70
Hyménoptères	4	11,76
Hétéroptères	4	11,76
Lépidoptères	3	8,82
Diptères	2	5,88
Dermaptères	1	2,94
Total	34	100

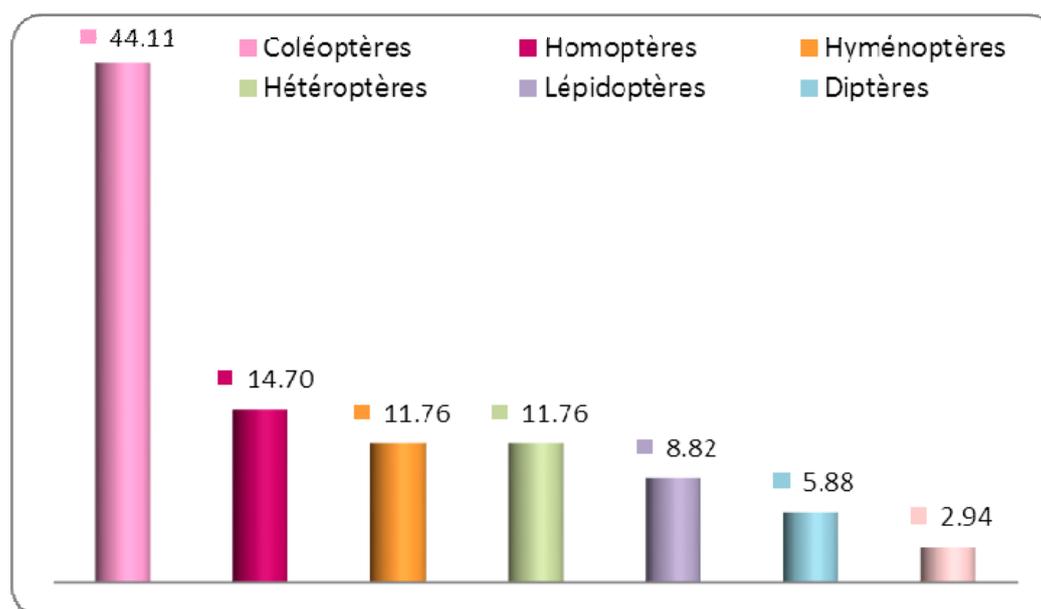


Figure. 5.9. Proportions des ordres entomofauniques rencontrés dans les stations à cédraies prospectées.

La majorité des taxons ont été rencontrés dans les trois stations comme par exemple le prédateur polyphage *Forficula auricularia*, les Formicidae des genres *Camponotus* et *Crematogaster*, les Coccinellidae des genres *Coccinella* et *Novius* ainsi que le prédateur Machiliidae *Malachius atlasticus* (tab. 5.5). Parmi le groupe des phytophages, d'autres taxons sont également communs aux trois stations dont les cochenilles diaspines (tab. 5.5 et fig. 5.10) *Leucaspis pini*, *Dynaspidiotus regneri* et *Chionaspis kabyliensis* avec un total de 6793 individus dénombrés à travers les prélèvements des branches, et les aphides *Cinara cedri* et *Cedrobium sp.* On retrouve également le bupreste *Melanophile marmottani*, des Bruchidae du genre *Bruchidius sp* ainsi que la chenille processionnaire *Thaumetopea pytiocampa* (tab. 5.5 et fig. 5.10).



Figure. 5.10. Nids de la chenille processionnaire et Cochenilles diaspines observées sur les aiguilles de *Cedrus atlantica*

5.3.2. Analyse des abondances populationnelles des cochenilles dans les stations prospectées

5.3.2.1. Analyse comparée des abondances globales

L'abondance des cochenilles dépend de la période d'échantillonnage et diffère significativement selon la saison ($F_r = 8,17$; $P < 0,1$). En effet, les effectifs augmentent progressivement selon deux phases d'abondance. Une première phase est observée entre le 17 juillet 2012 et le 5 février 2013, pendant laquelle les effectifs sont faibles et se maintiennent en des populations plus ou moins stables. La

seconde phase se caractérise par une augmentation drastique du nombre d'individus à partir du 16 février et qui atteint un pic d'abondance vers le 18 avril, (fig. 5.11).

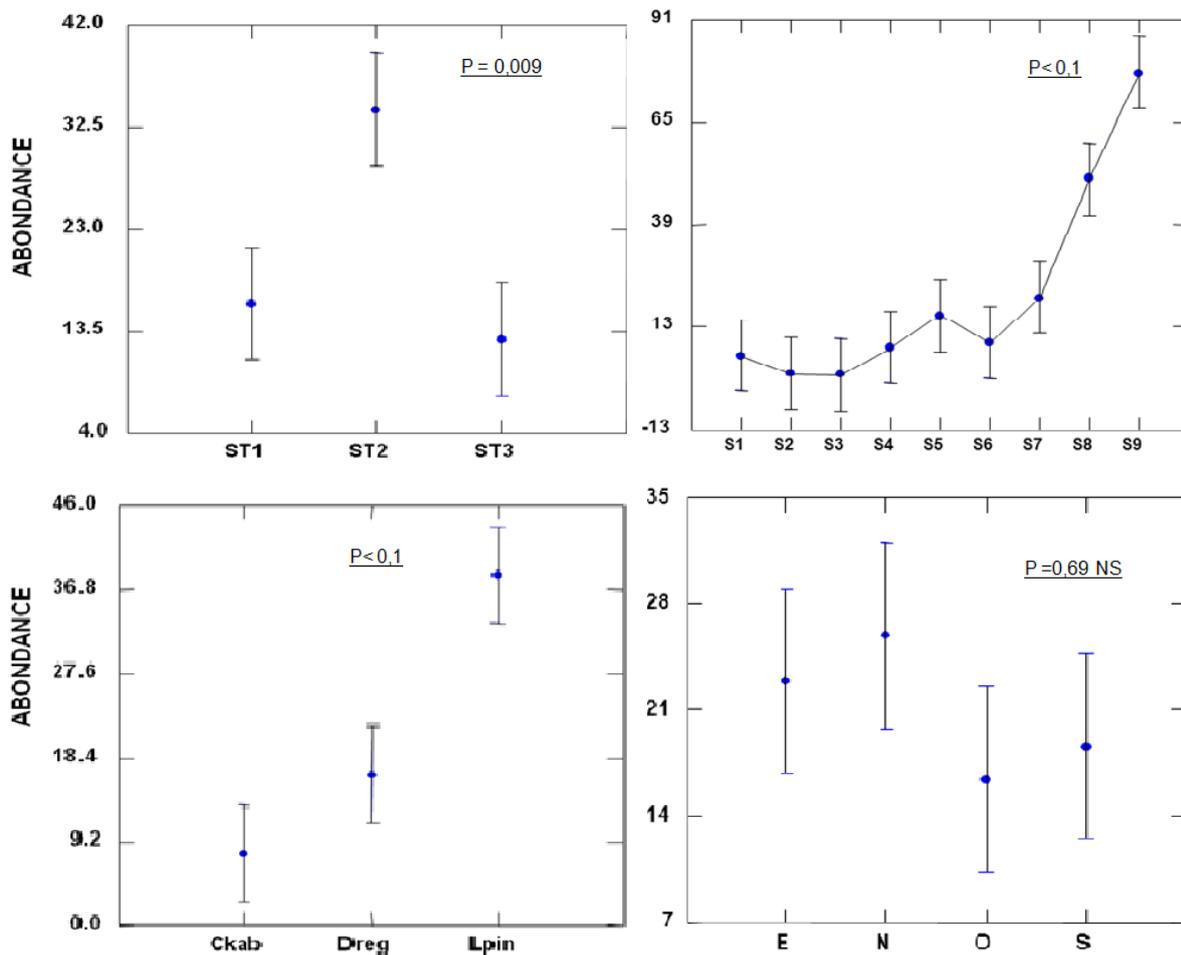


Figure 5.11. Résultats de l'analyse du modèle linéaire global relative à l'effet des facteurs station, période d'échantillonnage, espèce de cochenille et orientation sur les abondances des cochenilles (ST1 : station 'Guerouaou', ST2 : station 'Kef Sahchine', ST3 : station 'Pépinière' Ckab: *C. kabyliensis*, Dreg: *D. regneri*, Lpin: *L. pini*,) (S1 : 17 juillet, S2 : 14 août, S3 : 12 septembre, S4 : 18 novembre, S5 : 5 février, S6 : 16 février, S7 : 27 mars, S8 : 10 avril, S9 : 18 avril).

Les différences d'abondance des cochenilles par rapport aux stations sont significatives ($F_r = 4,75$; $p = 0,009$). On observe que l'abondance des cochenilles est plus importante dans la station 'Kef Sahchine' (station 2) en comparaison avec les autres stations 'Guerouaou' (station 1) et 'Pépinière' (station 3). De plus, il apparaît que *L. pini* présente l'abondance la plus élevée par rapport aux deux espèces *D. regneri* et *C. kabyliensis* successivement par degré d'importance ($F_r = 8,79$; $P < 0,1$). Les résultats de nos échantillonnages mettent en évidence un nombre de cochenilles global diminuant respectivement selon les orientations nord, est, sud puis ouest (Fig. 5.11). Il ya plus de populations de cochenilles sur les aiguilles des

rameaux d'orientation nord et est par rapport à celles exposées au sud et à l'ouest. Néanmoins, l'orientation cardinale n'a pas d'effet sur les différences d'abondance des trois espèces sur les aiguilles ($Fr = 0,48$; $p = 0.691$).

L'analyse de variance en prenant en compte les interactions entre facteurs met en évidence une interaction très hautement significative ($P < 0,1$) entre la saison de prélèvement, les stations à cédraies étudiées et les espèces de cochenilles. Les différences d'abondance spécifique des cochenilles en relation avec les stations investiguées ne sont pas significatives ($p = 0.717$), en comparaison avec celles des abondances de chaque espèce en relation avec la période d'échantillonnage ($p = 0.000$), (fig. 5. 12).

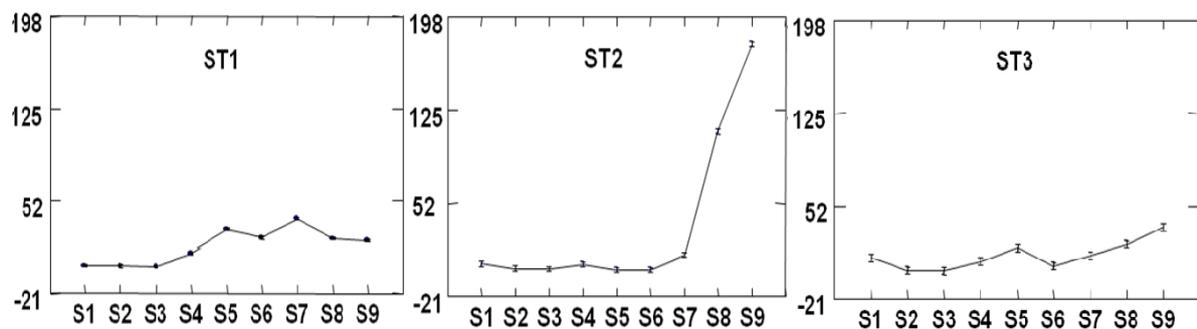


Figure. 5.12. Evolution temporelle globale des abondances des cochenilles dans les trois stations étudiées. (S1 : 17 juillet, S2 : 14 août, S3 : 12 septembre, S4 : 18 novembre, S5 : 5 février, S6 : 16 février, S7 : 27 mars, S8 : 10 avril, S9 : 18 avril, ST1 : station 'Guerouaou', ST2 : station 'Kef Sahchine', ST3 : station 'Pépière') ($Fr = 8,80$, $p < 0,1$)

Nous observons une stabilité de l'abondance des cochenilles en fonction du temps durant les 9 sorties d'échantillonnage au niveau de la station 'Pépière' (ST3). L'évolution des cochenilles dans la station 'Guerouaou' (ST1) est constante pendant le mois de juillet jusqu'au mois d'Octobre puis augmente à partir de la mi-septembre pour atteindre un maximum à la fin de mars. Tandis que dans la station 'Kef Sahchine' (ST2), nous remarquons que l'abondance des cochenilles est presque constante entre la mi juillet 2012 et la mi février 2013 puis elle augmente progressivement jusqu'à la fin de notre échantillonnage au 18 avril 2013, (fig.5.12).

5.3.2.2. Analyse comparée des abondances spécifiques en fonction du temps

On peut globalement expliquer les variations temporelles des trois espèces de cochenilles au niveau des trois cantons (pépinière, Guerouaou et Kef Sahchine). L'évolution de la cochenille *Leucaspis pini* se caractérise par deux pics, le premier au début février et le second à la mi-avril. L'espèce *L.pini* semble avoir deux générations par an. Chez la cochenille *Dynaspidiotus regneri*, on observe un pic d'abondance à la fin d'octobre puis une augmentation progressive dès le mois avril. *D.regneri* présente une seule génération par an. Concernant *Chionaspis kabyliensis*, nous remarquons une évolution presque stable des abondances durant toute l'année : comme pour l'espèce précédente, cette cochenille semble avoir une seule génération par an (fig. 5.13).

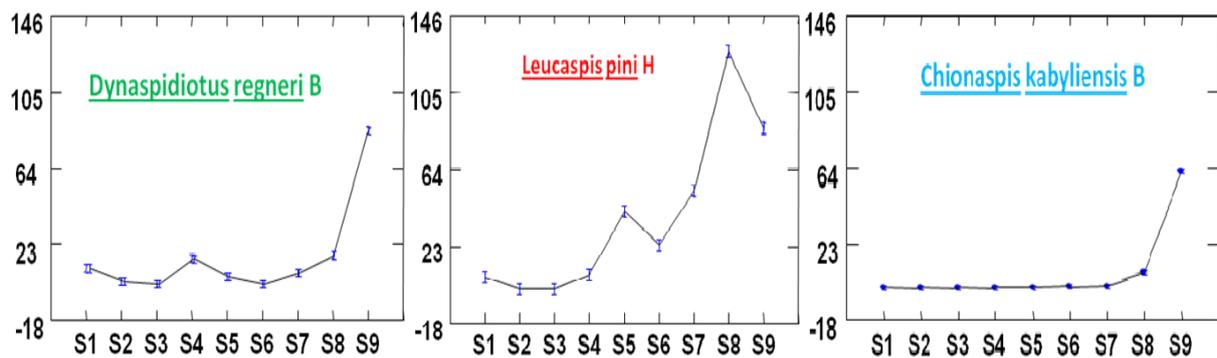


Figure. 5.13. Evolution temporelle globale des espèces de cochenille rencontrées (S1 : 17 juillet, S2 : 14 août, S3 : 12 septembre, S4 : 18 novembre, S5 : 5 février, S6 : 16 février, S7 : 27 mars, S8 : 10 avril, S9 : 18 avril, ST1 : station 'Guerouaou', ST2 : station 'Kef Sahchine', ST3 : station 'Pépinière') (Fr= 3,68, $p < 0,1$)

Nous observons que l'abondance de *Leucaspis pini* est très importante dans les trois stations par rapport à celle des autres espèces (fig. 5.14). Durant la période d'étude, les résultats de nos échantillonnages mettent en évidence un plus grand nombre d'individus de chaque espèce respective dans la station 'Kef Sahchine' plus particulièrement.

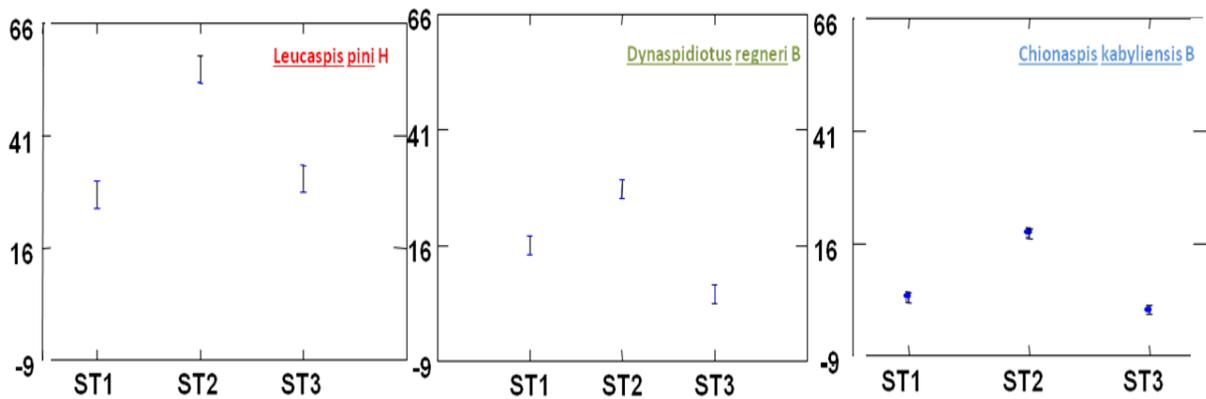


Figure 5.14. Différences d'abondance des trois espèces cochenilles dans chaque station (ST1 : station 'Guerouaou', ST2 : station 'Kef Sahchine', ST3 : station 'Pépinière').
(Fr= 0,52, p=0,71, ns)

5.3.2.3. Evolution temporelle comparée des trois espèces de cochenilles dans chaque station

Nous avons considéré l'évolution temporelle des trois espèces de cochenilles dans une station donnée. Les différences d'abondance spécifique des cochenilles sont très hautement significatives (Fr=4,29, $p < 0,1$). Au niveau de la station 'Guerouaou', l'évolution de la cochenille *Dynaspidiotus regneri* se caractérise par deux pics d'abondance l'un à la mi-octobre, l'autre au début d'avril. L'espèce *Leucaspis pini* semble plus précoce ; elle est observée à des effectifs élevés au début février et atteint son maximum à la fin du mois de mars. Par contre, l'espèce *Chionaspis kabyliensis* ne présente qu'un seul pic d'abondance au début du mois d'avril. Nous pouvons émettre l'hypothèse que les deux espèces *D. regneri* et *L. pini* sont bivoltines à l'inverse de *Chionaspis kabyliensis* qui n'a qu'une seule génération annuelle, au niveau de la station 'Guerouaou'. (fig. 5.15).

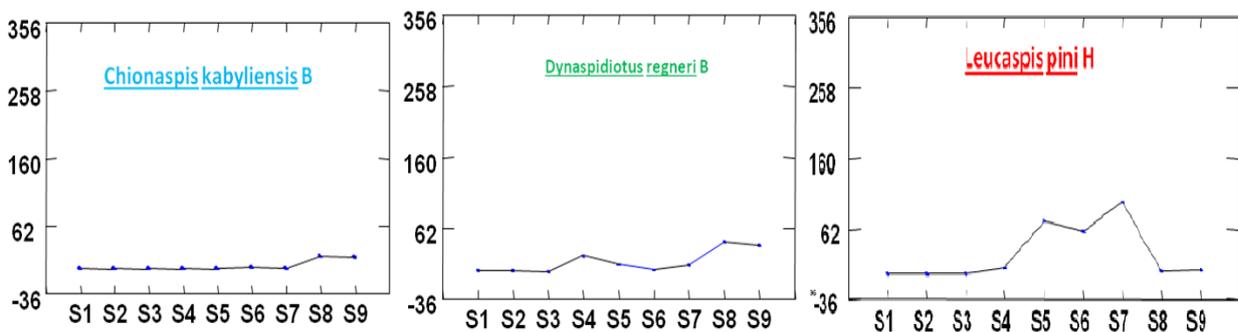


Figure 5.15. Evolution temporelle des cochenilles dans le canton Guerouaou (S1 : 17 juillet, S2 : 14 août, S3 : 12 septembre, S4 : 18 novembre, S5 : 5 février, S6 : 16 février, S7 : 27 mars, S8 : 10 avril, S9 : 18 avril).

Au niveau de la station 'Kef Sahchine', on peut remarquer que les effectifs des trois espèces se maintiennent à un niveau stable durant toute la période d'échantillonnage sauf durant le mois d'avril où il se produit une nette augmentation (fig. 5.16).

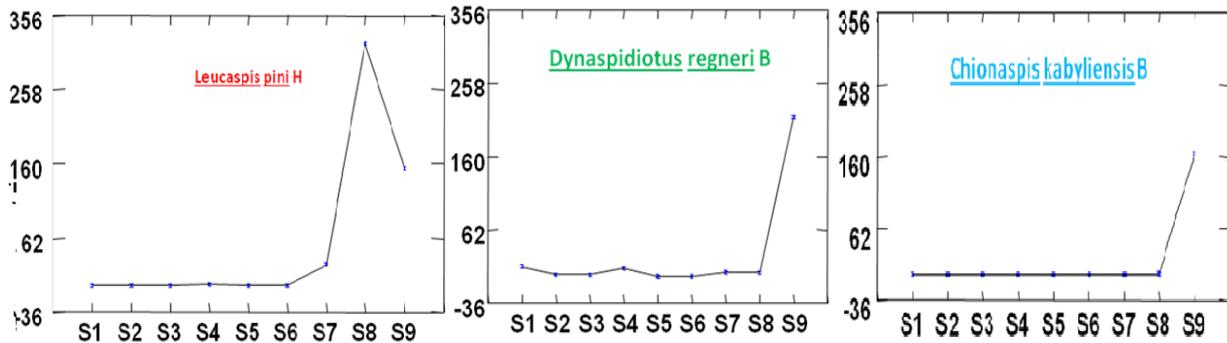


Figure. 5.16. Evolution temporelle des cochenilles dans le canton Kef Sahchine

(S1 : 17 juillet, S2 : 14 août, S3 : 12 septembre, S4 : 18 novembre, S5 : 5 février, S6 : 16 février, S7 : 27 mars, S8 : 10 avril, S9 : 18 avril).

Dans la station pépinière considérée comme une station témoin en raison de son très faible taux de dépérissement, nous constatons que l'évolution des cochenilles *Dynaspidiotus regneri* et *Chionaspis kabyliensis* est constante toute l'année ayant pour cause probable des conditions défavorables pour leur développement. Ces deux espèces semblent présenter une seule génération annuelle dans cette station. Tandis que *Leucaspis pini* présente deux pics d'abondance (Fig.5.17) en relation vraisemblablement à une meilleure adaptation aux conditions climatiques et biotiques.

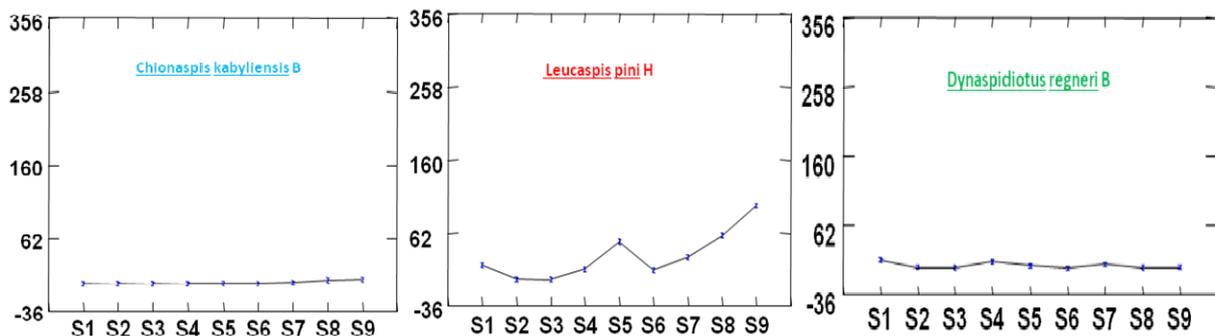


Figure. 5.17. Evolution temporelle des cochenilles dans le canton Pépinière

(S1 : 17 juillet, S2 : 14 août, S3 : 12 septembre, S4 : 18 novembre, S5 : 5 février, S6 : 16 février, S7 : 27 mars, S8 : 10 avril, S9 : 18 avril).

5.3.2.4. Variation des taux d'infestation selon les cantons et l'orientation cardinale

Nos résultats montrent que le taux d'attaque de *Leucaspis pini* est le plus important dans la zone étudiée, avec respectivement 58 % dans la station 'Guerouaou' ; 54 % au niveau de la station 'Kef sahchine' et 82 % concernant la station 'Pépinrière'. Le taux d'attaque de *Dynaspidiotus regneri* B est de 33% Guerouaou ; 28 % Kef sahchine ; 14 % Pépinrière, le plus faible taux d'attaque de la cochenille *Chionaspis kabyliensis* B 9 % Guerouaou; 18%Kef sahchine ; 4 % Pépinrière. Il y a une formation de deux groupes de station (Guerouaou et Pépinrière, Kef sahchine), (Fig.5.18).

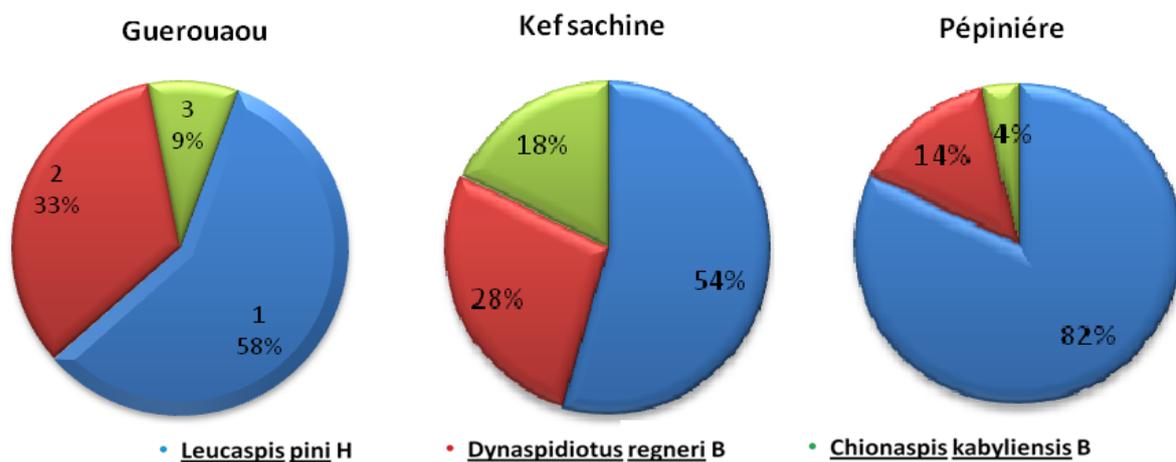


Figure 5.18. Variation des taux d'infestation des trois espèces de cochenilles dans les stations prospectées.

En comparant le nombre de bouquets disponibles dans les cédraies des stations d'étude (Fig.5.19), il ressort que la station pépinrière comprend le nombre le plus élevé, car cette station n'est pas atteinte par contre le nombre de bouquets est faible dans les autres stations (Guerouaou, Kef Sahchine), sachant que ces dernières présentent un taux de dépérissement plus important. Concernant l'abondance des cochenilles par rapport aux stations est significatif ($p=0.054$). L'abondance des cochenilles selon l'orientation est non significatif avec ($p=0.959$ (fig. 5.19).

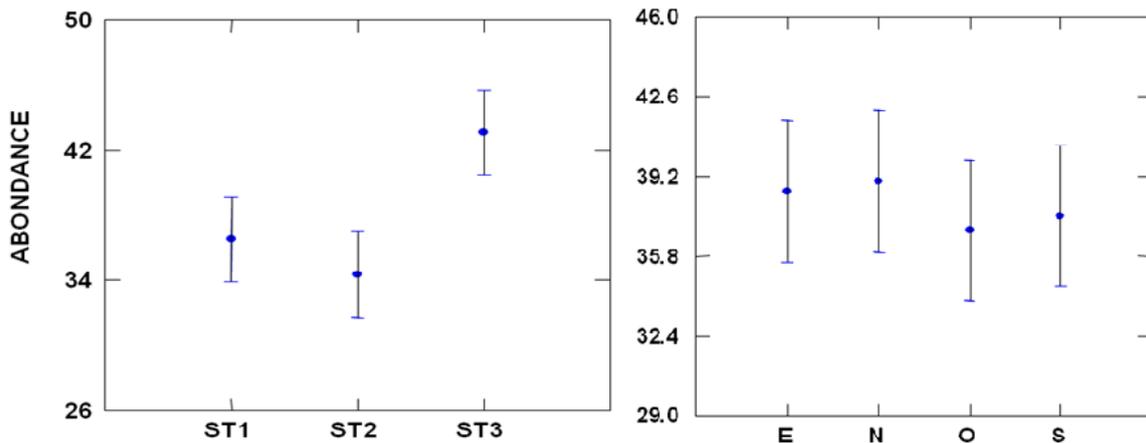


Figure. 5.19. L'abondance des bouquets en fonction de l'orientation dans les trois stations.

Le nombre des bouquets par rapport à l'orientation n'est pas significatif, on observe la formation de deux groupes (Est Nord et Ouest Sud), l'orientation n'influe pas sur l'abondance des bouquets (fig. 5.19).

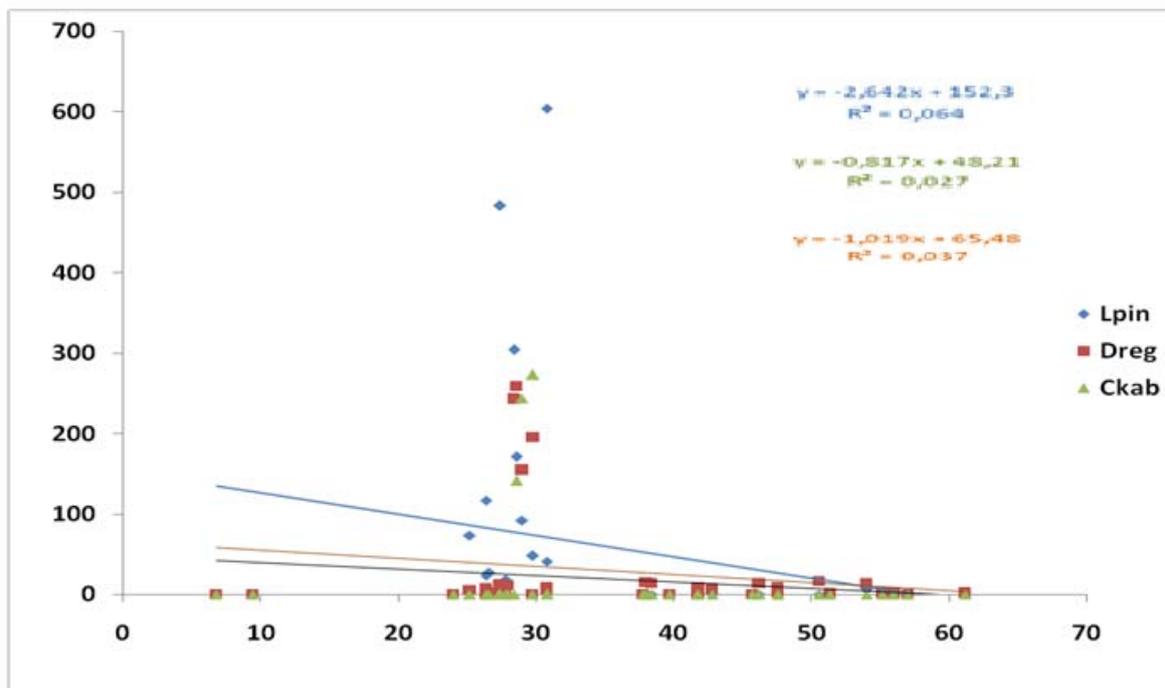


Figure. 5.20. Corrélations entre le nombre de bouquets et l'abondance des trois espèces de cochenilles.

Nous remarquons que l'augmentation du nombre de bouquet n'influe pas sur l'abondance des cochenilles ce qui explique l'absence de corrélations (fig. 5.20), l'abondance des cochenilles est en effet inversement proportionnelle à la croissance des bouquets.

5.3.3. Composition des peuplements entomologiques xylophages associés au cèdre de l'Atlas

5.3.3.1. Chorologie de la coléopterofaune globale des xylophages

Les différents pièges utilisés pour la récolte de l'entomofaune xylophage nous ont permis de récolter au total

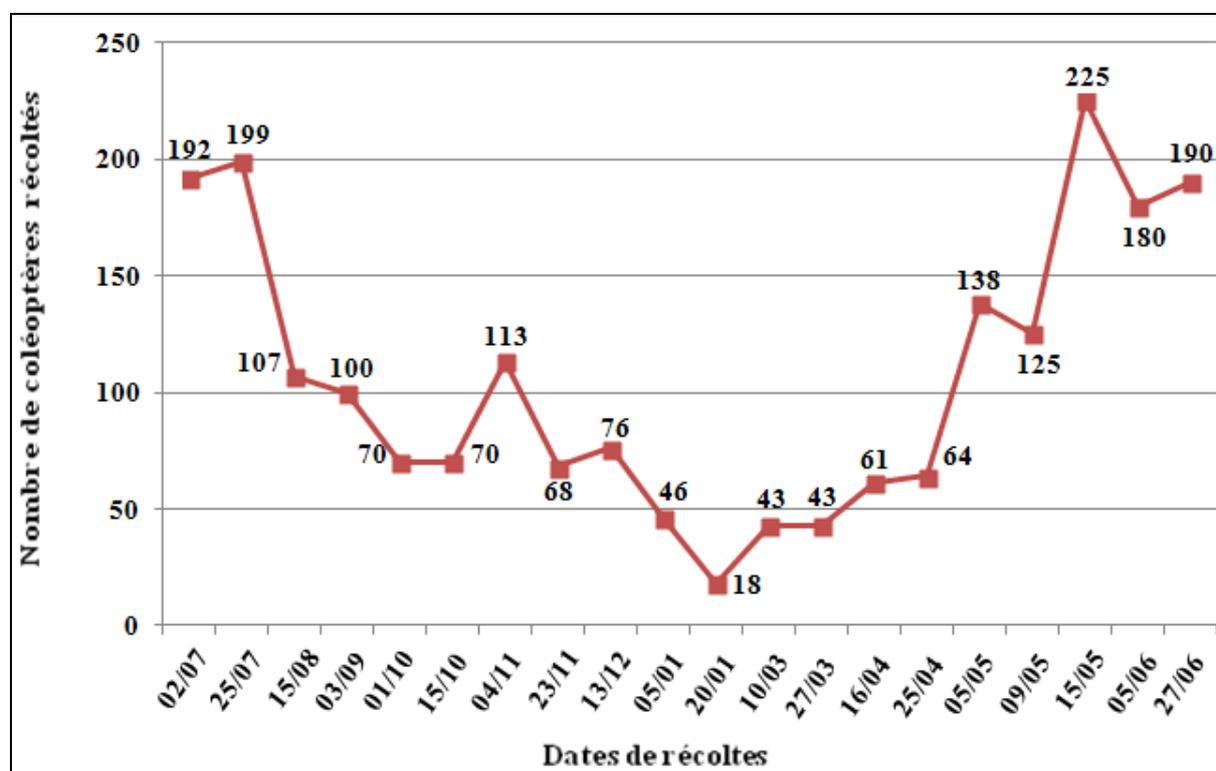


Figure. 5.21. Variation temporelle de la coléopterofaune récoltée dans les stations prospectées en 2015/2016.

2128 coléoptères ont été récoltés dans les trois stations d'étude L'abondance temporelle de la coléopterofaune se caractérise par trois périodes variables en effectifs : de février à mai puis de mai à août et enfin d'août à décembre (Fig. 5.21). L'effectif des coléoptères est faible en janvier et Février soit 46 et 18 spécimens respectivement. Ce nombre augmente pour atteindre un maximum de 225 individus en Mai. L'abondance numérique des coléoptères reste importante avec environ 190

récoltés jusqu'à la fin de Juillet, puis elle se stabilise autour de 100 individus entre Aout et Septembre. Les effectifs diminuent durant tout le mois d'octobre excepté en novembre où nous avons observé une légère augmentation, puis une chute des effectifs jusqu'à leur stabilisation stabilise autour de 70 individus en Décembre.

5.3.3.2. Composition des groupes trophiques de la coléoptérofaune récoltée

L'entomofaune récoltée regroupe une liste de 43 espèces réparties entre 17 familles systématiques. Parmi ces insectes, nous distinguons plus particulièrement 14 espèces de xylophages représentant 30,50 % de l'ensemble des insectes capturés.

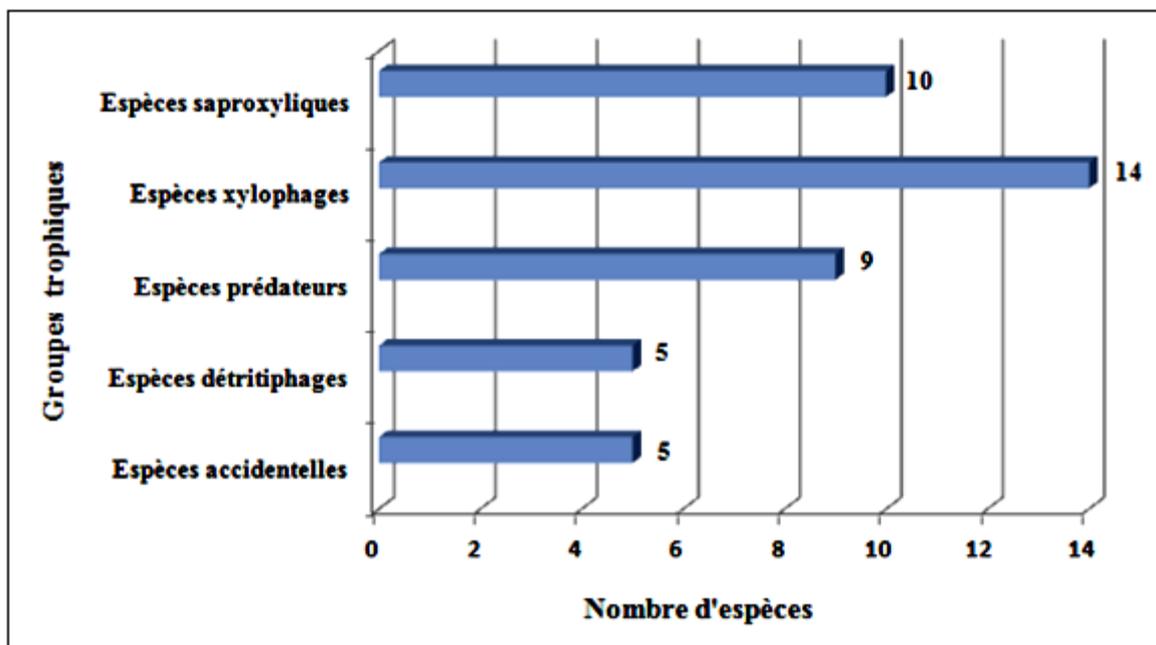


Figure 5.22. Groupes trophiques des coléoptères récoltés des trois stations d'étude.

Cette entomofaune composée de bio-indicateurs de la présence du bois mort et décomposé (saproxyliques) avec un taux plus important de 27,78% soit 10 espèces, est représenté par trois familles (Tenebrionidae, Elateridae et Cetoniidae), On retrouve également des ennemis naturels (prédateurs) avec un taux de 25 % soit 09 espèces du total, réparties en quatre familles (Staphylinidae, Carabidae, Coccinillidae et Histeridae). Les espèces accidentelles du cèdre sont présentes avec un taux de 8,33% soit 03 espèces (Apionidae et Meloidae). Celles au régime trophique détritiphage comprennent 05 espèces soit 13,89% (Scarabidae et

Dermestidae). Il convient de signaler que la majorité des coléoptères capturés sont déterminés jusqu'à l'espèce.

Dans notre inventaire de l'entomofaune du *Cedrus atlantica* au niveau des trois stations d'étude, seuls les coléoptères xylophages ont été pris en considération. Il s'agit d'espèces qui se nourrissent en consommant le bois ou en suçant la sève de l'arbre et provoquent sur cèdre des dégâts dont l'importance dépend de l'état sanitaire de l'arbre. Les insectes xylophages collectés par les cinq méthodes d'échantillonnage appartiennent principalement aux familles des Scolytidae, Curculionidae, Buprestidae et Cerambycidae (fig. 5.23).

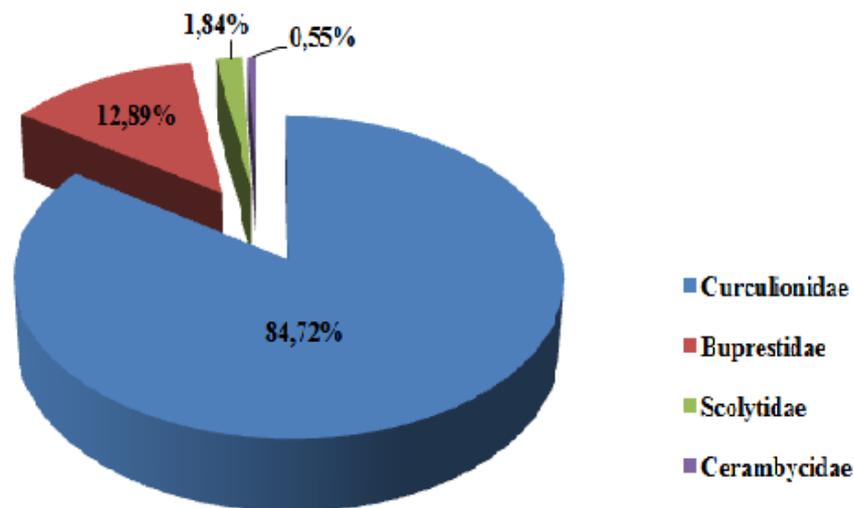


Figure. 5.23. Abondance quantitative globale des coléoptères xylophages du cèdre de l'atlas répartis en familles.

Les Curculionidae dominent avec 460 individus soit 84,72%, suivis par les Buprestidae répartis en deux espèces avec 70 individus soit 12,89%, les Scolytidae sont représentés par une seule espèce avec 10 individus et 1,84%, tandis que les Cerambycidae ne sont représentés que par une seule espèce avec un nombre très réduit soit 03 individus et 0,55% du total.

Les Scolytes dans notre inventaire sont représentés par l'espèce *Scolytidae* sp (non déterminée) émergée essentiellement d'écorces d'arbres en voie de dépérissement dans les stations 'Pépinière' et 'Pré Benchohra'. (Fig. 5.24).

Les charançons représentés par 5 espèces *Brachycerus Algirus*, *Anisorhynchus barbatus*, *Sitona* sp, *Brachyderes pubescens* et *Balaninus glandium*

ont été récupérés abondamment par la technique d'écorçage d'arbres en voie de dépérissement et dépéris au niveau des trois stations, (Fig. 5.24).

Le Cerambycidae *Purpuricenus Desfontainii*, a été obtenu par les pièges d'interception aérienne et la technique de battage en nombre très réduit soit 03 individus (Fig.5.24). Quant aux Buprestidae (*Buprestes sp*), ils ont été récoltés à travers les pièges d'interception aérienne, la cage d'émergence et l'écorçage dans les trois stations, tandis que l'espèce *Buprestis aurulenta*, a été récoltée par le piège d'interception aérienne dans la station 'Pré Benchohra'.

Le charançon *Brachyderes pubescens* se développe sur des essences différentes mais il fait partie de la faune entomologique habituel du cèdre. Cette espèce a été prélevée par les pièges fosses, la cage d'émergence et la méthode d'écorçage dans les trois stations. Les espèces de Curculionidae ont été rencontrés selon différentes capture: *Sitona sp* par toutes les méthodes d'échantillonnage dans les trois stations, *Brachycerus Algirus* par piège fosse dans les stations 'Pépinière' et « Rond-point », et par écorçage dans la station « Pré Benchohra », *Anisorhynchus barbatus* par piège fosse et écorçage dans la station Pépinière et Pré Benchohra, et par écorçage dans la station rond-point. Enfin, *Balaninus glandium* récoltée dans la station Pré Benchohra par les différentes méthodes d'échantillonnages. Chez les Cerambycidae, l'espèce *Purpuricenus Desfontainii* a été capturée à travers les pièges d'interception aérienne, dans la station 'Pré Benchohra'.

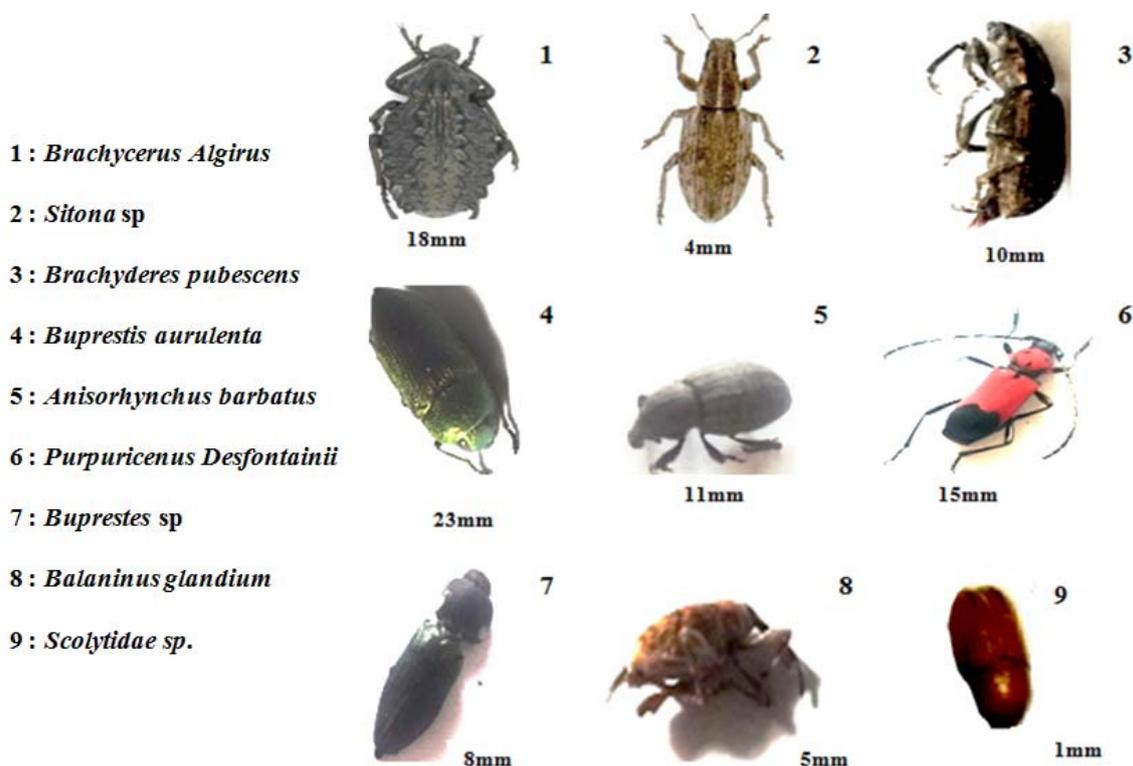


Figure. 5.24. Principales espèces xylophages récoltées de la cédraie Theniet El Had.

5.3.3.3. Les prédateurs associés aux xylophages du cèdre de l'Atlas

Les espèces prédateurs des xylophages, sont représentées essentiellement par les Staphylinidae, Carabidae et les Histeridae obtenues par les pièges fosses, et également les Coccinellidae qui sont capturés par les pièges d'interception aérienne et le Battage, (Tab. 5.7 et Fig.5. 25).

Tableau 5.7. Principaux prédateurs coléoptères des xylophages du cèdre de l'Atlas et leurs hôtes

Prédateurs	Hôtes xylophages
<i>Carabus famini</i> (Carabidae)	Parmi les ennemis naturels du Buprestide, <i>Buprestes</i> sp, il l'accompagne presque toujours [241].
<i>Metadromius myrmidon</i> , <i>Harpalus</i> sp, <i>Amara</i> sp, <i>Parallelomorphus laevigatus</i> (Carabidae)	Espèces vivant sous l'écorce des arbres morts, prédateurs des <i>Scolytidae</i> [242].
<i>Ocyopus olens</i> , <i>Quedius xanthopus</i> (Staphylinidae)	Larves de xylophages ou larves d'Hyménoptères [239].
<i>Coccinella algerica</i> (Coccinellidae)	Prédateurs surtout sur cèdre [239].
<i>Hister</i> sp (Histeridae)	

1 : *Carabus famini*

2 : *Metadromius myrmidon*

3 : *Ocypus olens*

4 : *Quedius Xanthopus*

5 : *Amara* sp

6 : *Harpalus* sp

7 : *Coccinella algerica*

8 : *Hister* sp

9 : *Parallelomorphus laevigatus*

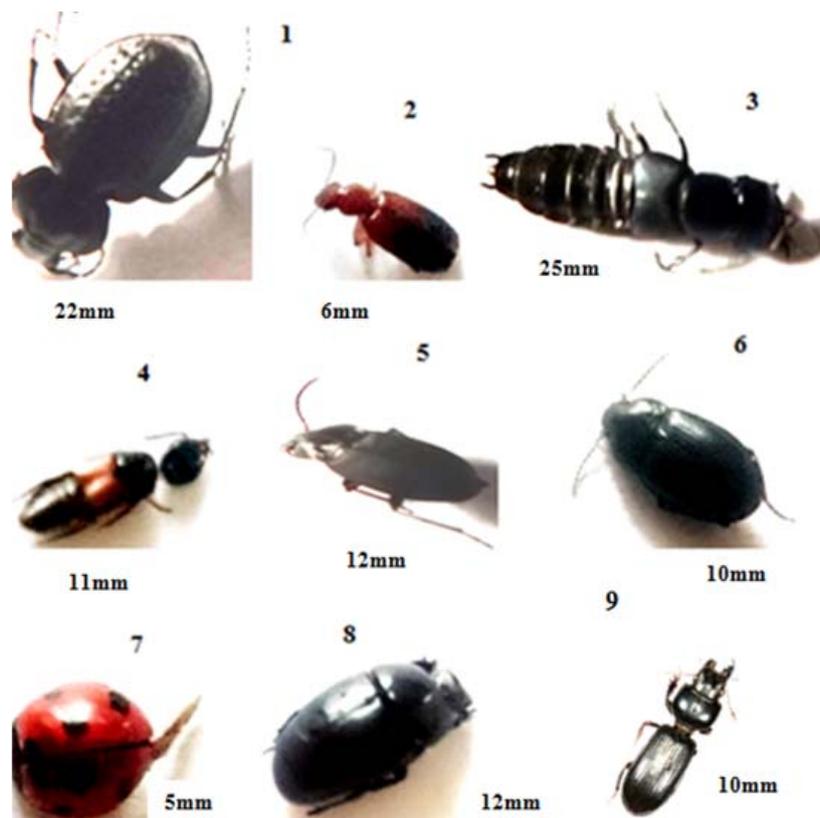


Figure. 5.26. Principaux prédateurs coléoptères des xylophages du cèdre de l'Atlas.

5.3.3.4. Répartition biogéographique des xylophages du cèdre de l'Atlas

Pour chaque espèce xylophage, excepté *Scolytidae* sp, *Buprestes* sp et *Sitona* sp, il est établi sa répartition géographique, selon la classification proposée par Winkler (1924-1932) [243] in [244], les espèces xylophages sont séparées en :

- Paléarctiques, réparties en Europe, Asie septentrionale et Afrique du Nord.
- Atlanto-méditerranéennes, réparties surtout dans les territoires de Méditerranée occidentale mais pouvant s'étendre vers l'Europe et l'Asie mineure.

Les espèces très répandues dont l'aire de répartition appartient à plus de trois régions biogéographiques sont d'après Serrano et al, (2003) [245], considérées comme des espèces cosmopolites. Ces espèces sont souvent migratrices ou introduites par l'homme. Les résultats sont représentés dans le (tab.5.8, figure. 5.26).

Tableau 5.8. Répartition biogéographiques des espèces xylophages rencontrées sur *Cedrus atlantica* PALE : espèce paléarctique, AMED : Atlanto-méditerranéenne, COSM : cosmopolite.

Espèces	Répartition biogéographique
Scolytidae	
<i>Scolytidae</i> sp	
Curculionidae	
<i>Brachycerus algirus</i> , <i>Anisorhynchus barbatus</i>	PALE : Nord de l'Afrique, Europe et moyen Orient (Marsham, 1802).
<i>Sitona</i> sp	
<i>Brachyderes pubescens</i>	AMED : Méditerranée occidentale ; Maroc, région septentrionale et centrale (Villemant et Fraval, 2002 ; Bigot, 1978).
<i>Balaninus glandium</i>	PALE : Nord de l'Afrique, Europe et moyen Orient (Marsham, 1802)
Buprestidae	
<i>Buprestes</i> sp	
<i>Buprestis aurulenta</i>	COSM : espèces réparties dans la plupart des écozones du monde, sauf parties de l'Afrique et de l'Antarctique (Linnaeus, 1758).
Cerambycidae	
<i>Purpuricenus Desfontainii</i>	PALE : espèces réparties dans la plupart des écozones du monde, sauf parties de l'Afrique et de l'Antarctique (Fairmaire, 1888)

La majorité des espèces xylophages recensées sont des espèces paléarctiques, soit 66,66%, le reste est partagé en égalité entre les espèces cosmopolite et atlanto-méditerranéenne, avec 16,67% pour chacune.

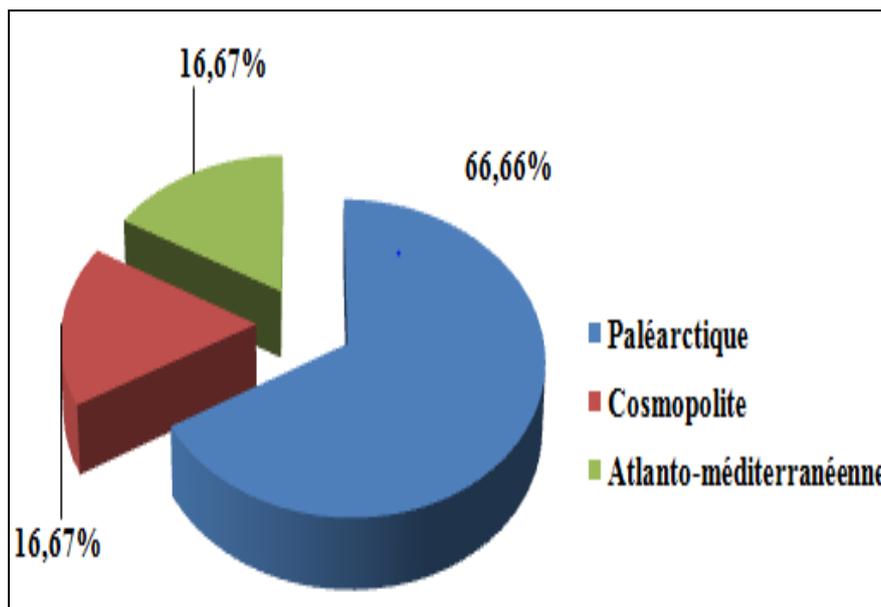


Figure 5.26. Spectre biogéographique des insectes xylophages prélevés sur *Cedrus atlantica* durant la période d'étude.

5.3.3.5. Structure et distribution spatiale du peuplement des xylophages

Nous nous sommes principalement intéressés à la distribution de l'abondance des espèces de chaque station d'étude.

5.3.3.5.1. Station 'Pépinière'

Dans la station pépinière 157 individus de coléoptères xylophages ont été récoltés (tab. 5.9 ; Fig. 5.27).

Tableau 5.9. Abondance relative des coléoptères xylophages obtenus par les différentes méthodes d'échantillonnages dans la station « Pépinière ».

	PIA N (%)	PF N (%)	CE N (%)	ECR N (%)	BA N (%)
<i>Scolytidae</i> sp	-	-	7 (25)	-	-
Scolytidae	-	-	7 (25)	-	-
<i>Brachycerus Algius</i>	-	4 (14,29)	-	-	-
<i>Anisorhynchus barbatus</i>	-	10 (35,71)	-	3 (6,12)	-
<i>Sitona</i> sp	27 (93,10)	5 (17,86)	3 (10,71)	11 (22,45)	19 (82,61)
<i>Brachyderes pubescens</i>	-	9 (32,14)	17 (60,71)	28 (57,14)	-
Curculionidae	27 (93,10)	28 (100)	20 (71,43)	42 (85,71)	19 (82,61)
<i>Buprestes</i> sp	2 (6,90)	-	1 (3,57)	7 (14,29)	4 (17,39)
Buprestidae	2 (6,90)	-	1 (3,57)	7 (14,29)	4 (17,39)
Total (157 individus)	29 (100)	28 (100)	26 (100)	49 (100)	23 (100)

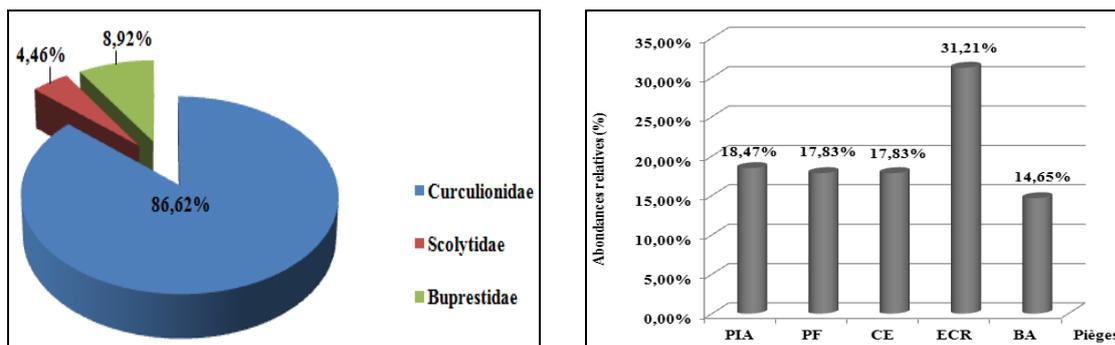


Figure. 5.27. Proportions des familles et variation des abondances relatives des coléoptères xylophages rencontrés dans la station 'pépinière'

Les Curculionidae sont les plus représentés (86,62%) devant les Scolytidae (*Scolytidae* sp) et les Buprestidae qui ne forment que 4,46% et 8,92% respectivement, tandis que la famille des Cerambycidae n'est pas présente. On peut constater par ailleurs une nette différence dans les captures par écorçage (31,21%) et les captures presque similaire par interception aérienne, par piège fosse, cage d'émergence et Battage) (fig. 5.27).

5.3.3.5.2. Station 'Pré Benchohra'

Dans la station Pré Benchohra 277 individus de coléoptères xylophages ont été récoltés par les cinq méthodes de piégeage (tab. 5.10 ; fig. 5.28).

Tableau 5.10. Abondance relative des coléoptères xylophages dans la station 'Pré Benchohra'.

	PIA N %	PF N %	CE N %	ECR N %	BA N %
<i>Scolytidae</i> sp	-	-	3 (7,69)	-	-
Scolytidae	-	-	3 (7,69)	-	-
<i>Brachycerus Algirus</i>	-	-	-	4 (3,03)	-
<i>Anisorhynchus barbatus</i>	-	19 (61,29)	-	36 (27,27)	-
<i>Sitona</i> sp	29 (53,70)	1 (2,23)	5 (12,82)	21 (15,91)	5 (23,81)
<i>Brachyderes pubescens</i>	-	11 (35,48)	29 (74,36)	46 (34,85)	-
<i>Balaninus glandium</i>	13 (24,07)	-	2 (5,13)	10 (7,58)	6 (28,57)
Curculionidae	42 (77,78)	31 (100)	36 (92,31)	117 (88,64)	11 (52,38)
<i>Buprestes</i> sp	8 (14,81)	-	-	15 (11,36)	8 (38,10)
<i>Buprestis aurulenta</i>	3 (5,56)	-	-	-	-
Buprestidae	11 (20,37)	-	-	15 (11,36)	8 (38,10)
<i>Purpuricenus Desfontainii</i>	1(1,85)	-	-	-	2 (9,52)
Cerambycidae	1 (1,85)	-	-	-	2 (9,52)
Total (277 individus)	54 (100)	31 (100)	39 (100)	132 (100)	21 (100)

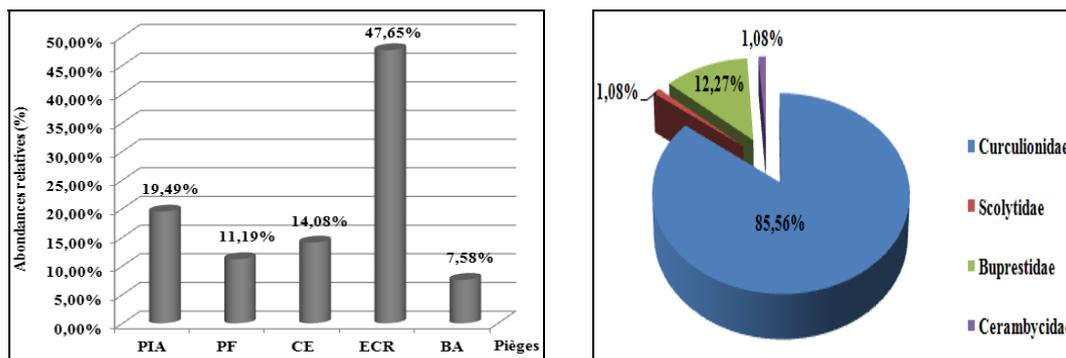


Figure. 5.28. Proportions des familles et variation des abondances relatives des coléoptères xylophages rencontrés dans la station 'Pré Benchohra',

L'effectif le plus élevé est représenté par les Curculionidae avec 85,56%. Les Buprestidae (*Buprestes* sp, *Buprestis aurulenta*) sont présents avec 12,27% tandis que les Cerambycidae et les Scolytidae sont moins représentés avec 1,08% seulement pour chacune des deux familles. La majorité des espèces xylophages (47,65%) sont récoltés par la méthode d'écorçage, contrairement à la méthode de battage où le pourcentage de captures est très réduit.

5.3.3.5.3. Station 'Rond point'

Les abondances des xylophages obtenues par les différents piégeages dans la station 'Rond point' sont indiquées dans le tableau 5.11 et la figure 5.29.

Tableau 5.11. Effectif des coléoptères xylophages obtenus par les différentes méthodes d'échantillonnages et leur abondance relative dans la station de Rond point.

Station Méthodes Espèces	Rond point									
	PIA		PF		CE		ECR		BA	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
<i>Brachycerus Algius</i>	00	00,00	07	43,75	00	00,00	00	00,00	00	00,00
<i>Anisorhynchus barbatus</i>	00	00,00	04	25,00	00	00,00	00	00,00	00	00,00
<i>Sitona</i> sp	31	77,50	00	00,00	02	20,00	03	8,57	06	75,00
<i>Brachyderes pubescens</i>	00	00,00	05	31,25	08	80,00	21	60,00	00	00,00
Curculionidae	31	77,50	16	100	10	100	24	68,57	06	75,00
<i>Buprestes</i> sp	09	22,50	00	00,00	00	00,00	11	31,43	02	25,00
buprestidae	09	22,50	00	00,00	00	00,00	11	31,43	02	25,00
Total	40	100	16	100	10	100	35	100	08	100
	109									

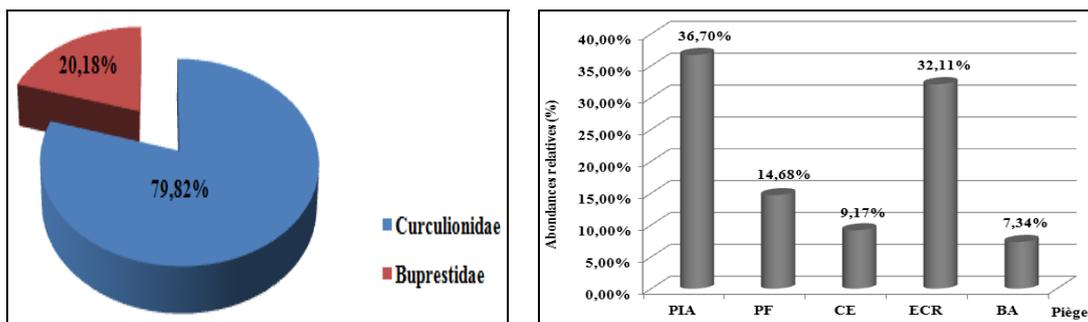


Figure. 5.29. Proportions des familles et variation des abondances relatives des coléoptères xylophages rencontrés dans la station 'Rond point', (PIA : piège d'interception arienne, PF : piège fosse, CE : cage d'émergence, ECR : écorçage, BA : battage)

Les coléoptères xylophages ne sont représentés que par les Curculionidae qui dominent avec 79,82% et les Buprestidae avec une abondance relative de 20,18%. Les Scolytidae et les Cerambycidae sont totalement absents. Dans la station Rond-point, les coléoptères xylophages sont abondamment récoltés par le piège d'interception aérienne avec 36,70%, et la méthode d'écorçage avec 32,11% du total, 14,68% par piège fosse, 9,17% par cage d'émergence et également 7,34% sont récoltés par technique de Battage.

En comparaison cette station avec les deux précédentes, le piège d'interception aérienne donne les meilleurs résultats, cette abondance est due soit au microclimat liée à cette station ou à l'absence de l'impact de l'homme à cause de l'éloignement.

5.3.3.6. Comparaison de l'abondance relative (%) globale des coléoptères xylophages au niveau des trois stations

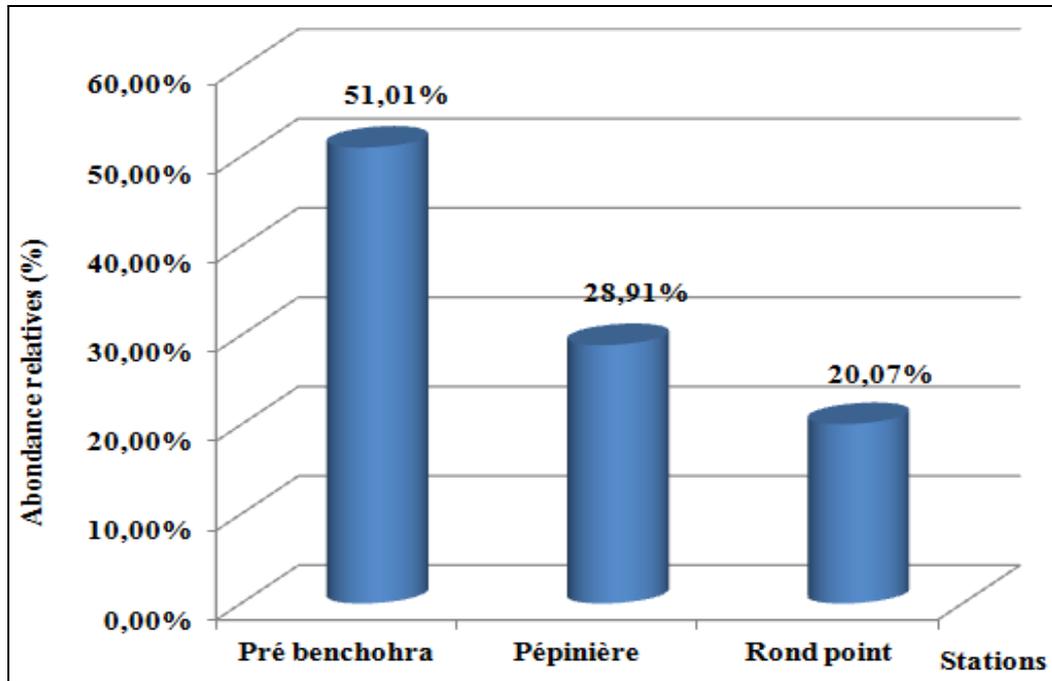


Figure. 5.30. Abondances relatives globales des coléoptères xylophages dans chaque station.

La majorité des espèces xylophages ont été récoltés dans la station Pré Benchohra avec 51,01%, puis la station pépinière 28,91% et Rond point avec 20,07%. Cette différence est liée à la l'importance des taches de dépérissement (fig.5.30)

Tableau 5.12. Comparaison des abondances relatives globales (%) des quatre principales familles

Famille	Station		
	Pépinière	Pré Benchohra	Rond-point
Curculionidae	86,62%	85,56%	79,82%
Buprestidae	8,92%	12,27%	20,18%
Scolytidae	4,46%	1,08%	0%
Cerambycidae	0%	1,08%	0%

Dans les trois stations (Pépinière, Pré Benchohra et Rond-point) l'abondance relative des Curculionidae est beaucoup plus élevée soit (86,62% ; 85,56% ; 79,82%) respectivement. Cette différence due à la forte présence de *Sitona* sp et *Brachyderes*

pubescens. Les Buprestidae : *Buprestes* sp et *Buprestis aurulenta* sont présents avec une abondance relative compris entre 8,92% et 20,18% pour les trois stations.

Les Scolytidae et les Cerambycidae sont faiblement représentés avec une abondance relative inférieure à 4,46% et également absents dans la station Rond-point.

5.3.2.2. Richesse en espèces xylophages

L'indice de similarité de Sorensen $Sc = 2c / (2c) + A+B$ est une mesure très simple de la biodiversité où C : est le nombre d'espèces communes aux deux sites d'étude comparés, A : le nombre d'espèces qui ne se trouvent que dans le site A, B : le nombre d'espèces propre au site B. Il varie de 0 quand il n'y a pas d'espèces communes entre les deux communautés, à la valeur 1 lorsque les mêmes espèces existent dans les deux communautés.

Tableau 5.13. Présence-absence des espèces xylophages selon les stations d'étude.

Espèce	Station		
	Pépinière	Pré Benchohra	Rond-point
<i>Scolytidae</i> sp	+	+	-
<i>Brachycerus Algirus</i>	+	+	+
<i>Anisorhynchus barbatus</i>	+	+	+
<i>Sitona</i> sp	+	+	+
<i>Brachyderes pubescens</i>	+	+	+
<i>Balaninus glandium</i>	-	+	-
<i>Buprestes</i> sp	+	+	+
<i>Buprestis aurulenta</i>	-	+	-
<i>Purpuricenus Desfontainii</i>	-	+	-

Tableau 5.14. Similarité en espèces xylophages entre les trois stations.

	Pépinière	Pré Benchohra
Rond-point	0,91	0,71
Pré Benchohra	0,80	

D'après les résultats obtenus, l'indice de similarité de Sorensen apparaît alors comme le reflet d'une grande homogénéité des peuplements. Les trois stations d'étude hébergent en commun 5 espèces (Tab.5.14), qui sont majoritairement représentées par les Curculionidae, *Brachycerus Algirus*, *Anisorhynchus barbatus*,

Sitona sp *Brachyderes pubescens* mais aussi *Buprestes* sp (Col, Buprestidae). De même, chaque station héberge une entomofaune propre, le peuplement du cèdre de 'Pré Benchohra' se distingue par la présence de *Balaninus glandium* (Col, Curculionidae), *Buprestis aurulenta* (Col, Buprestidae), *Purpuricenus Desfontainii* (Col, Cerambycidae) et *Scolytidae* sp qui est en commun avec la station Pépinière.

Le rapprochement des peuplements de xylophages entre les stations est le fait que ces milieux se retrouvent dans une même localisation bioclimatique et géographique.

Tableau 5.15 Variation de la richesse spécifique des xylophages selon les classes de dépérissement.

Espèces	Classes de dépérissement		
	Arbres sains	Arbres en voie de dépérissement	Arbres dépéris
<i>Scolytidae</i> sp		+	+
<i>Brachycerus Algirus</i>		+	
<i>Anisorhynchus barbatus</i>	+	+	
<i>Sitona</i> sp		+	+
<i>Brachyderes pubescens</i>		+	+
<i>Balaninus glandium</i>	+	+	+
<i>Buprestes</i> sp		+	+
<i>Buprestis aurulenta</i>	+	+	
<i>Purpuricenus Desfontainii</i>		+	
Total	3	9	5

La richesse spécifique est variable selon les classes sanitaires des arbres. Cette richesse est beaucoup plus élevée dans le bois en voie de dépérissement. Elles sont majoritairement représentées par *Scolytidae* sp, les Buprestidae : *Buprestes* sp et *Buprestis aurulenta* et les Curculionidae : *Sitona* sp, *Brachyderes pubescens*, *Balaninus glandium*, qui sont considérées comme étant les plus redoutables. Par contre, cette richesse devient plus faible dans les arbres sains, recevant que trois espèces qu'il s'agit de *Anisorhynchus barbatus*, *Buprestis aurulenta* et *Balaninus glandium*. La répartition d'effectif des individus serait probablement en liaison avec l'état sanitaire des arbres, perturbés par les facteurs abiotiques et les ravageurs primaires dans chaque station. Ceci montre que l'état sanitaire actuel en voie de dégradation de la cédraie a exposé les arbres à l'installation de ce cortège de xylophages secondaires qui entraîne souvent leur mort.

CHAPITRE 6

DISCUSSION GENERALE

6.1 DISCUSSION SUR L'EFFET DES FACTEURS BIOTIQUES ET ABIOTIQUES

Il est admis que le dépérissement des arbres forestiers résulte d'une détérioration générale et graduelle des différents types de tissus [246], [124], causée par l'interaction de stress biotiques et abiotiques et qui fait intervenir des facteurs prédisposant, des facteurs d'incitation et des facteurs contribuant à la mort des arbres [247].

Les investigations menées sur l'ensemble des trois cantons parcourus lors de notre période d'étude, au niveau du versant nord, ont fait ressortir un taux de dépérissement égal à 19.39% pour l'ensemble des six stations. Cependant le canton Guerouaou est le plus touché avec 11.23%, suivi par le canton Toursout avec un taux égal à 10,08% et le canton Pépinière avec un taux égal à 0.73%. Nos résultats sont relativement comparables à ceux obtenus dans la Cédraie du Parc National de Belezma où les taux de dépérissement sont de l'ordre de 67% d'arbre dépéris dans le versant nord et de l'ordre de 100% de dépérissement au niveau du versant sud [248]. La cédraie du Parc National de Chréa n'a pas fait l'objet de travaux ni d'estimations focalisés sur ce phénomène. Le dépérissement toucherait le canton sud avec des taux relativement moins importants d'après nos constatations personnelles. L'étude du dépérissement de la cédraie du Moyen-Atlas au Maroc, basée sur la densité des feuilles et le taux de mortalité des branches, a été réalisé dans huit placettes expérimentales distribuées entre sols basaltique et calcaire et expositions nord et sud a mis en évidence un indice de dépérissement, élevé dans la cédraie pure de 45 à 70 % selon les placettes. Il est d'autant plus élevé sur les sols basaltiques où la densité dépasse 700 arbres de cèdre et de chêne vert à l'hectare, que sur les sols calcaires où le cèdre domine avec une densité moyenne supérieure à 400 arbres à l'hectare [249].

Nos résultats sont comparables à d'autres données relatives au dépérissement chez d'autres essences forestières signalées au début des années soixante-dix. Des mortalités anormales dues à des dépérissements plus ou moins intenses commencèrent à être constatées sur le Sapin en Bavière en Allemagne, [250] suivies par un retour à un état de santé normal. Ainsi, 50 % des sapins

moururent entre 1972 et 1976, dans la région de Kronach ; et dans le même temps, les dégâts s'étendirent à l'Epicéa, au Pin sylvestre et au Hêtre ([250]).

D'autres paramètres tel que l'altitude influencent le dépérissement. Il est admis en effet que les très hautes altitudes ne sont pas favorables pour une meilleure croissance, car lors de l'abaissement des températures, les matières photosynthétiques ont tendance à être transformées en sucre et en amidon plutôt qu'en cellulose, ce qui limite la croissance en diamètre des arbres, [251]. Dans les basses altitudes, le cèdre bénéficie par contre de l'humidité pour la germination des graines [252]. La cédraie pure se manifeste essentiellement à plus de 1500 m d'altitude où l'évapotranspiration est moins intense. En haute altitude, il y'a une compensation d'apport d'eau par l'effet d'humidité, toute fois le cèdre se trouve dans de bonnes conditions de croissance.

Les résultats auxquels nous avons abouti d'après les analyses multivariées nous a permis de montrer, que l'altitude parait un facteur limitant de la propagation du dépérissement. En effet, l'on a enregistré une virulence du phénomène beaucoup plus aux basses qu'aux hautes altitudes. Les conditions d'humidité persistante sont plus favorables en altitude donc le dépérissement n'est pas à craindre dans ces cas.

Il est évident que dans les massifs montagneux, plus l'altitude est élevée et plus les peuplements dépérissants sont fréquents. Cette corrélation de l'altitude avec l'intensité du dépérissement est associée à plusieurs autres facteurs notamment la richesse du sol (les sols en altitudes sont plus pauvres que ceux de la vallée) ; la réserve en eau utile (les sols en altitudes ont une faible réserve en eau) ; les dépôts atmosphériques acides (plus l'altitude est élevée plus les dépôts sont importants) et le climat (en altitude le stress climatique subit par les arbres est très aigu ce qui accentue la faiblesse des arbres), [253].

A cela, peuvent s'ajouter l'influence directe et indirecte du microrelief et de la pente qui constituent les principales causes de dégradation et d'anéantissement de la pérennité et de la vitalité de la cédraie. Cette influence est liée à la répartition de l'alimentation du sol en eau de pluies selon que le terrain est soit concave, convexe ou intermédiaire. Si l'on relève que la réserve utile du sol n'est pas une variable discriminante à l'égard du dépérissement, d'importantes déformations racinaires peuvent cependant compromettre l'alimentation hydrique des jeunes arbres. C'est en terrain concave que la croissance est meilleure, comme l'ont observé [148], à Theniet El Had ; [74] à Chréa et [254] en France. Une position concave, favorise la

capacité de rétention d'eau du sol qui devient plus importante et concourt d'avantage à une meilleure croissance radiale des tiges de cèdre [148]. En revanche, pour un terrain Convexe, les pertes d'eau par ruissellement sont supérieures aux apports, alors qu'en terrain Intermédiaire, les apports latéraux d'eau sont nuls ou égaux aux pertes par drainage.

Les placettes de la zone d'étude se trouvent majoritairement en microrelief intermédiaire et convexe et présentent de ce fait des tâches de dépérissement considérables.

La croissance des arbres est étroitement liée aux conditions thermiques. Dans les régions à hautes altitudes (au-delà de 2 000 mètres), le froid est important et la neige persiste longtemps et retarde de ce fait le processus de croissance jusqu'au mois d'avril ou de mai. Au-delà de ces mois, les chances de survie des jeunes plantules sont faibles en raison du déficit hydrique. Des températures moyennes de 9 à 10°C, pendant une durée d'au moins 9 à 10 jours avec des températures minimales supérieures à -5°C et dans des conditions normales de pluviosité, assurent le développement de cèdre de l'Atlas.

Les stations exposées à l'ouest et au nord-ouest offrent des conditions favorables à la croissance du cèdre en raison de la présence de l'humidité qui limite ainsi l'évapotranspiration, ce qui facilite la croissance et permet aux jeunes plantules de dépasser le cap de l'été.

Dans les régions à basses altitudes (1 600 à 1 800 mètres), la situation est inverse. Le manteau neigeux ne persiste pas longtemps et la croissance des cèdres est plus précoce sur les versants sud et dans les endroits les plus ensoleillés. Cependant, les jeunes arbres ont du mal à franchir le cap de l'été en raison de la sécheresse. Seules les jeunes plantules, sous le couvert du chêne vert, peuvent résister.

La cédraie constitue surtout un lieu de parcours privilégié pendant la période estivale. D'une tradition ancestrale, les usagers de la cédraie pratiquent un élevage transhumant : en hiver, la plupart des éleveurs, chassés par la neige, conduisent leur troupeau en basse altitude. En été, l'ouverture de la cédraie au parcours de plusieurs milliers de têtes de cheptel occasionne un tassement du sol, compromettant ainsi les tâches de semis, phénomène contraignant qui limite le renouvellement de la cédraie. Le problème devient encore plus aigu en période de sécheresse et en hiver où l'écimage et l'ébranchage sont couramment pratiqués, facilitant ainsi les attaques

d'insectes et de champignons. Le cèdre s'affaiblit et trouve des difficultés à fructifier et à se maintenir.

Le surpâturage constitue la principale cause de dégradation [15]. Le passage excessif des troupeaux dans la cédraie confère à l'arrachement des touffes d'herbes, au rongement de l'écorce et des pousses accessibles des arbres adultes et endommage les taches de semis. Le sol ainsi piétiné et tassé, inhibe la régénération du cèdre [150]. Dans ce cas, Il importe de souligner que « *le pâturage qui ne serait être interdit pour des raisons économiques et sociales évidentes, est en fait sous certaines conditions, nécessaire au maintien de l'équilibre forestier naturel, mais il est bien difficile de faire accepter aux populations locales, l'idée même d'un contrôle et à plus forte raison celle de rotation ou de mises en défens périodiques* » [255]. Dans ce contexte, [256] montrent que le surpâturage constitue un facteur limitant dans la forêt de la Maamora au Maroc, en plus de la sécheresse chronique qui menace de fragiliser et d'enrayer cet écosystème fragile.

La pente est en outre l'un des facteurs permanents qui contribuent à l'affaiblissement général des arbres de cèdre, en raison de la faible réserve utile des sols, la carence en éléments minéraux, la concurrence hydrique imposée par des déformations des pivots racinaires, paramètres qui vont accroître les difficultés d'alimentation. La pente des placettes expérimentales sont de 24% en moyenne laquelle est favorable à l'érosion hydrique et l'appauvrissement du sol en éléments fins. L'absence d'une végétation arborescente accentue d'avantage ce processus d'érosion.

Nous avons montré que le dépérissement présente une forte corrélation avec la pente et le microrelief, comme c'est le cas où le microrelief est de type convexe ou intermédiaire et là où la pente est trop abrupte. En effet la forêt des cèdres se dégrade suite aux effets climatiques et l'érosion [257]. Le ruissellement devient dangereux quand le vertisol est gorgé d'eau et sa surface encroûtée par la battance des pluies. Malgré une augmentation progressive du couvert végétal en hiver, le ruissellement s'accumule sur les versants et provoque des rigoles évoluant rapidement en ravines dès que les pentes s'accumulent (versants convexes), [15].

Un autre facteur représenté par l'exposition semble avoir un effet sur le phénomène de dépérissement. Les résultats obtenus ont montré que les tiges exposées au nord ont tendance à être favorablement arrosées par rapport à celles exposées au sud. C'est ainsi que l'exposition permet de concrétiser la bonne

croissance des arbres suite à l'effet indirect qu'elle engendre ([258]). Les versants Nord et Nord- Est sont froids et les températures y sont favorables à la germination ce qui permet d'engendrer une croissance d'avantage meilleure, ([251]). Dans les versants Sud et Sud- Ouest, plus chauds, la germination est précoce, ([259]).

Dans notre cas, l'exposition paraît ne pas constituer le facteur le plus influent dans l'infestation, pour preuve, les placettes choisies toutes dans l'exposition nord, présentent un degré de dépérissement notablement variable, c'est ce qui conforte l'idée qu'il y a d'autres acteurs plus significatifs dans l'apparition du phénomène.

Dans d'autres circonstances, ce phénomène de dépérissement peut être joint à la densité des arbres qui a pour conséquence la concurrence d'une végétation accapareuse de lumière, d'humidité et d'éléments nutritifs du sol ([260]). Selon Nedjahi et al, (1993) [15], une gestion sylvicole fine s'impose et il faut pratiquer des éclaircies dans les peuplements à forte densité avec plus de 800 tiges par hectare afin de permettre un éclaircissement des semis et favoriser ainsi leur développement

Les placettes retenues de l'étude présentent généralement une densité relativement faible, n'excédant pas en moyenne 181 tiges/ha avec des taches de dépérissement très peu prononcées voire inexistantes par endroits, ce qui montre que la variable densité influe directement sur le degré d'infestation.

Derak, M' Hirit, Mouflih et Mohamed Et-Tobi, (2008) [261], notent que le dépérissement qui menace la cédraie d'Ain Kahla au Moyen Atlas Central au Maroc est moins lié à la densité. Il n'empêche que dans certaines placettes à densité élevée, les mortalités et dommages sont simultanément et fortement présents, ce qui laisse suggérer que les attaques phytosanitaires sont probablement plus mortelles en fortes densités. L'établissement d'une relation directe entre la densité et l'apparition des dommages nécessite toutefois un dispositif expérimental adéquat impliquant plus d'informations sur la santé du cèdre, l'historique des attaques, leur sens d'évolution dans l'espace, leur gravité, la distinction symptômes - agents causaux, les propriétés physico-chimiques du sol...etc.

Parmi les relations dépérissement- facteurs édaphiques, on note l'influence de la quantité de carbone organique emmagasinée dans les sols forestiers qui équivaut à environ 2.5 fois celle qui se trouve dans la biomasse aérienne des arbres (Morrison et al, 1993). La quantité de carbone organique constitue une information importante pour connaître la contribution de la forêt au bilan planétaire du carbone Elle permet d'interpréter certaines caractéristiques du sol comme sa fertilité sa

capacité de rétention en eau et sa couleur. Les sols les plus foncés sont les plus riches en carbone organique.

Le pH varie inversement à la teneur de carbone organique de l'horizon minéral. La nature de la litière influence à son tour le pH du sol et sa décomposition est généralement plus rapide dans des conditions de pH du sol faiblement acide à neutre. De plus, le climat peut influencer indirectement la relation pH- teneur en carbone organique du sol. D'après Nezar (1980), les sols riches en argile ou ceux présentant des horizons de surface riches en matières organiques et en éléments alcalinoterreux ralentissent le mécanisme de germination et les chances de survie seront fortement réduites

Une étude récente sur l'influence des propriétés hydrodynamiques du sol sur la sensibilité du cèdre au dépérissement dans le causse moyen-atlasique central marocain, a révélé que ce phénomène est corrélé à la teneur en argiles des sols ([262]). La présence des argiles en quantité importante, réduit non seulement les infiltrations et engendre le ruissellement, mais entrave aussi l'enracinement du cèdre dans les horizons profonds du sol et l'accès à la réserve d'eau du réservoir karstique, favorisant ainsi le phénomène de dépérissement.

Aoubouazza (2017)[262], démontre ainsi que le phénomène de dépérissement du cèdre n'est pas uniquement régi par la rétention en eau des sols, mais dépend du fonctionnement hydrodynamique du sol (régime d'écoulement) et du transfert de l'humidité à travers le sol, qui elle-même dépend de la texture et de la structure, de la porosité et de la perméabilité du sol.

Les cédraies denses sur sols calcaires-dolomitiques sont moins susceptibles au dépérissement du fait de la disponibilité de fortes réserves utiles en eau de ces sols. Contrairement, les cédraies installées sur les sols fersiallitiques, limoneux-argileux tassés, ou argileux marneux compacts sont souvent claires ou absentes par le fait que ces milieux peu profonds, donc de faible réserve utile, sont le siège de l'engorgement du sol, ce qui a pour conséquence un taux de dépérissement du cèdre plus élevé.

Nos résultats ont montré que le taux de matière organique dans les stations d'étude, est élevé en surface. En effet, un sol enrichi en matière organique est en faveur d'une meilleure croissance du végétal [263].

Les résultats du pH KCl indiquent que l'ensemble des stations est caractérisé par une légère acidité d'où un taux de dépérissement accentué car un pH KCl

supérieur à 7, comme dans les conditions de l'étude, influence négativement les autres facteurs. Cette tendance du pH s'explique par le fait que, la litière du cèdre de l'Atlas, naturellement acide, est équilibrée par un bon cortège floristique de feuillus. L'effet acidifiant dû à la nature de la roche mère n'est pas accentué car la litière des cédraies enrichit les sols sans les acidifier [264]. Le calcaire actif donne au sol des pH alcalins et rend ainsi insolubles de nombreux éléments indispensables aux plantes (phosphore et certains oligo-éléments) [265].

M. Vennetier, J. Ladier, F. Rey (2014) [266], montrent que les changements dans le fonctionnement du sol créés par le réchauffement climatique et les sécheresses, altèrent le fonctionnement biologique du sol. Les vers de terre par exemple, mais généralement l'ensemble de la faune fouisseuse du sol, ne peuvent travailler efficacement que dans un milieu humide. L'activité de ces invertébrés est essentielle pour la structuration du sol à toutes les échelles. Les macro-agrégats et des galeries centimétriques, créés par les vers de terre, assurent l'infiltration de l'eau et limitent le ruissellement et l'érosion. Quant aux pores de quelques microns liés à l'activité de la microfaune, ils sont essentiels pour la capacité de rétention en eau du sol. En effet, une période d'activité réduite dans le temps ou la disparition de certaines espèces peuvent donc fortement altérer la structuration du sol, et donc le rendre plus sensible à l'érosion [266].

Nos investigations ont porté essentiellement sur l'étude de la diversité microbiologique des sols des différentes stations explorées, par l'évaluation de l'importance des bactéries de ces sols, les actinomycètes ainsi que les champignons.

De tous les microorganismes du sol, les bactéries sont les microorganismes les plus nombreux et les plus petits : leur taille ne dépassant pas, en général, 0,5 à 01 Mm de diamètre et de 02 Mm de long. Les bactéries du sol présentent d'ailleurs une nette tendance au nanisme [230]. Elles prolifèrent dans les milieux peu acides et riches en azote, et sont surtout abondantes autour des racines de certaines plantes (Paceae, Fabaceae), au sein de la rhizosphère. La plupart d'entre elles sont hétérotrophes et saprophytes, elles décomposent les celluloses, les sucres qui constituent des sources d'énergie, et sont pour la plus grande part minéralisées sous forme de CO₂.

Les actinomycètes semblent jouer un grand rôle dans la transformation de certains composés organiques et minéraux du sol, mais ce rôle est encore mal connu. Ils seraient susceptibles de décomposer les composés aromatiques de la M.O.F (lignine, certains tanins), et d'élaborer certains acides humiques en favorisant les liaisons des chaînes peptidiques avec les noyaux aromatiques, en particulier quinoniques.

Quant aux champignons, leur rôle dans le sol est considérable et très varié. Il s'exerce surtout dans la phase de décomposition de la matière organique fraîche qui précède l'humification. La plupart des champignons sont aptes à décomposer les celluloses, certains sont susceptibles d'hydrolyser les composés de nature phénolique, plus résistants; la lignine et les tanins. D'autres sont associés aux racines des plantes supérieures (en particulier des arbres), en formant les mycorhizes, à vie symbiotique, qui facilitent la croissance et la nutrition des espèces contaminées.

L'absence des champignons d'après les résultats obtenus, provoquerait une perturbation de germes telle que les bactéries aérobies qui s'accroissent considérablement tandis que les nitrifiants s'amoindrissent.

Lieutier et Ghaioule (2002) [267], rapportent que dans la cédraie du Moyen Atlas au Maroc, les mortalités globales sont plus importantes sur sols basaltiques que sur sols calcaires. Ainsi des écoulements de résine ont été observés sur 51,5 % des cèdres. Les mêmes auteurs ajoutent que le champignon *Trametes pini* appelé communément le "Mjej" a affecté en 2006, 12 % des arbres préférentiellement des sujets de grande taille, moins élagués, avec plus de 39 % de feuillage. Les arbres présentant des écoulements de résine étaient très nombreux. [267] associent la présence de cette résine à la hauteur moyenne des cimes plutôt qu'à la densité des feuilles et la mortalité des branches.

Le cèdre est une espèce sempervirente, son feuillage témoigne par son abondance, son état sanitaire et ses couleurs, de la vitalité des tiges, de la vie de l'arbre voire de la meilleure production qualitative et quantitative en bois ligneux. L'examen de l'effet de stress hydrique sur des surfaces foliaires (longueur, nombre et teneur) s'explique par le fait que Dans ce contexte, Des études menées au moyen Atlas, le haut Atlas ainsi que le Rif marocains ont permis l'implication du stress hydrique dans le processus de dépérissement du cèdre et du chêne [247]. En effet, dans les régions à climat méditerranéen, les pluies sont concentrées en hiver alors

que la vie végétative est ralentie, les étés sont en revanche souvent secs et chauds [268]. Les arbres et arbustes méditerranéens sont souvent exposés au stress hydrique, même s'ils sont caractérisés par un système racinaire profond, des feuilles petites, épaisses et toujours vertes et une photosynthèse active en hiver qui leur confèrent une stratégie de résistance à la sécheresse, [269 ; 270]. Lorsque les périodes de sécheresse sont assez longues et sévères, elles affectent d'une façon remarquable l'humidité du sol et portent préjudices aux plantes, y compris celles qui sont réputées pour leur résistance [269 ; 271].

Tout dommage causé au feuillage ne peut que compromettre l'allure biologique et l'activité physiologique du végétal. Cette situation est, en conséquence, à l'origine de toute perturbation de la vigueur et de la vitalité des tiges. La relation entre la croissance et la masse foliaire (longueur de houppier, défoliation), a été démontrée dans la littérature. Les résineux à houppier long ont une plus grande probabilité d'être sains que ceux à houppier court [272]. Le suivi basé sur deux inventaires (1970-1984) par le '*Bemese Oberland Forest Service*' a permis d'établir une relation statistique entre la longueur relative de l'houppier, l'accroissement en diamètre et la perte d'aiguilles [273]. En effet, les arbres ayant de longues couronnes ont des croissances en hauteur et en diamètre supérieures et surmontent mieux les périodes de sécheresse. En moyenne, ils perdent moins d'aiguilles et maintiennent également une production plus élevée pendant une période plus longue. Un bouquet porte 20 à 30 aiguilles de 2cm de long groupées en rosettes au sommet de courts rameaux [63]; [274 in 195]. Hadji (1998) [147], sur la base d'une comparaison faite sur un arbre sain et un arbre dépéri, a relevé dans le parc national de Theniet El Had, que les aiguilles de l'arbre dépéri présentent une très faible teneur en éléments minéraux majeurs (N, P, Mg, Ca) par rapport à celles de l'arbre sain.

La longueur de la couronne se révèle ainsi être une bonne caractéristique de la vitalité d'un arbre [275]. Ces constatations permettent de conclure à une composante sylvicole du dépérissement, sur laquelle le forestier peut avoir une influence [276]; [88].

6.2. RELATION DE L'ENTOMOFAUNE FRONDICOLE ET XYLOPHAGE AVEC LE DEPERISSEMENT

L'effet des facteurs entomologiques, notamment les insectes ravageurs sur le dépérissement, constitue un volet très important dans l'aggravation de ce phénomène, Nombreuses sont les hypothèses émises sur cet aspect comme étant le plus responsable.

Les principaux groupes d'insectes identifiés, inféodés à la Cédraie du parc national de T.E.H, se distribuent selon huit (08) ordres taxonomiques: Dermaptera, Homoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Heteroptera, Orthoptera et Lepidoptera. Les espèces d'insectes capturées se répartissent entre différents statuts écologiques et trophiques regroupant des polyphages, des phytophages, saprophages, nécrophages, carnivores, prédateurs, xylophages et des floricoles.

L'ordre le plus représenté est celui des coléoptères suivi par celui des hyménoptères, incluant des espèces séminiphages telle *Megastigmus suspectus* déjà signalée par différents auteurs [277] ; [278] et [223]. 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 ou sont accidentelles car elles utilisent le cèdre comme un endroit de refuge ou de passage.

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 [277] et [278]. D'autre part, des pullulations d'insectes peuvent survenir à la suite de périodes de sécheresse pouvant favoriser la croissance, la reproduction et la résistance de ces ravageurs [278]. La chenille processionnaire *Thaumetopea pityocampa* a déjà enregistré de fortes attaques qui ont affaibli plusieurs sujets de cèdre de l'Atlas. Enfin, notons la pullulation de *Forficula auricularia* qui témoigne de l'affaiblissement des peuplements par l'effet de certains facteurs prédisposants.

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 cédraies faisant l'objet de notre suivi. L'analyse des données d'observations de la période allant de juillet 2012 au mois de mai de l'année 2013, a mis en évidence une richesse de trente-quatre (34) espèces d'insectes inventoriées dans les stations *Cedrus atlantica* étudiées. Les divers taxons rencontrés concernent des groupes de

phytophages incluant des défoliateurs, des opophages, des Tordeuses, des corticoles et des xylophages.

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 estivale, cette abondance se traduit par les conditions clémentes favorables aux développements des insectes ainsi que leurs complexe parasites [279]; [217]. 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.

L'analyse de la liste des espèces montre que l'ordre des coléoptères est présenté par quinze (15) espèces réparties en onze (11) familles, les espèces de coléoptères représentent un pourcentage de 44,11% de l'entomofaune totale.

Les corticoles et les xylophages ont la faculté de se développer profondément en détériorant la qualité du bois [238], par exemple *Melanophila marmottani* de la famille des Buprestidae. *Buprestis aurulenta* est une espèce dont la larve vit aux dépens du cèdre et où l'imago se rencontre dans toutes les régions occupées par cette essence. Ce coléoptère est un lignivore du bois de cèdre sain ou récemment mort ; classé parmi les ennemis du cèdre dans la région du Rif au Maroc [280]; [281]; [282]; [283].

Parmi les corticoles inventoriés, il ya lieu de signaler les Curculionidae dont les adultes s'attaquent de préférence à l'écorce interne des arbres malades ou affaiblis ayant entre 50 et 100 ans d'âge. Après s'être accouplées, les femelles forent des encoches profondes et étroites dans l'écorce des arbres affaiblis et y déposent chaque fois entre un et cinq œufs en élaborant une galerie stellaire, Les larves se nourrissent dans l'écorce interne et l'aubier [284]; [285].

Chez les Cerambycidae, nous avons trouvé différentes espèces. Il est mentionné plusieurs espèces de cette famille inféodées à des sujets dépérissants. C'est le cas des espèces *Stictoleptura rubra* qui vit dans les vieilles souches ; *Anastrangalia dubia* sur les troncs et les souches mourants ou récemment morts ; *Arhopalus spp* sur les conifères mourants et même sur ceux morts depuis longtemps; *Oxypleurus nodieri* qu'on rencontre surtout sur les pins ;et qui pourrait se trouver sur les branches dépérissantes mais aussi dans les branches décomposées au sol, *Hylotrupes bajulus* et *Monochamus galloprovinciali* qui vivent sur les branches et les

troncs dépérissants ; *Pogonocherus perroudi* se trouvant surtout sur les pins, mais peuvent se trouver avec *P. cedri* sur les cèdres.

D'autres informations sont citées dans différents travaux algériens. L'espèce *Ergates faber* qui vit aux dépens de vieux troncs est très commune, au littoral, en montagne, ou dans la région des hauts-plateaux. Elle a été signalée à Zeralda, dans le Massif de Mouzaïa, à Djelfa, Sidi-Bel-Abbès, Gouraya, Téniet-El-Had, au Djebel Edough, Magenta et Miliana. Il est mentionné par ailleurs les espèces *Rhagium inquisitor* : (vit sous les écorces des grosses branches et des troncs récemment morts ou coupés) dans la forêt d'Aït Ouabane et à Djebel Babor ; *Neomarius gandolfei* : (sur les arbres dépérissants), à Djebel Babor, aux environs d'Alger, en Kabylie aux environs de Bejaïa et au Djebel Edough ; *Callidium cedri* : une espèce rare et propre à l'Afrique du Nord (sur les branches et les troncs morts ou mourants), *Semanotus rusicus* (très commun au Djurdjura) et *Pogonocherus cedri* : (sur les branches de 2 à 5 cm de diamètre) au Massif du Djurdjura, et sans doute dans d'autres régions de Berbérie,

Nos données sont relativement comparables à ceux déjà obtenu par Talbi et Bouhraoua (2015)[307], dans leurs investigations sur le complexe xylophage associé au dépérissement des peuplements de cèdre de Thouggar et Boumerzoug dans la cédraie de Belezma. A ce niveau, les cèdres hébergent une faune entomologique assez diversifiée tant sur le plan systématique que sur le plan de leur importance économique où les Buprestidae et les Scolytinae dominant chez les xylophages responsables de la majorité des dégâts d'intensité variable observés sur cette essence. Les dégâts sont dus essentiellement aux espèces *Scolytus amygdali* et *Melanophila marmottani* qui ravagent aussi bien le bois fraîchement abattu que le bois dépérissant.

Nous n'avons pas signalé la présence de *Scolytus amygdali* lors de nos nombreuses investigations menées depuis plusieurs années [153]; [277] ; [286]. Bien que cette espèce fût depuis longtemps signalée dans la littérature, sa présence semble être en étroite relation avec des arbres affaiblis seulement, y compris le bois fraîchement coupé [287] et [288]. Nos données corroborent avec celles déjà constatées dans le haut et le Moyen Atlas marocains où l'espèce est très prolifique et semble être considérée comme responsable de l'aggravation du phénomène de dépérissement [289]. L'espèce *Phaenops (Melanophila) marmottani* a été décrite par Fairmaire en 1868. Le xylophage, connu sous plusieurs noms, est rencontré au

Maroc aussi, dans l'aire du cèdre notamment [290]. Il a été retrouvé par [38] dans le Moyen Atlas, au niveau de l'écorce d'un cèdre mort, et sur des arbres pièges situés au niveau du flanc sud du Moyen Atlas à Ras Al Ma et à Aguelmane Sidi Ali et, en partie, à Tounfit dans le Haut Atlas [291]. Cependant, [28] n'a pas attribué de rôle évident de la mort des arbres et ne constituait même pas un ravageur de faiblesse.

Concernant les insectes Homoptères rencontrés au cours de nos investigations, on recense seulement quatre (04) espèces appartenant à deux familles dont trois espèces de cochenilles Diaspididae et une espèce aphidienne *Cinara cedri* de la famille des Lachnidae. Elles représentent un pourcentage de 14,70 %.

Les espèces de cochenilles *Leucaspis pini* et *Dinaspidotus regnieri* peuvent cohabiter 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 *Dinaspidotus regnieri*, elle a été décrite sur *Cedrus atlantica* dans la cédraie d'Azrou au Maroc en 1926. Elle a aussi été trouvée au niveau de l'Algérie à Chréa en 1927, dans l'Atlas Blidéen [292] et en 1983 dans des jardins à Ségovie en Espagne. Sa présence est signalée pour la première fois dans la Cédraie du Parc National de Theniet El Had [153] ; [277] ; [293], alors qu'elle n'est guère signalée dans la Cédraie de Belezma malgré les nombreuses investigations entomologiques menées au cours de ces dernières années. Au Maroc elle fût également signalée dans des études récentes. Cette Diaspine est considérée comme un nouveau parasite dans les forêts de cèdre de l'Atlas en France [294] où 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. L'identification de *Dynaspidotus regnieri* jusqu'alors inconnue en France, a été confirmée. D'autres prospections effectuées en 2012 ont permis de mettre en évidence des foyers dans le Ventoux et le Luberon (Vaucluse) et dans les Alpes-de-Haute-Provence [294].

La biologie de *Dynaspidotus regnieri* n'est pas connue dans son aire d'origine. Dans les années cinquante Balachowsky écrivait que l'espèce était présente toujours en faible abondance comparativement à *C. kabyliensis* qui présentait généralement des colonies plus importantes dans tous les peuplements en Algérie et au Maroc, mais aucune autre information n'était disponible à l'époque

dans le reste du Maghreb ([191]). Dans le centre de l'Espagne seulement, à Ségovie et Madrid, la biologie de l'espèce a été décrite par Del Estal et *al.* (1994) [295], où elle est rapportée comme un ravageur du cèdre co-existant avec *Chionaspis kabyliensis* et *Coccus* sp. (probablement *C. hesperidum*) et entraînant la mortalité de quelques sujets.

En Algérie, *C. kabyliensis* est signalée uniquement dans la Cédraie de Theniet El Had, Chréa et Djurdjura [153], et [296]. Elle n'avait jamais causé de dégâts en France [294].

La littérature disponible sur les cochenilles inféodées au genre *Cedrus* au a permis de noter au niveau mondial environ une vingtaine d'espèces sur le Cèdre de l'Atlas [297]. Il s'agit de deux Coccidae polyphages : *Ceroplastes rusci* (Linaneus) et *Coccus hesperidum* (Linnaeus), deux Pseudococcidae : *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti) très commune et polyphage et *Phenacoccus arambourgi* (Balachowsky) seulement présente au Liban et inféodée à *Cedrus libani*.

En France, *C. rusci*, *C. hesperidum* et *P. longispinus* sont des cochenilles polyphages assez communes qui ne représentent un danger que très ponctuellement [294]. Les seize autres espèces appartiennent à la famille des Diaspididae, dont seules cinq espèces sont présentes en France : *Carulapsis minima* (Signoret), *Fioronia japonica* Kuwana, *Hemiberlesia lataniae* (Signoret), *Lepidosaphes newsteadi* (Sulc) et *Leucaspis pusilla* Löw., *D. regnieri* est donc la neuvième espèce de cochenille en France qui peut se développer sur *Cedrus* [294].

Chez les pucerons Lachnidae, l'espèce *Cinara Cedri*, est présente dans les trois stations 'Guerouaou', 'Kef Sahchine' et 'Pépinrière' à partir du mois d'avril, et à la fin de Septembre et Novembre. Nous avons noté la présence d'œufs de ce puceron sur les aiguilles de Cèdre et sur la face inférieure des rameaux en général, entre les aiguilles et sur les tiges des jeunes arbres. En France, Germain et al, (2014) [294], signalent sur le cèdre les pucerons *Cinara laportei* Remaudière et *Cinara cedri* Mimeur en association avec la tordeuse du cèdre *Epinotia*.

L'ordre des lépidoptères représente un pourcentage de 8,82% et compte trois (03) espèces, la plus importante est la processionnaire du pin *Thaumetopea pityocampa* connue comme étant un redoutable défoliateur, d'une grande importance sur les cédraies au Maroc. Pendant notre étude, nous n'avons pas constaté de dommages sur cèdre par les processionnaires, car la cédraie a été traitée.

Au cours de nos observations, nous avons constaté sur les colonies des cochenilles la présence d'Hyménoptères Formicidae dont *Camponotus Sp.* Certains auteurs montrent le comportement agressif des fourmis à l'égard des prédateurs, des Cochenilles et Pucerons. Le chalcidien séminiphage *Megastigmus suspectus* Borries (Hymenoptera : Torymidae) signalé par Abdelhamid (1999) [277] est inféodé au genre *Abies* [161].

Les Hétéroptères sont d'une importance aussi comparable que celle des hyménoptères soit un pourcentage de 11,76%. L'ordre des Hétéroptères Pentatomidae et Lygaeidae, compte quatre (04) espèces, dont *Lygaeus equestris*.

Enfin, les Dermaptères sont représentés par une seule espèce avec un pourcentage de 2,94%, capturée au niveau des branches au cours de l'été 2012. La présence de ce groupe de prédateurs généralistes a été largement discutée dans la littérature disponible sur d'autres agroécosystèmes notamment la biocénose du vignoble.

Dans le groupe de l'entomofaune prédatrice, les espèces de coléoptères prédateurs de la famille de Coccinellidae rencontrées sont *Coccinella septempunctata* et *Novius cruretatus algiricus*, très utiles, ont été observées au niveau des aiguilles et leur action sur les pucerons et les cochenilles est très importante ce qui pourrait expliquer les limitations des populations des pucerons dans la cédraie.

Les Diptères sont répartis en deux (02) familles, dont les Tachinidae et les Calliphoridae avec un seul représentant chacune en l'occurrence *Phryx caudata R* et *Lucilia sp.* respectivement. L'espèce *Phryx caudata* semble avoir un grand intérêt dans l'équilibre biologique vis-à-vis des espèces de processionnaires.

L'analyse de la composition ainsi que la chorologie du peuplement des xylophages du cèdre de l'atlas et de l'entomofaune associée menée par différents techniques du piègeage, fait apparaître un ensemble de 1758 coléoptères récoltés au cours de notre suivi dans les trois stations, pendant la période d'activité maximale des espèces, entre mai et juillet. Les effectifs les plus faibles sont enregistrés au mois de janvier. Selon Brustel et al (2002) [309], cette faible abondance est liée aux conditions météorologiques de l'hiver qui ont pu perturber la mobilité des adultes ou bien augmenter fortement le taux de mortalité des œufs, des larves ou des nymphes.

La majorité de l'entomofaune capturée dans la cédraie de Theniet El Had est composée d'espèces saproxyliques du cèdre indicatrices de la présence du bois mort. Leur développement dépend des produits issus du processus de décomposition dû principalement à des espèces fongiques. Parallèlement, ces espèces contribuent à la bonne décomposition du bois et à la production de l'humus forestier, notamment durant le développement larvaire [239]. Les espèces saproxylophages récoltées par toutes les méthodes d'échantillonnage, appartiennent aux Elateridae, Cetoniidae et I Ténébrionidae.

Cinq espèces détritiphages, se nourrissent de débris animaux, végétaux ou fongiques, ont quatre Scarabeidae et une seule espèce appartenant à la famille des Dermestidae ont été également récoltées [239].

D'autres espèces qui proviennent d'arbres, d'arbustes et de plantes herbacées dans l'environnement des arbres de cèdre de l'Atlas ont été capturées, mais considérées comme accidentelles car elles utilisent le cèdre comme refuge ou pour hiverner et peuvent provenir de biotopes avoisinants. Nous citons les espèces de Méloidae *Meloe proscarabaeus* et *Berberomeloe majalis* dont les adultes fréquentent les fleurs et se nourrissent de pollen.

L'espèce *Ceratapion* sp (Coleoptera, Apionidae) a été aussi rencontrée. La larve vit et se transforme dans les tiges de nombreuses Malvacées alors que l'adulte se rencontre sur les plantes où il ronge les feuilles et les boutons floraux [298].

Nombreuses sont les études qui ont porté sur les insectes xylophages signalés sur le cèdre de l'Atlas, dans le Nord de l'Afrique et cités dans notre inventaire, en l'occurrence dans le travail de [299]. La même entomofaune est retrouvée dans la cédraie de Belezma et celle de Chréa où les Scolytidae, et *Buprestes* sp sont notamment signalés, provoquant sur cèdre des dégâts dont l'importance dépend de l'état sanitaire de l'arbre, [300] ; [241] et [38], mais aussi sur divers conifères [301]. Les adultes des Scolytidae sexuellement immatures se nourrissent d'écorce interne d'arbres fraîchement tombés, affaiblis ou stressés par divers facteurs comme la sécheresse. Les arbres sains peuvent également être attaqués. Ce ravageur préfère l'écorce mince des jeunes arbres hôtes en forant de courtes galeries de 20mm de longueur dans l'écorce. En période d'infestation, les dégâts causés par l'alimentation des adultes peuvent entraîner la destruction de toute l'écorce de l'hôte, Les larves se nourrissent également dans l'écorce interne de la tige et des branches. La nymphe est formée à des profondeurs diverses dans

l'aubier [284]; [302]. Selon Balachowsky (1963) [303], les espèces de ce genre sont réparties dans toute la région paléarctique tempérée. L'espèce *Scolytus numidicus* a été décrite en 1883 dans la forêt de Batna en Algérie, elle est répartie dans les cédraies de Bélezma, les Aurès, Theniet-EI-Had, dans l'Atlas de Blida et dans le Djurdjura [304].

Lors de nos investigations dans l'ensemble des stations, il est constaté que *Scolytus* sp vit dans la forêt de Theniet El Had depuis longtemps. Il a laissé profondément ses traces de galeries sur les troncs de cèdre ouverts et anciennement décomposés.

L'espèce *Xyleborus saxeseni* (Col, Scolytidae), semble être inféodée presque toujours aux arbres en voie de dépérissement et recherche les arbres dans lesquelles la sève circule encore [171]. Ce Coléoptère vit également sur *cedrus atlantica* et *Quercus suber* ([305]). L'espèce *Buprestes* sp (Col, Buprestidae), est observée sous ses formes immatures (larves et nymphes) pour la première fois en Algérie dans la cédraie de Blida durant le mois d'avril [300]. Elle a été également été observée dans la forêt de Bélezma en 1980 lors des investigations menées sur le dépérissement du cèdre [306]; [137].

Parmi les observations inédites, on signale *Buprestis aurulenta* (Col, Buprestidae), espèce dont la larve vit aux dépens du cèdre, [280]. D'après Depeyerimhoff P (1933) [241], ce coléoptère est un lignivore du bois de cèdre sain ou récemment mort ; classé parmi les ennemis du cèdre au Maroc [282] et [283]. Les techniques rigoureuse d'échantillonnage (Piège d'interception aérienne, écorçage et par la cage d'émergence) ont eu un impact considérable dans ces captures. Notons que cette espèce a été capturée uniquement dans la station 'Pré Benchohra' par la méthode d'interception aérienne, [307].

Hormis l'espèce, *Melanophila marmottani*, [307] ont trouvé parmi les Buprestidae, d'autres espèces qui n'ont jamais été signalées lors de nos prospections comme *Chrysobothris solieri* (Laporte et Gory, 1839) *Acmaeodera (Acmaeotethya) degener* (Scopoli, 1763), *Acmaeodera (Plaeotethya) bipunctata* (Olivier, 1790).

Chez les Curculionidae, le charançon *Brachyderes pubescens* fait partie de la faune entomologique habituelle du cèdre mais son développement est strictement lié à des essences différentes. Cette espèce a été prélevée par plusieurs méthodes (Piège fosse, Cage d'émergence et écorçage) dans les trois stations.

Les espèces *Sitona* sp, *Brachycerus algerus*, *Anisorhynchus barbatus*, et *Balaninus glandium*, ont été capturées au niveau des stations 'Pré Benchohra', 'Pépinière' et 'Rond-point' respectivement.

Talbi [307], mentionnent des espèces de Curculionidae différentes que les nôtres. Les Scolytinae sont fortement représentés par *Orthotomicus erosus* (Wollaston, 1857), *Hylastes ater* (Paykull, 1800), *Scolytus amygdali* Guerin, 1847, *Cryphalus numidicus* (Eichhoff, 1878), *Crypturgus cedri* (Eichhoff, 1867), *Phloeosinus thujae* (Perris, 1855), *Xyleborus dryographus* (Ratzeburg, 1837). Ils sont suivis par les Entiminae : *Sitona (Sitona) discoideus* (Gyllenhal, 1834), *Brachyderes (Brachyderes) pubescens* (Boheman, 1833) et enfin par les Lixinae : *Larinus (Phyllonomeus) sturnus* (Schaller, 1783).

Les Cerambycidae, ont été répertoriés grâce aux pièges d'interception aérienne. Toutefois, une unique espèce *Purpuricenus desfontainii* a été recensée dans la station 'Pré Benchohra'. Dans la Cedraie de Belezma, parmi les Cerambycidae [307] notent des espèces différentes ces dernières sont représentées par *Trichoferus griseus* (1838), *Alocerus moesiacus* (Frigivaldsky, 1838).

Nos données sont relativement comparables à celles déjà obtenus dans le Nord de l'Afrique (Algérie et Maroc) de [30], [31], [32], [33], [25], [34], [35], [38], [37] ; [36] et [39] où les insectes xylophages du cèdre inventoriés sont similaires et ou complémentaires avec ceux des inventaires obtenus au cours de notre suivi. Certaines espèces sont absentes, d'autres n'existent pas dans la cedraie de Theniet du fait qu'elles n'ont jamais été signalées au préalable.

Les pièges à interception aérienne et les pièges fosse ont permis d'avoir un échantillonnage plus quantitatif que qualitatif, du fait que la totalité des espèces étrangères à l'entomofaune du cèdre sont capturées. Les trois techniques (écorçage, cage d'émergence et battage) ont permis un échantillonnage qualitatif des espèces xylophages inféodées au cèdre, et probablement celles infligées à son dépérissement.

Le taux de dépérissement serait d'autant plus important que les espèces xylophages sont abondantes selon Mehenni (1994)[239]. La richesse entomofaunique est beaucoup plus élevée dans le bois en voie de dépérissement.

On y rencontre majoritairement des *Scolytidae*, les *Buprestidae* : *Buprestes* sp et *Buprestis aurulenta* et des *Curculionidae* représentés essentiellement par *Sitona* sp, *Brachyderes pubescens*, *Balaninus glandium*. En revanche, cette richesse

devient plus faible chez les arbres sains, trois espèces seulement ont pu être identifiées il s'agit de *Anisorhynchus barbatus*, *Buprestis aurulenta* et *Balaninus glandium*. La répartition d'effectif des individus serait probablement en liaison avec l'état sanitaire des arbres, perturbés par les facteurs abiotiques et les ravageurs primaires dans chaque station. Ceci montre que l'état sanitaire actuel en voie de dégradation de la cédraie a exposé les arbres à l'installation de ce cortège de xylophages secondaires qui entraîne souvent leur mort [239].

Dans ce contexte, [300] a montré que *Buprestes* sp peut se développer à la fois sur les arbres sains que dépéris. Ses attaques peuvent se succéder même pendant 24 mois après l'abattage des arbres en sève [54]. En Algérie, [39] a signalé également sa forte présence sur les arbres présentant des signes de dépérissement.

Talbi et Bouhraoua (2015) [307], ont montré que la richesse spécifique est variable selon les classes du dépérissement des arbres mais n'augmente pas ou diminue obligatoirement suivant leur état de dégradation dans la nature. Dans la forêt de Belezma, le bois mort héberge plus de 60% de Scolytinae selon les mêmes auteurs.

Alford (2007) [287] et Benazoun (2004) [288], ont signalé la présence de *S. amygdali* seulement sur les arbres affaiblis, et le bois fraîchement coupé, alors que *C. numidicus* est rencontré sur les arbres en pleine sève [38], ou sur des cèdres de plus de deux ans après leur abattage [307]. Peyerimhoff (1919) [300] et Mouna et Graf (1994) [38], ont montré que *M. marmottani* peut se développer à la fois sur les arbres sains que dépéris et ses attaques peuvent se succéder même pendant 24 mois après l'abattage des arbres en sève [54].

En Algérie, Khemici M (2001) [39], a signalé également la forte présence de *M. marmottani* sur les arbres présentant des signes de dépérissement. *C. cedri* n'est rencontrés que sur les arbres dépéris d'après Peyerimhoff (1933) [241] mais [38], signalent la présence de cette espèce sur les arbres en sève.

Les insectes peuvent en général intervenir dans le processus du dépérissement soit comme facteur prédisposant (phyllophages) ou déclenchant (phyllophages et xylophages) ou encore aggravant (xylophages), après affaiblissement de l'arbre par des insectes phyllophages ou par une quelconque autre cause biotique ou abiotique [291]. En Turquie par exemple, des attaques répétées des cèdres par le phytophage *Acleris undulana* (Lép. Tortricidae) ont favorisé l'installation des xylophages Scolytidea sur les arbres affaiblis pour

provoquer leur mort [161]. Or, Mouna (2009) [291], ne semble pas établir une relation de cause à effet entre les insectes et le déclenchement du phénomène, en dépit de l'obtention d'un grand nombre d'espèces xylophages sur les arbres en cours de dépérissement. L'attaque massive des cèdres par le puceron *Cedrobium laportei* peut provoquer également la mort des arbres.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au cours de ce travail consacré essentiellement à l'étude des facteurs déclenchant le phénomène de dépérissement au niveau de la Cédraie du Parc National de Theniet El Had, il nous paraît intéressant d'exposer les résultats auxquels nous avons aboutis.

Cette étude a été réalisée au cours des années (2008-2016), par un monitoring systématique au niveau de quatre grands cantons (stations) sylvicoles de la Cédraie du parc national de Theniet El Had, soit un total de 30 placettes sur l'ensemble de ces stations.

La première partie réservée à l'étude des effets des facteurs abiotiques sur le dépérissement a été longuement discutée cependant l'apport d'informations rapporté dans ce chapitre a permis d'élucider pratiquement 06 Paramètres. En effet, sur la structure du peuplement il a été constaté que le taux de dépérissement est variable allant de 4.17% à 44.44% taux relativement important. L'étude des effets de quelques données topographiques stationnelles sur le dépérissement a été également discuté et amendé par des analyses statistiques permettant de bien montrer la contribution des divers paramètres analysés sur ce phénomène notamment les relation dépérissement : Altitude, exposition, densité et surpâturage. En effet, le paysage de cette forêt actuellement, témoigne de l'ampleur des dégâts causés. Le rôle destructeur que joue l'élément anthropozoogène dans le processus de dégradation de nos écosystèmes forestiers, interpellent les pouvoirs publics à prendre des mesures adéquates pour inverser les tendances de dégradation. Globalement, nous pouvons conclure que le déséquilibre observé se traduit par un dépérissement et à une régression alarmante des essences forestières au sein de ce parc, ce qui compromet sa régénération future.

L'examen de ce déséquilibre sylvopastoral conduit à réfléchir à une possibilité d'améliorer tant quantitativement que qualitativement des espèces locales pour pouvoir subvenir aux besoins du cheptel pâturant en forêt. Le principe de cette amélioration consiste à rechercher un compromis entre la nécessité de limiter la charge pastorale, réserver un pâturage suffisant aux troupeaux des usagers, pour lesquels c'est un besoin vital, et celle d'assurer la régénération et par suite la

pérennité de notre patrimoine sylvicole. Le développement socio-économique de la Wilaya de Tissemsilt ainsi que la commune de Theniet El Had permettra d'alléger la pression pastorale sur les ressources naturelles notamment à travers des projets générateurs de revenus permettant de passer d'un parcours extensif à un parcours intensif plus productifs et non dépendant des espaces forestiers. Toutefois les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des facteurs édaphiques ont fait également l'objet d'investigations fastidieuses par des analyses au laboratoire, les données ont montrés l'importance de cette catégorie représentée essentiellement par les bactéries les Actinomycètes ainsi que les champignons.

L'effet des facteurs entomologiques sur le dépérissement ont fait l'objet d'une synthèse sommaire au sein de cette partie, cependant plus de 20 insectes ont été inventoriés sur Cèdres en dépérissement, le taux des insectes potentiellement impliqués dans l'aggravation de ce phénomène peut être évalué à 03%

Dans la 2^{ème} partie, les espèces frondicoles sont traitées et analysées, l'examen des données montre un ensemble de 34 espèces récoltés, ces derniers sont à eux représentés par 21 familles ; 02 espèces appartenant à la famille des **C.Elateridae** et qui est représentée par **Cardiophorus melampus**, **Cardiophorus sp** ; contre la deuxième famille des **Lygaeidae** représentée par 03 espèces qui sont : **Lygaeus equestris** ; *sp1*; et *sp2* L'importance de certaines espèces a été fortement discutés, les espèces les plus redoutables ont été notées dans le Canton de Pré Chohra et sont essentiellement représenté par **Epinotia sp et Tordeuse**.

L'inventaire exhaustif des insectes xylophages au niveau des pieds dépérit a fait l'objet d'un suivi systématique traité dans la 3^{ème} partie a permis d'établir une liste de 36 espèces réparties entre 15 familles systématiques. Parmi ces insectes, nous distinguons plus particulièrement 09 espèces de xylophages ce qui représentent un taux de 25%. La distribution des espèces capturées a été analysée au niveau de chaque station et au niveau des différentes placettes de celui-ci, par des analyses statistiques pertinentes, montrant les différences entre la présence de ces espèces en fonction des stations. Cette entomofaune composée de bio-indicateurs de la présence du bois mort et décomposé (Saproxyliques) avec un taux plus important de 27,78% soit 10 espèces, représenté par trois familles (Tenebrionidae, Elateridae et Citoniidae), ennemis naturels (prédateurs) avec un taux de 25% soit 09 espèces du total, réparties en quatre familles (Staphylinidae, Carabidae, Coccinillidae et Histeridae). Les espèces accidentelles du cèdre est de l'ordre de 8,33% soit 03

espèces (Apionidae et Meloidae) et celles au régime trophique détritiphages représenté par 05 espèces soit 13,89% (Scarabidae et Dermestidae). Il convient de signaler que la majorité des coléoptères capturés sont déterminés jusqu'à l'espèce.

Dans notre inventaire de l'entomofaune du *Cedrus atlantica* au niveau des trois stations d'étude, seuls les coléoptères xylophages ont été pris en considération, Il s'agit d'espèces qui se nourrissent en consommant le bois ou en suçant la sève de l'arbre et provoquent sur cèdre des dégâts dont l'importance dépend de l'état sanitaire de l'arbre.

Une liste a été préalablement établie ainsi que les caractéristiques bioécologiques et phénologiques des espèces capturées a été élaborée en vue de mieux connaître le mode de distribution ainsi que la distribution numérique des espèces redoutables très impliquées dans le phénomène de dépérissement et nous permettons ainsi d'établir un programme de gestion, de préservation ainsi la conservation du reste du patrimoine sylvicole de la Cédraie du Parc National de Theniet El Had.

Enfin, il est très important de signaler que, la mortalité des arbres dépend normalement de multiples facteurs interactifs, allant de la sécheresse aux attaques d'insectes nuisibles et aux maladies, rendant souvent irréaliste la recherche d'une cause unique. Toutefois, ce sont les facteurs de stress abiotiques qui sont normalement à la base des problèmes de santé de la forêt, le stress climatique étant considéré comme le principal facteur de déclenchement de nombreuses grandes attaques d'insectes et de maladies [21]; [22].

Cependant vu les risques potentiels du dépérissement des forêts provoqué par le climat, on peut s'attendre à ce que la gestion accorde une attention particulière aux systèmes d'adaptation visant à accroître la résistance et la résilience des forêts à des stress climatiques prévus; citons par exemple la réduction de la densité des peuplements à l'aide de coupes d'éclaircie pour affaiblir la concurrence, l'amélioration de différents génotypes (résistance à la sécheresse) ou le déplacement des espèces pour les adapter aux changements climatiques attendus. Les anomalies phytosanitaires observées ont pu être évitées et une partie du bois perdu par mortalité aurait dû être récupérée si des éclaircies mieux réfléchies avaient été appliquées à la cédraie du Parc National de Theniet El Had, dans le cadre d'une sylviculture préventive visant la gestion durable des cédraies.

L'érosion constitue un risque pour la fertilité du sol et les forestiers sont habituellement attentifs à l'éviter dans leur gestion. Mais de nouveaux éléments liés aux changements globaux, notamment le changement climatique et l'augmentation de la demande énergétique, accroissent la pression sur les peuplements forestiers et les risques d'érosion des sols. Dans ce contexte, il semble indispensable de recycler et d'adapter les savoirs traditionnels de la foresterie, des bureaux d'étude et des entreprises spécialisées, et d'anticiper l'accroissement de ce risque dans des régions où il était habituellement limité. L'érosion constitue un risque pour la fertilité du sol et les forestiers sont habituellement attentifs à l'éviter dans leur gestion. Mais, de nouveaux éléments liés aux changements globaux, notamment le changement climatique et l'augmentation de la demande énergétique, accroissent la pression sur les peuplements forestiers et les risques d'érosion des sols. Dans ce contexte, il semble indispensable de recycler et d'adapter les savoirs traditionnels de la foresterie, des bureaux d'étude et des entreprises spécialisées, et d'anticiper l'accroissement de ce risque dans des régions où il était habituellement limité.

En perspectives il serait souhaitable d'élargir ce travail nous encore accomplis par ;

- Un monitoring systématique et sur plusieurs années sur l'implication d'autres facteurs notamment celles relatives aux changements climatiques.
- Prévoir des échantillonnages de toutes formes entomologiques notamment les xylophages larves et exuvies.
- Maximiser les efforts afin de permettre l'exploration d'autres sites vulnérables pouvant abriter des espèces non encore découvertes, ou migrantes.
- Réalisation d'un atlas entomologique du Cèdre en vue d'établir une base de données adéquate permettant de recenser toutes les espèces d'insectes afin de valoriser cette biodiversité ainsi le statut des espèces existantes.
- Etude écologique des espèces d'insectes afin d'élucider certains paramètres de leurs traits de vie.

L'ensemble de ces données vont contribuer à une meilleure gestion rationnelle de notre patrimoine sylvicole du Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Theniet El Had et dans les autres Par ce biotope abritant cette espèce dans un cadre de développement durable et de préservation de biodiversité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **GIEC., 2007-** bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques. *Rapport du groupe de travail du giec.* 27p.
- [2] **QUEZEL P., Médail F., 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Lavoisier, Paris, 576p.
- [3] **ARRUS R., 1997-** Scénarios, eau et stratégie de développement en méditerranée. L'Algérie, un exemple CIHEAM, *Option méditerranéen* : 31, 171-191.
- [4] **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.
- [5] **BENABADJI et BOUAZZA, 2000 a** – Quelques modifications climatiques intervenues dans le sud-ouest de l'Oranie (Algérie occidentale). *Rev.Ene.Ren* (3) : 117-125.
- [6] **MEDJERAB A., 2005-** etude pluviometrique de l'algerie nord occidentale. Approche statistique et cartographie automatique. These de doctorat d'etat, usthb, 03 Vol, 706p.
- [7] **HIRCHE A ; BOUGHANI A ; SALAMANI M., 2007-** evolution de la pluviosite annuelle dans quelques stations arides algeriennes. *Secheresse* : 18 (04), 314-320. Impact du climat sur le dépérissement du cedre de l'atlas (*cedrus atlantica manetti*). Diagnostic dendroecologique et climatique de la cedraie de theniet el had (wilaya de tissemsilt)
- [8] **DAHMANI –MEGREROUCHE M., 1997-** Le chêne vert en Algérie, syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse de doctorat d'Etat. USTHB, 384p.
- [9] **BOUDY P. 1950.** Economie forestière nord- africaine. Tome 02. Monographies et traitements des essences forestières. Fasc 02. Ed. Larose, Paris,
- [10] **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
- [11] **KHANFOUCI M.S., 2005-** Contribution a 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. 249 p.
- [12] **DERRIDJ A., 1990** - Etudes des populations du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie. Thèse de doctorat. Univ. Paul Sabatier. Toulouse, 288p.
- [13] **M'HIRIT O., 1994** - Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Méditerranéa "le Cèdre". *Ann. Sci. For. Maroc.* Numéro spécial (27). Vol I : 03-22.
- [14] **YAHY N., 2007-** Etude phytoécologique et phytosociologique et problèmes de conservation des cédraies algériennes. Thèse de doctorat, USTHB.
- [15] Nedjahi et al, 1993
- [16] **BENABID A., 1994-** Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas

Cedrus atlantica (Manetti). *Ann. Rech. For au Maroc. Numéro spécial (27)*, pp 33-60.

- [17] **BENTOUATI A .2008-** La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie) foret méditerranéenne *tome XXIX (2) P204*
- [18] **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 changements planétaires / Sécheresse*. Vol 11.n°2 :79-89
- [19] **ZINE EL ABIDINE A., 2003** – Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et Stratégie de lutte. *Sécheresse*, 14 (4), Pp : 209-218.
- [20] **BENTOUATI A, et BARITEAU ., 2006** : Réflexion sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). *Foret méditerranéenne*, Vol XXVII, pp317-322.
- [21] Desprez-Loustau ML, Marc ais B, Nageilesen LM, Piou D, Vannini A (2006) Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Ann Sci* 63:597–612. doi: 10.1051/forest:2006040
- [22] **RAFFA, K.F., Aukema, B.H., Bentz, B.J., Carroll, A.L., Hicke, J.A., Turner, M.G. et Romme, W.H.** 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience*, 58(6): 501–517.
- [23] **RIOU NIVERT P., 2005** : les résineux. Tome 2 ; Ecologie et pathologie. Ed : IDF, Paris ,349p.
- [24] **NEDJAH A., 1988.** La cédraie de Chréa. (Atlas Blideen) : Phénologie, productivité, régénération. *Thè. Doc. Univ. De Nancy*. 184p.
- [25] **MOUNA M. and FABRE J-P., 2005** – Pest insect of cedars: *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in Mediterranean area in: LIEUTIER F. et GHAIIOULE D. (Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, pp : 89-103.
- [26] **MOUNA M., 2005** – Overview of entomological research on the forest ecosystems of the regions south of the Mediterranean Sea in: LIEUTIER F. et GHAIIOULE D. (Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, Pp : 23-31.
- [27] **CHARARAS C., 1974** : La pression osmotique des essences forestières et ses rapports avec l'installation des insectes xylophages *in* Pession .P-Ecologie forestières. Ed : Gauthier villart, pp192-215.
- [28] **BENHALIMA S., 2006.** Les insectes ravageurs du cèdre de l'Atlas, *In : Le Cèdre de l'Atlas ; Mémoire du temps*. Editions Mardaga, Belgique, 300 p.
- [29] **GRAF P. et MZIBRI M., 1994** – Les ravageurs sous-corticaux et xylophages : les Scolytes des pins in : EL HASSANI A., GRAF P., HAMDAROU M., HARRACHI K., MESSAOUDI J., MZIBRI M. et STIKI A. (Eds), *Ravageurs et maladies des forêts du Maroc*. DPVCTRF, Rabat, pp. 33-43.
- [30] **DE Peyerimhoff, 1919-1933** - Les Coléoptères attachés aux Conifères dans le Nord de

l'Afrique. Ann. Soc. Entomol. Fr., 102, Pp : 359-412.

- [31] **VILLIERS A., 1946** - *Coléoptères Cérambycides de l'Afrique du nord*. Faune de l'Empire Français, Tome 5. Off. Sci. col., Paris, 152 p.
- [32] **BALACHOWSKY A. S., 1963** – *Entomologie appliquée à l'Agriculture*, Tome 1, Vol. 2, Paris, Masson, 1391 p.
- [33] **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.
- [34] **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
- [35] **FABRE J-P., 1988** - Possibilités d'infestation par les pucerons : *Cedrobium laportei* Remaudière, *Cinara cedri* Mimeur (Homoptera, Lachnidae), chez le genre *Cedrus*. *Ann. Sci. For.*, 45(2) : 125- 140.
- [36] **DÉMOLIN G., FREROT B., CHAMBON J.P. et MARTIN J.C., 1994** Réflexions biosystématiques sur toutes les processionnaires du genre *Thaumetopoea* Lep. Thaumetopoeidae, considérées 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.
- [37] **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
- [38] **MOUNA M. et GRAF P., 1994** - Les ravageurs xylophages et sous-corticaux du cèdre in : EL HASSANI A., GRAF P., HAMD AOUI M., HARRACHI K., MESSAOUDI J., MZIBRI M. et STIKI A. (Eds), Ravageurs et maladies des forêts du Maroc. DPVCTRF, Rabat, Pp : 54 56.
- [39] **KHEMICI M., 2001** - Protection des cédraies 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.
- [40] **LIEUTIER, F. (1992)**. Les réactions de défense des conifères et stratégies d'attaques de quelques Scolytides européens. *Mem. Soc. R. Belge Ent.* 35: 529-539.
- [41] **DEBAZAC, E. F. 1968**: Les modalités de la croissance en longueur chez les pins. In "Colloque sur la physiologie de l'Arbre, 1966". *Mem. Sac. Bot. France* 1968:3-14.
- [42] **GAUSSEN H., 1964**. Les gymnospermes actuelles et fossiles. *Trav. Lab. For.* Toulouse, Tome 2 (1), Fasc. VII. Pp : 273-480.

- [43] TUTIN, T.G., HEYWOOD, V.H., BURGESS, N.A., VALENTINE, D.H., WALTERS, S.M. & WEBB, D.A. 1964. Volume 1. Lycopodiaceae to Platanaceae. *Flora Europaea*. Cambridge University Press: [i]-xxxii, [1]-464, maps I-V.
- [44] MITCHELL A.F., 1985-Conifers .Forestry Commission Booklet N°15.
- [45] PANETSOS K.S., SCALTSOYIANNES A. AND TSAKTSIRA M., 1994 - Genetic variation in Allozymes of *Cedrus libani* A. Rich. and *Cedrus atlantica* Mannetti.). *Ann. Rech. For.*, T (27): 419-434
- [46] FADY B., BARITEAU M., FALLOUR D., GIROUD E., LEFEVRE F., Isozymegene markers and taxonomy of Mediterranean Cedrus species, in:Panetsos K.P. (Ed.), Proceeding of the Final Conference of the European Union Joint Research Project FAIR CT95-0097, "Adaptation and selection of Mediterranean, Pinus and Cedrus for sustainable afforestation of marginal lands", Aristotle University of Thessaloniki, 2000, pp. 21–26.
- [47] SCALTSOYIANNES A., 1999 : Allozyme differentiation and phylogeny of cedar species, *Silvae Genet.* 48 61–68
- [48] SABATIER S ; BARADAT P; AND BARTHELEMY D., 2003 - Intra- and interspecific variations.
- [49] FARJON A., 1990-Pinacées, drawing and descriptions of the genera : *Abies*, *Pinus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothofagus*, *Tsuga*, *Kathaya*, *Pseudotsuga*, *Laurel* and *Picea*. ed. Koeltz scientific Books, D-6240 Königstein/Federal Republic Germany .330 P.
- [50] SABATIER S ET BARTHELEMY D., 1994 - Premières observations sur l'architecture du Cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière, (Pinaceae). *Ann. Rech. For.*, T (27): 363-379.
- [51] M'HIRIT O., 2006 - *Le cèdre de l'Atlas : Mémoire du temps*. Éd. MARDAGA. 288 p.
- [52] EMBERGER L., 1938. Contribution à la connaissance des cédraies et en particulier du Cedre et du cèdre de l'Atlas. *Rev. Bot. Appl et Agri* N°198. 192p.
- [53] M'HIRIT O., 1982. Etude écologique et forestière des cédraies du Rif Marocain : Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc* 2(1). 499p.
- [54] 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
- [55] YI B.G., 1976:- Croissance, sylviculture du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) relation avec quelques variables du milieu en Languedoc-Roussillon. These. docteur –ingenieur. Univer des Science et Technique du Languedoc, 196p
- [56] HALITIME S., 2006 : Contribution à l'étude des réserves utiles en eau des sols de cédraies dans les Aurès, influence des facteurs édaphiques .Mém.Magister. Univ de Batna , 134p.

- [57] TOTH J., 2005. Le cèdre de France - Etude approfondie de l'espèce. Ed. L'harmattan. Paris 207p.
- [58] DELKOV A ; GROZEV O., 1994- Résultats de l'introduction du *Cedrus atlantica* Manetti en Bulgarie de Sud-Ouest. *Ann. Sci. For. Maroc. Numéro spécial (27)*. Vol I : 173-186.
- [59] DAHMAN M. ET KHOUJA M.L., 1994- Résultats des essais d'acclimatation du Cèdre en Tunisie. *Ann. Sci. For. Maroc. Numéro spécial (27)*. Vol I : 129-138.
- [60] Quezel, P. and Santa, S. (1962, 1963) Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales. 2 Tomes, Editions CNRS, Paris, 1170.
- [61] BENABID A., 2000- Flore et écosystèmes du Maroc, évaluation et préservation de la biodiversité. Edi: Ibis Press, Paris, 324p.
- [62] BENCHEKROUNE F., 1994- L'économie de la cédraie marocaine et son impact sur le développement des collectivités locales. *Ann.Rech.For.Mar. Numéro spécial (27)*, pp 698-713.
- [63] BOUDY P., 1952- Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison rustique, Paris, 505 p.
- [64] DEBAZAC E.F., 1964 - Manuel des conifères. Edi, Masson, Paris, 179p.
- [65] TOTH J., 1971- Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* en France). Bulletin de la vulgarisation forestière. N° 4. Pp : 5-19.
- [66] LEPOUTRE B., 1963- Premier essai de synthèse sur le mécanisme de régénération du cèdre dans le moyen atlas marocain. *Ann. Reche. Fores.Mar*, Tome VII, Pp : 57-163.
- [67] TOTH J., 1970- Plus que centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France. *Rev. For. Fr*, vol. 22, n° 3. Pp : 355-364.
- [68] RIOU-NIVERT P., 2007- Fiche extraite de la Flore forestière française. T (III) région Méditerranéenne. Forêt-entreprise, n°174. Pp : 14-16.
- [69] BOUKCIM H., PAGES L., PLASSARD G. and MOUSSAIN D., 2001- Effects of N fertilization on root system architecture and receptivity to mycorrhizal infection of cedar seedlings. *Tree physiology*, 21. Pp: 109-115.
- [70] RIPERT C., 2007- Autoécologie du cèdre de l'Atlas. Forêt-entreprise. N°174. Pp : 17-20.
- [71] GAUSSEN H., 1967. Les gymnospermes actuelles et fossiles. Faculté des sciences de Toulouse, Fasc. 7, 477p.
- [72] DUCREY M., 1994 - Adaptation du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen: aspects écophysiologicals de sa réaction a la sécheresse. *Ann. Rch. For. Maroc. T(27)* : 139-153.
- [73] ABDESSEMED K., 1981. Le Cèdre de l'Atlas dans les massifs de l'Aurès et du Belezma - Étude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement – Thèse. Doct. Ing. Fac. St. Jérôme, Marseille. 199 p.
- [74] NEDJAH A.1994 – Etude de la croissance radiale des provenances du Cèdre de l'Atlas

Cedrus atlantica Manetti) en Algérie. *Ann. Rech. For.*, T (27): 451-462

- [75] **FAUREL L. ET LAFFITE H., 1949** - Facteurs de répartition des cédraies dans les Massifs de l'Aurès et du Belazma. *Bull.Soci.Hist.Nat de l'Afrique du Nord*: 04, 178-189.
- [76] **EZZAHIRI M, BELGHAZI B . ET BAHMAD M. ; 1994** - Bilan de la régénération naturelle de la cédraie dans les parcelles clôturée du Moyen Atlas, Maroc. *Ann. Rech. For.Mar. Numéro spécial* (27), pp 259-268.
- [77] **BARITEAU M. et al., 1994**- La faculté germinative des organes de cèdre (*Cedrus atlantica* M.) : influence des traitements densimétriques à l'alcool, du desailage et de la stratification. *Ann. Rech. For. Maroc*, Vol. 2. Pp : 500 – 509.
- [78] **BERKA S., 1997**- Etude de la variabilité intraspécifique de *cedrus atlantica* en Algérie par l'étude des stomates. *Ann. Rech. For. INRF*: 01, 13-23.
- [79] **LECOMPTE M. et LEPOUTRE B., 1975** - Bilan de l'eau et conditions d'existence de la c
LEE J.C., FLINT M.L. and SEYBOLD S.J., 2008 - Suitability of Pines and Other Conifers as Hosts for the Invasive Mediterranean Pine Engraver (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *J. Econ. Entomol.* 101(3): 829-837. Edraie dans le Moyen Atlas Basaltique (Maroc). *Ann. Rech. For. Maroc*, t.5. 153-282.
- [80] **LEPOUTRE B. et PUJOS A., 1963** - Facteurs climatiques déterminant les conditions de germination et d'installation des plantules de Cèdre. *Ann. Rech. For. Maroc*, t.7. 23-54.
- [81] **AUSSENAC G ., 1984** : Essai d'interprétation bioclimatique et éco physiologique. Ed : BUU. SOC, Sci, Nat .vaucuse, pp : 386-387.
- [82] **BENTOUATI A. 1993** - Première approche à l'étude de la croissance et de la productivité du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Bélezma. *Thèse Mag., In. Agr. Batna*. 63 p.
- [83] **AUSSENAC (G.), GRANIER (A.), 1978**. Quelques résultats de cinétiques journalières du potentiel de sève chez les arbres forestiers. —Annales des Sciences forestières, vol. 35, n°1, 1978, pp. 19-2.
- [84] **BATEL D., 1990** : contributions a l'étude de la productivité du *cedrus atlantica* M .en relation avec les stations écologique application au parc national de Theniet el Had. Thèse. Ing. Agro, I.N.A EL HARACH ,62 p.
- [85] **F.RAMADE , 1981**- écologie des ressources naturelles (N°4 de la collection « cologie appliquée et sciences de l'environnement »), 322p, Masson
- [86] **MESSAOUDENE M., LOUKKAS A., GERARD J., TAFER M., DILEM A. ET GONKCALEZ J., 2004**- Propriétés physiques du bois d'éclaircie des cèdres (*Cedrus atlantica*), contenant du bois de compression, provenant de l'Atlas du Djurdjura (Algérie). *Ann.For.Sc* : 61, 585-595.
- [87] **DELATOUR C., 1983** - Les dépérissements de chênes en Europe. *Rev.For.Fr.*, 35(4) : 255-

- [88] **BONNEAU M. et LANDMANN G., 1988** - Le dépérissement des forêts en Europe. *La Recherche*, 205 (19), décembre 1988 1542-1556.
- [89] **FORD Ch. and BROOKS J.R., 2002**- Detecting forest stress and decline in responses to increasing river flow in south west Florida. *For.Eco.Man*: 60, pp 45-64.
- [90] **LANDMANN G ., 1994** : Concepts, Définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestières .Ed :Rev.For.Franç.Numero spécial (05), pp 405-416.
- [91] **GAGNON G. ET ROY G., 1994**- Le dépérissement de l'Erable à sucre (*Acer saccharum* Marsh) au Québec. *Rev. For. Franç. Numéro spécial (05)*, pp 512-521.
- [92] **BECKER M., 1987**- Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges. Etude écologique et d'endochronologique. *Ann. Sci. For* 44 (4), Pp : 379-402.
- [93] **GUYON J.P, 1991**- Le dépérissement du pin maritime (*Pinus pinaster* Ait) en Vendée. Les causes écologiques. *Ann.Sci.For* : 46, pp 333-346.
- [94] **GANDOLFO C. ET TESSIER L., 1994**- Analyse dendroécologique sur le sapin (*Abies alba* Mill.) et des épicéas (*Picea abies* (L) Karst) de différentes classes de défoliation dans la forêt de Vigo di Ton (Trento, Italie). *Ann.For.Sci* : 51, 391-406. 92
- [95] **LANDMANN G. ET BONNEAU M., 1994**- Le dépérissement du sapin pectiné et de l'épicéa commun dans les montagnes françaises au cours des années 1980. *Rev. For. Franç. Numéro spécial (05)*, pp 522-537.
- [96] **GUILLAUMIN J.J, BENARD CH, TELATOR C et BELGARAND M., 1985** : Contribution à l'étude du dépérissement du chêne, pathologie racinaire en forêt de tançais. *Ann.Sci.For* :42(1), pp 1-22.
- [97] **LEVY J.I., HOUSEMAN E.A., RYAN L., RICHARDSON D., STUDENTS FROM THE, 1998**- Summer Program in Biostatistics, and Spengler J.D. Particle concentrations in urban microenvironments. *Environ Health Perspect* 2000: 108: 1051–1057
- [98] **HASNAOUI F., ABBES S ., YAKOUBI W et HASNAOUI ., 2006** : Etat actuel du dépérissement du chêne liège dans la zone de Kroumirie(Tunisie). *Annales de l'INGREF* : 09(01) ,167-185).
- [99] **MANION P.D., 1981**- Tree Disease Concepts. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 399 p.
- [100] **DELATOUR, 1990** : préoccupations des forestiers : *dépérissements* du *Chêne*, du *Sapin*, de l'*Alisier*... Bien qu'appliqué à ... (*Chêne pédoncule, forêt d'Amance, 54*). 183. *Rev. For.*
- [101] **LE MEIGNEN P. et MICAS L., 2008** - Bilan des dépérissements forestiers dans les Alpes-de Haute-Provence. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX, (2) : 177-182.
- [102] **AUCLAIR A.N.D., EGLINTON P.D and MINNEMEYER S.L., 1997** - Principal forest dieback episodes in Northern Hardwoods: Development of numeric indices of areal extent

and severity. *Water, Air and Soil Pollution*. **93**: 175-198.

- [103] **THOMAS A.L., GÉGOUT J-C., LANDMANN G., DAMBRINE E. and KING D., 2002** - Relation between ecological conditions and fir decline in a sandstone region of the Vosges mountains (northeastern France). *Ann. For. Sci.* **59**: 265–273
- [104] **GARREC J.P., KERFOURN C. and LAITA E., 1989** - Étude des surfaces foliaires des arbres dépérissants. *Ann. Sci. For.*, **46** : 547-552.
- [105] **BECKER M., BERT G.D., BOUCHON J., DUPOUEY J.L., PICARD J.F., ULRICH E., 1995.** Long-term changes in forest productivity in northeastern France: the dendroecological approach. In: Landmann G., Bonneau M. (eds.), *Forest decline and atmospheric deposition effects in the French mountains*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp 143-156.
- [106] **LEBOURGEOIS F. et BECKER M., 1996** - Dendroécologie du pin laricio de Corse dans l'ouest de la France. Évolution du potentiel de croissance au cours des dernières décennies. *Ann. Sci. For.* **53** : 931-946.
- [107] **VARELA M-C., 2008** - Dépérissement des peuplements de chêne-liège et changement climatique. *Forêt méditerranéenne*. t. XXIX, (2) : 209-212.
- [108] **GARRIGUE J., MAGDALOU J. A. et HURSON C., 2008** - Les effets de la canicule et de la sécheresse sur la forêt de la Massane (Pyrénées Orientales). *Forêt Méditerranéenne*, t. XXIX, (2) : 183-188.
- [109] **CASPARY H. J., 1991** - Forest decline and soil acidification as biospheric aspects of the hydrological cycle. *IAHS Publ.*, **204** : 485-494.
- [110] **RICE R.M. and LEWIS J., 1988** - Potential Streamflow Changes from Forest Decline Due to Air Pollution. *Tagungspublikation*, (1): 51-65.
- [111] **WALTERS G. M. and MC CARTHY B.C., 1997** - Forest Decline and Tree Mortality in a Southeastern Ohio Oak-Hickory Forest. *Ohio J. Sci.* **97** (1): 5-9.
- [112] **THOMAS P.A., EL-BARGHATHI M. and POLWART A., 2007** - Biological Flora of the British Isles (*Juniperus communis* L.). *Journal of Ecology*, **95**: 1404–1440.
- [113] **RICE R.M. and LEWIS J., 1988** - Potential Streamflow Changes from Forest Decline Due to Air Pollution. *Tagungspublikation*, (1): 51-65.
- [114] **BRUCKERT, S 1993** : Influence des composés organiques solubles sur la pédogenèse en milieu acide [Texte imprimé] Nancy : impr. Duplitexte , [s.d.]
- [115] **MARSH RF. SIPE JC. MORSE SS, HANSON RP (1976)**- transmissible mink encephalopathy, reduced spo, Giform degeneration in aged mink of the chediak-Higasshi genotype. *Lab Inv* **34** : 381-386
- [116] **SINCLAIR WA, 1964.** Comparason of recent declines of white ash, oaks and sugar maple in the northaestern woodland. *Cornell plantations, ithaca, ny* **20** : 62-67

- [117] **ROY et Gagnon, 1991-** Impacts des changements climatiques sur les *agents pathogènes*
https://www.agrireseau.net/.../Revue%20de%20littérature%20CC_phy..
- [118] **MOORE J-D., 1999** - *Effets du chaulage sur la nutrition, la vigueur et la croissance de l'érable à sucre à la station forestière de Duchesnay*. Mémoire es Science (M.Sc.), Univ., Laval, Canada, 60 p.
- [119] **MAUGARD F., 1992** - L'action des pathogènes d'équilibres sur les jeunes peuplements en état de faiblesse. *La Santé des Forêts* [France] en 1992, Min. Agri. Pêche (DERF), Paris : 43-44.
- [120] **DESSUREAULT, 1986-** Étude de la pratique professionnelle des enseignants et ... Volume 27, Numéro 3,
- [121] **BOVEY P., 1971-** L'impact de l'insecte déprédateur sur la forêt : la lutte biologique en forêt. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, HS (vol.3), 212p.
- [122] **AUSSENAC G. et VALETTE J.C., 1982** - Comportement hydrique estival de *Cedrus ATLANTICA MANETTI*, *Quercus ilex* L. et *Quercus pubescens* Willd. et de divers pins dans le Mont Ventoux. *Ann. Sci. for.*, 39 (1) : 41-62.
- [123] **LEVITT, 1980** : Responses of Plant to Environmental Stress Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Academic Press, New York, 365.
- [124] **HOUSTON D.R, 1992.** A host stress saprogen model for forest dieback- decline diseases. In forest decline concepts. Éd. Saint paul (Minn): American pathological society. 1992. Pp : 3-25
- [125] **CHBOUKI N., 1994** - Une synthèse dendroclimatique du Cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc. T (27)* : 33-59.
- [126] **LIEUTIER F. et LEVIEUX J., 1985** - Les relations Conifères-Scolytides : importance et perspectives de recherches. *Ann. Sci. For.*, 42 (4) : 359-370.
- [127] **EUROPEGAËLLE ROUAULT, JEAN-NOËL CANDAU, FRANÇOIS LIEUTIER, LOUIS-MICHEL NAGELEISEN, JEAN-CLAUDE MARTIN, NATHALIE WARZEE, 2006.** Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Annals of Forest Science, Springer Verlag/EDP Sciences, 2006, 63 (6), pp.613-624
- [128] **FINKELSTEIN D., 1981-** Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débourrement et la croissance de jeunes plants de Cèdres (*Cedrus atlantica* Manetti) cultivés en serre. *Ann. Sci. For.*, 38 (4) : 513-530.
- [129] **AUSSENAC G. et FINKELSTEIN D., 1983** - Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du cèdre. *Ann. Sci. for.*, 40 (1) : 67-77.
- [130] **CRUIZIAT (P.), TYREE (M.T.). 1990**— La Montée de la sève dans les arbres. — *La Recherche*, 21, , pp. 406-414. JONES (H.G.), SUTHERLAND (R.A.). — Stomatal control of xylem embolism. — *Plant Cell Environnement*, 14, 1991, pp. 607-612.

- [131] **CHARARAS C., 1982** – Les insectes parasites des forêts. *La Recherche*, N°132 (13) : 440-451.
- [131] **EL HASSANI A, GRAF P, HAMDAOUI M, HARRACHIK, MESSAOUD J, MAZIBRI M, STIKI A, 1994**, ravageurs et maladies des forêts au maroc. Rabat, min, agric et de mise en valeur agricole, 203 pp
- [132] **BATTISTI A., STASTNY M., NETHERER S., ROBINET C., SCHOPF A., ROQUES A., LARSSON S., 2005.**- Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures.- *Ecological Applications*, 15: 2084-2096.
- [133] **CANDAU J-N., 2008** - Impacts du changement climatique sur les insectes ravageurs des forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, t. XXIX, 2 : 145-154.
- [134] **Mattson, W. J., and R. A. Haack. 1987.** The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects. In press in P. Barbosa, and J. Schultz, eds. *Insect Outbreaks: Ecological and Evolutionary Perspectives*. Academic Press, Orlando, FL.
- [135] **GRIEU PH., AUSSENAC G., LARHER F., 1988** - Sécheresse édaphique et concentrations en quelques solutés organiques des tissus foliaire et racinaire de trois espèces de conifères : *Cedrus atlantica* Manetti, *Pseudotsuga macrocarpa* (Torr) Mayr, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Ann. Sci. For.*, 45 (4) : 311-322.
- [137] **GUEZLANE A., 1982** - Observation sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans les Aurès. Rapport de mission, Batna, 4 p.
- [138] **P.N.B, 2007**-Dépérissement du Cèdre de l'Atlas au Parc National de Bélezma (historique, évaluation et perspectives). Parc National de Bélezma et Direction Générale des forêts, Batna, 6 p.
- [139] Agoumi A., Debarh A., 2006. Ressources en eau et bassins versants du Maroc : 50 ans de développement (1955-2000). 62 pp. <http://www.rdh50.ma/fr/pdf/contributions/GT8-1.pdf>
- [140] **DUBÉ F., 2007** - *Étude sur la dynamique de succession et de régénération du cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica (Endl.) Carrière) et du chêne vert (Quercus rotundifolia Lam.) dans le parc national d'Ifrane au Maroc.* Rapport de stage II. Univ. Sherbrooke, Québec (Canada), 81 p.
- [141] **Grovel R, 2007** : La formation des élus pour une meilleure prise en compte de la forêt dans le développement des territoires L'expérience de l'Union régionale des communes forestières en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Forêt méditerranéenne* t.XXVIII,n°3,septembre2007 pp 269-278
- [142] **EL YOUSFI M., 1994** - La santé du Cèdre de l'Atlas au Maroc. *Ann. Rech. For.*, T (27): 593-611.
- [143] **REILLE M., 1977** : Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation des

montagnes du Rif (Maroc Septentrional).Recherches Françaises sue le Quaternaire, INQUA. pp : 53-76.

- [144] M'HIRIT O. et BLEROT P., 1999. Le grand livre de la forêt marocaine. Ed. Mardaga,280p.
- [145] **MOUNA M., 1994-** Etat des connaissances sur l'entomofaune du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. In : Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc 27 (spécial). Pp : 514-526.
- [146] **ABDESSEMED K., 1981-** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif des Aurès et de Bélezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. *Thèse doct. Ing.*, Fac. St. Jérôme, Marseille. 199 p
- [147] **HADJI O. ; 1998 :** contribution a l'étude éco physiologique du cèdre de l'atlas (*cedrus atlantica* M) au parc national de Theniet EL Had (wilaya de Tissemsilt).thèse magistère. INA. Alger. 146 p.
- [148] **ZEDEK M., 1993-** Contribution à l'étude de la productivité du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le parc national de Theniet El Had. Thèse de Magister. Ins. Nat. Agr d'El Harrach, Alger, 175 p.
- [149] **RAMADE F., 1997-** *Conservation des écosystèmes méditerranéens : enjeux et prospective.* Plan Bleu, fascicule n° 3 - Ed. Economica, PNUE, Paris. 189 p.
- [150] **Odile paradis, 1979 :** Ecologie Collection Bio- modules 151 pages
- [151] **PARDE L, 1973 :** les conifères. Édit la Masson rustique, paris : 308 p
- [152] **BELKAID B, 1998 ;** Etude phytoécologie et possibilité d'amélioration dans la cédraie dans la cédraie du parc National de Theniet el had.Thèse Ing. Institut de technologie agricole, Mostaganem, 46p.
- [153] **ABDELHAMID D, 1992.** Contribution à l'étude des insectes du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) (1844) dans la cédraie de Theniet El Had. Thèse ing. Univ. des sciences et technologie, Blida.
- [154] **RAHMANI . 2003 -** Contribution à l'étude de l'influence du Dépérissement sur la qualité de bois du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau du parc national des cèdres de Theniet el Had (W Tissemessilt).Rech. Forest. Algérie I. Pp : 53-63. régénération naturelle des principales essences constituant les forets d'altitude du Briançonnais.Régénérations des forêts d'altitude. Université de Savoie. Office National des Forêt. pp : 17-28.
- [155] **TALBI Y., 2010-** Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans la région de batna : cas de la cédraie de Belezma. Thèse de

Magister. Faculté des sciences. Université El-hadj Lakhdar, Batna, 8 p.

- [156] **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
- [157] **MOUNA M., 2005** – Overview of entomological research on the forest ecosystems of the regions south of the Mediterranean Sea in: LIEUTIER F. et GHAILOULE D. (Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, pp. 23-31
- [158] **MOUNA M. and FABRE J-P., 2005** – Pest insect of cedars: *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in Mediterranean area in: LIEUTIER F. et GHAILOULE D.(Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, pp. 89-103
- [159] **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.
- [160] **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.
- [161] **FABRE J P.,(1976 b)** .- sur la présence en France de cenara cedri mineur ; puceron nuisible au cedre .comptes – rendus de l'Academie d'agriculture de France , 1976 , pp771 -775.
- [162] **MOUNA M., 2005** – Overview of entomological research on the forest ecosystems of the regions south of the Mediterranean Sea in: LIEUTIER F. et GHAILOULE D. (Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, pp. 23-31.
- [163] **KHEMICI M., 2001** - Protection des cédraies 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.
- [164] **FABRE j p, 1993** : importance des graines de cèdre du Liban, *cedrus libani* ; en Turquie par megastigmus shimitscheki (hymenoptera, torymidæ) et risque de cet insecte sur le cèdre de l'atlas. *Cedrus atlantica*. Symposium international sur le cèdre de l'atlas, 31 mai-4 juin 1993, rabat, Maroc
- [165] **MOUNA M. and FABRE J-P., 2005** – Pest insect of cedars: *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in Mediterranean area in: LIEUTIER F. et GHAILOULE D.(Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, pp. 89-103.
- [166] **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 Mediterranean region ". Univ., Beirut, Liban, pp. 41-50.

- [167] **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
- [168] **BOUDY P. 1955.** Economie forestière nord-africaine. Tome 04 : description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Ed. Larose, Paris,
- [169] **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, El-Harrach Alger, p. 59.
- [170] **GUERROUDJ A., 2008** - Biodiversité des Scolytes des pins et du Cèdre de l'Atlas en Algérie (Résumé). Congrès International sur la diversité biologique des Invertébrés en milieux Agricoles et Forestiers, INA, El-Harrach Alger, p. 137
- [171] **BARBEY A., 1925**-Traité d'entomologie forestière. Edit. B. Levrault, Paris, 749 p.
- [172] Ihssan, 2001
- [173] **FABRE J-P., 1994** - Etat actuel des connaissances sur les ravageurs originales 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.
- [174] Alptekin et al, 1997
- [175] **FABRE J-P., AVCI M. et CHALON A., 2001** - La Tordeuse, *Dichelia cedricola* Diakonoff, un ravageur d'Asie Mineure potentiellement important pour le Cèdre en France. *Rev. For. Fr.* LIII – 2 : 131-138.
- [176] **FABRE J-P., 1988** - Possibilités d'infestation par les pucerons : *Cedrobium laportei* Remaudière, *Cinara cedri* Mimeur (Homoptera, Lachnidae), chez le genre *Cedrus*. *Ann. Sci. For.*, 45(2) : 125-140
- [177] **ABRE J-P., 1886** – *Souvenirs entomologiques, étude sur l'instinct et les moeurs des insectes*,.Livre III, Éd. Ebooks libres et gratuits, France, 364 p.
- [178] Tuatay et Remaudiere, 1964
- [179] **FABRE J.P ET RABASSE, 1987** - Introduction dans le Sud-Est de la France d'un parasite: *Pauesia cedrobii* Stary et Leclant (*Hym. Aphidiidae*) du puceron *Cedrobium laportei* Remaudière (*Hom. Lachnidae*) du cèdre de l'Atlas: *Cedrus atlantica* Manetti. *Entomophaga*, Vol. 32: 127-141.
- [180] **FABRE J P.,1990**- Insectes introduits sur les cedres genre cedrus en France.symposium international de cedre , 22-27 octobre,Antaliya,Turquie ;L'Inst.Rech.forest ., Publications divers N° 59: pp743-753

- [182] **FABRE J.P.,(1976 a)** .-extention du cedre et risques d'attaques d'insectes. Recherche forestiere française, Vol.28, pp.261-269 .
- [183] **FABRE J-P., AVCI M. et CHALON A., 2001** - La Tordeuse, *Dichelia cedricola* Diakonoff, unravageur d'Asie Mineure potentiellement important pour le Cèdre en France. *Rev. For. Fr.* LIII -2 : 131-138
- [184] **DAJOZ R.,1980** – Ecologie des insectes forestiers Ed : bordas paris 505p
- [185] Farbet et Rabase,1985
- [186] **BALACHOWSKY A .,1953** –les cochenilles de France d'Europe , du nord de l'afrique et du bassin Mediteranneen .Ed.Herman et cie,paris ,coll."Act .Sc et Jnd".N°1202,Tome VII,pp849-853.
- [187] **JOLY R. (1975)**. Les insectes des pins. Ed. Engref, Nancy, 222 p.
- [188] **BALACHOWSKY,1953 et BALACHOWSKY A., 1932** – Etude biologique des coccides du bassin occidental de la méditerranée .Ed . paul lechevalier et fils, Paris VI, tome XV . , 285P .
- [189] **ADOUI S., 1991-** Contribution a 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
- [190] **BALACHOWSKY A., 1948** – Entomologie appliquée . Les cochenilles de France , d'europe , du nord de l'afrique et du bassin mediterraneen .Ed . Hermann et cie , paris, coll "Act . sc et Jnd" N°1054, Tome IV, pp. 342-345.
- [191] **BALACHOWSKY A.,1954** - les cochenilles paléartiques de la tribu de diaspinidi. Ed. institut pasteur, paris , coll" Men . Sci de l'I.N.S. Pasteur " . 450p
- [192] Demolin, 1963 **DEMOLIN G., 1963**. Les 'miroirs' de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Revue de Zoologie Agricole Appliquée* Nos 11-12, 8P.
- [193] **DEMOLIN G., 1969** -Bioécologie de la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. Incidencia de los factores climaticos. *Bol. Serv. Plagas For.* 12 n° 23 pp.: 9-22.
- [194] **BERTELLA, 1981-** Bioécologie de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (*Lepidoptera, Thaumetopoeidae*) dans quelques régions de l'Algérie. Thèse Magister,INA, El-Harrach, 168p
- [195] **FRITAH S., 1984**. Etude de l'Entomofaune du cèdre de l'atlas. (*Cedrus atlantica* Manetti 1844) dans la région de Batna et Khenchela. Thèse Ing. Sci. Agr.Institut National Agronomique El-Harrach-Algérie,73p
- [196] **BERTELLA N., 1987**. Bioécologie de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (*Lepidoptera, Thaumetopoeidae*) dans quelques régions de l'Algérie. Thèse Magister,INA, El-Harrach, 168p
- [197] **GACHI, M. KHEMICI, M. ET ZAMOU , M., 1986** - Sur la présence en Algérie de Ganthier Villard, Bordas, Paris, 489p *Genie Rural-Eaux et Forêts*, Nancy, Vol.1, 222p.

- [198] **GACHI M. 1989** - Eco-biologie de la processionnaire du cèdre *Thaumetopoea bonjeani* Powel. (*Lepidoptera, Thaumetopoeidae*) en Algérie. Séminaire International de Biologie - Constantine. Mai 1989, 13 p.
- [199] **LECLANT D., EL IDRISSE A. ET MIERMONT G., 1977**- Les aphidés et tortricidés du cèdre au Maroc et en France et leurs parasites. C. R. Acad. Sc., Vol. 284 : 647-649.
- [200] Cavalcaselle, 1985 **CAVALCASELLE., 1985** - cèdre en France (Lep. tortricidae) . Annales de la Société entomologique de France, vol. 5, n° 2, 1969.
- [201] **ROQUE C., 1983**- Impact des insectes ravageurs des cônes et graines sur les potentialités de régénération naturelle des principales essences constituant les forêts d'altitude du Briançonnais. Régénérations des forêts d'altitude. Université de Savoie. Office National des Forêt. Pp : 17-28.
- [202] **THERY A., 1942** - Coléoptères *Buprestides*. Faune de France, 41, These Ing, UIK, Tiaret, Alger, 72p.
- [204] **ZAHRADNIK J ., 1984**-Guide des insectes. Ed., 318 p
- [205] **HALITIME S., 2006**- Contribution à l'étude des réserves utiles en eau des sols de cédraies dans les Aurès, influence des facteurs édaphiques. Mém. Magister. Univ de Batna, 134p
- [206] **KHERCHOUCHE D, KALLA M, GUTIERREZ E, BRIKI A, HAMCHI A, 2013**- La sécheresse et le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Belezma (Algérie). Sécheresse 24(2): 129-37.
- [207] **P.N.T.E.H, 2006**- Atlas des parcs nationaux algériens. 94 p
- [208] **SARI Dj., 1977**- L'Homme et l'érosion dans l'Ouarsenis. Edi SNED, Alger, 628 p
- [209] **GHALMI R., 1990** : *Contribution à l'étude écologique du peuplement mammalien du Parc National de Theniet el Had*. Thèse Ing INA El Harrach. Dpt. Forest. Et Prot. de la Nat.
- [210] **SARMOUM M ., 2008** - Sujet Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Diagnostic dendroécologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had (Wilaya de Tissemsilt) .Ed.thèse.mag. Univ.Houari Boumediene,Alger, 100p
- [211] **FAURIE C., FERRA C. ET MEDORI P., 1980** - Ecologie. Ed. J.B. Baillière, Paris : 168.
- [212] **DUVIGNAUD P., 1980** - La synthèse écologique (Population, communautés, écosystèmes, biosphères, noosphères). Ed. Doin .2^{ème} édition : 145.
- [213] **MACMAHON J.A., 1981** - Successional processes: comparisons among biomes with special reference to probable roles of the influences on animals. In: WEST D.C., SHUGART H.H., and BOTKIN D.B., Eds.-Forest successions: Concepts and applications, *Springer-Verlag*, New York: 277-304.
- [214] **DJEBAILI S., 1984** - Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. O. P. U., Alger : 175.
- [215] **SELTZER ., 1946**- Le climat de l'Algérie. Imp. Latypo. et Jules Carbone. Réunion, Alger, 220p.

- [216] **DAJOZ R., 2000** - Précis d'écologie. *Ed. Dunod*, Paris : 615.
- [217] **RAMADE F., 2003** - Eléments d'écologie : écologie fondamentale. *Ed. Dunod*, Paris : p689.
- [218] **RAMADE F., 1984**-Elément d'écologie: Ecologie fondamentale. Ed: Mc Graw Hill. Paris. 397p.
- [219] **KWOK H. K. ET CORLETT R. T., 2001** – Seasonality of forest invertebrates in Hong Kong, South China. *Journal of Tropical Ecology*, 18 : 637 – 644.
- [220] Steward J., 1977 [1968], « The Concept and Method of Cultural Ecology » : 43-57, in J. C. Steward et R. F. Murphy (dir.), *Evolution and Ecology : Essays on Social Transformation by Julian H. Steward*. Urbana, University of Illinois Press.
- [221] **QUEZEL P; BARBERO M., 1982** - Definition and characterisation of mediterranean type of ecosystems, *Ecologia mediterranea*, Tome VIII, 1-2: 15-29
- [222] **YAHY N. et MADIOUNI K., 1997**- Phytosociologie des groupements à cèdre (*Cedrus atlantica* Man.) du massif de Theniet El Had. Coll. Phyto., Bailleul, Pp : 479 – 490.
- [223] **FENDIL. 2007**- Etude des insectes liés aux cônes du cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica* .M) dans le parc national de Theniet el Had. Ed : Thèse Ing uni de Tiaret, 65p.
- [225] **PARDE, J. BOUCHON J, 1988**- Dendrométrie recherches à l'INRA, Département des recherches forestières *et flore forestière* - Ecole Nationale du génie rural, des Eaux et Forêts, 1988 - 328 pages
- [226] **RONDEUX J., 1999**. La mesure des peuplements forestiers.Gembloux, Belgique, Presses agronomiques de Gembloux,522 p.
- [227] **LECOMTE H., KOESTEL G., RONDEUX J, 2002**- La gestion forestière durable en Région wallonne, intégration d'indicateurs appropriés à l'inventaire permanent. Cah. For. Gembloux. 27, 20 p
- [228] **HENIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1969**. - Le profil cultural, 332 p., 2' Ed., Masson, Paris.
- [229] **DENIS, 2000** La mise en place concertée des plans de gestion Site Natura 2000
- [234] **BONNEAU M, 1988**.Le dépérissement des forêts en Europe.Rech.205 (19), décembre 1988. Pp : 1542-1556.
- [235] **KHELIL.A, 1995.**, Abrégé d'entomologie. Ed :OPU, d'Alger.103p
- [237] **MAHARI S .,1980**- Etude de la communauté des insectes frondicole dans la forêt de la mamoura(maroc) .these 3eme cycle.univ.AIX-marseille.1-200.
- [238] **MOUNA , 1982.**-Recherche écologiques sur le peuplement frondicole des insectes du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le moyen atlas marocain .TH. Docteur de spécialité .Université d'Aix Marseille. 121p
- [239] **MEHENNI M., 1994**- recherches écologiques et biologiques sur les Coléoptères de cédraie Algériennes. Thèse Doc., U. S. T. B. H. Alger, 240 p.
- [240] **BENKHELIL M.L., (1992)** – Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie

terrestre. Ed. Office. Pub. Univ., Alger, 60 p.

- [241] **DE PEYERIMHOFF P., 1933** - Les Coléoptères attachés aux Conifères dans le Nord de l'Afrique. Ann. Soc. Entomol. Fr., 102, Pp : 359-412.
- [242] **SOLDATI F., 2002** - Les Coléoptères des milieux ouverts de la réserve naturelle de Jujols (66 Pyrénées-Orientales) et de ses environs immédiats : premier inventaire des principales espèces et rapports avec les milieux prospectés. Ed. OPIE-LR, Languedoc-Roussillon, 33p.
- [244] **Mouna M et Arahou M (1986)** : Comparison of coleoptera populations in Morocco of cedar (*Cedrus Atlantica* Man) and Thuya (*Tetraclinis Articulata* Vahl and Bnth)]. [French]
- [245] **SERRANO, MIP, MELLO S.L.M, ME,DES, K.C.F.S. AND JORGE, LAC, 1997-** efeito de práticas de cultivo mínimo e intensivo do solo sobre a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, configuração do sistema radicular e nutrição mineral de povoamentos de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba, 94p. (final research report for FAPESP)
- [247] **ABDENDI ZINE EL ABIDINE , 2003** - Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte Volume 14, numéro 4, OCTOBRE-NOVEMBRE-DÉCEMBRE 2003. Synthèse. En accès libre ... causes et stratégie de lutte (p.209-18)
- [248] **HOUAMEL, 2012-** Contribution a l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna cas du parc national du Belezma. Thèse Mag., Université Aboubekr Belkaïd Tlemcen . Alger, 93 p. :
- [249] **GHAIOULE D, LIEUTIER F, 2009-** dépérissement du cèdre et relations avec les facteurs biologiques dans le Moyen atlas, Ann Rech For Maroc, 41 ;69-77
- [250] **BONNEAU M ET FRICKER C, 1985** : Le dépérissement des forêts dans le massif Vosgien: relations possibles avec la pollution atmosphérique. Revue Forestière Française 37, n°sp, 105-126.
- [251] **Till C., 1986-** L'influence des facteurs écologiques sur l'épaisseur des cernes du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (End.) Carrière) au Maroc. *Ecologia Mediterranea* 12: 33-47.
- [252] **GARADI A, 1992-** Prospective des besoins en eau et anticipation de la demande. These pour le Doctorat de Sciences Economiques. Université de Grenoble. 269 p. Angola: 51. FAO
- [253] **GOUAREF K, 2012** : Contribution à l'étude cartographique et écologique du dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le massif de GUETIANE (W-BATNA). Mémoire de magister. Université de Batna. 126 p.
- [254] **RIPERT C ET BOISSEAU B, 1994 RIPERT (C), BOISSEAU (B).** — Écologie et croissance du Cèdre de l'Atlas en Provence. — CEMAGREF, 1993. — 81 p Rapport d'étude)
- [255] **QUZEL. P, 1980-** Definition and characterisation of mediterranean type of ecosystems, *Ecologia mediterranea*, Tome VIII, 1-2: 15-29
- [256] **LAARIBYA S, ALAOUI A, GMIRA N ET NASSIM G .2012** : Contribution à l'évaluation de la

pression pastorale dans la *forêt* de la Maamora

- [257] **BECKER, R., WHEELER, E. L., LORENZ, K., STAFFORD, A. E., GROSJEAN, O. K., BETSCHAT, A. A., and SAUNDERS, R. M. 1981.** A compositional study of amaranth grain. *J. Food Sci.* 46:1175.
- [258] **KADIK B. 1987.** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie: Ecologie dendrométrie morphologie. OPU. Alger, 1987, 580p
- [259] **NEZAR KEBAILI M., 2009** - Influence de quelques variables du milieu sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Belezma (Batna). Mémoire de magister. Université de Batna. pp: 73.
- [260] **RONDEUX (J.).** — La Mesure des arbres et des peuplements forestiers. — Gembloux : Les Presses Agronomiques, 1993. — 521 p.
- [261] **DERAKM, M' HIRIT O, MOUFLIH B ET MOHAMED ET-TOBI M, (2008)** - nfluence de la densité et du type de peuplement sur le dépérissement du *Cèdre* à Sidi M'Guild (Moyen ... Des péripéties de la gestion forestière en *forêt* méditerranéenne en basse montagne p. 41. La tournée 2007 de ... XXIX, n° 1 mars 2008
- [262] **AOUBOUAZZA M, 2017-** Influence des propriétés hydrodynamiques du sol sur la sensibilité au dépérissement du cèdre dans le causse moyen-atlasique central marocain. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2017) 5 (3): 293-303 pp 293 -303*
- [264] **ANDRÉ (J .), GENSAC (P .), PELLISSIER (F .), TROSSET (L .)** . — Régénération des peuplements d'Épicéa en altitude : recherches réliminaires sur le rôle de l'allélopathie et de la mycorhization dans les premiers stades du développement. — *Revue d'Écologie et Biologie du Sol*, vol. 24, 1987, pp. 301-310.
- [265] **BAIZE D., 2000** : Guide des analyses en pédologie Editeur(s) : INRA Collection : Techniques et pratiques Nombre de pages : 266 pages
- [266] **VENNETIER M., RIPERT C., BROCHIERO F., RATHGEBER C., CHANDRIOUX O., ESTEVE R., 2010.** Évaluation de la croissance du Pin d'Alep en région méditerranéenne française. *Revue Forestière Française* 5: 11-17.
- [267] **LEITIER F , 2002.** Mechanisms of resistance in conifers and beetle attack strategies. In : wagner Mr. Clancy KM, Lieutier F et al (rds) Mechanisme and deployment of resitance in trees to insects, Kluwer, Dordrecht, pp 31-75
- [268] **SAUVAGE C. 1963.** Etages bioclimatiques. *Atlas du Maroc. Notices explicatives*, Pl. 6b.
- [269] **KRAMER P.J, 1983-** water relations plants. Academic press, New York, London, Paris, San Diego, Sao Paulo, Sydey, Tokyo, Toronto
- [270] **TURNER, M.G.; R.H. Gardner et R.V. O'Neill, 2001-** Landscape Ecology in Theory and Practice. Springer-Verlag, New York, NY, USA.

- [271] **BRADFORD K.J., 1983** - Involvement of plant growth substances in the alteration of leaf gas exchange of flooded plants. *Plant. Physiol.*, 73,480-483.
- [272] **MANDALLAZ D, SCHLAEPFER R, ARNOULD J (1986)**. Dépérissement des forêts : essai 'analysedes dépendances. *An sci for* 43, 441-458
- [273] **VON MURRI M, SCHLAEPFER R (1987)**. Zusammenhänge von Kroneneigenschaften und Durchmesser-bzw. Grundflächenzuwachs von Fichte auf zwei Gebirgsstandorten. *Forstwiss Centrabl Ham* 106, 328-340
- [274] **STEWART (Ph), 1968** - Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère. Quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Nat. d'Afr. du Nord*, 59, pp. 23-39.
- [275] **SPIECKER (H .).** — Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950-1984. - *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, vol. 157, n° 8, 1986, pp . 152-164
- [276] **BECKER M., LÉVY G., 1988**. A propos du dépérissement des forêts: climat, sylviculture et vitalité de la sapinière vosgienne. *Revue forestière française*, 40, 5, 345-358
- [277] **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 magister, INA, Alger.
- [279] **BALACHOWSKY, 1936** : Les insectes nuisibles aux plantes cultivées
- [280] **THERY A. 1928**. Etudes sur les buprestes de l'Afrique du Nord. *Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc*, XIX, 587 p.
- [281] **DE PEYERIMHOFF P., 1933** - Les Coléoptères attachés aux Conifères dans le Nord de l'Afrique.*Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 102 : 359-412.
- [283] **LABLOKOFF-khnzorian SM ,1966-** DVA Novyjh vida zhestkokrylykh iz armyanskoi SSR (insecta, Coleoptera). Two new species of Coleoptera from the Armenian republic (insecta. Colcoptera). *Doklady akademii Nauk Armyanskoi SSR* 42 (5) : 309-314 (in rUSSian).23 Nov 1966, (reccorded at BMNH).
- [284] **NOVAK, J. D.** Understanding the learning processes and effectiveness of teaching methods inthe classroom laboratory and field. *Science Education*, 60(4), 1976, pp. 493-512
- [285] **KULA E., ZABECKI W.(2001)-** Attractiveness of spruce for cambioxylophages as related to stand age. *Journal of Forest Science*, 47: 88–96
- [286] **ABDELHAMID D. ET CHAKALI G., 2008** - Diversité entomologique du cèdre de l'Atlas, *Cedrusatlantica* (Manetti, 1844) dans le Parc National de Theniet El Had (Algérie) (Résumé). CongrèsInternational sur la diversité biologique des Invertébrés en milieux Agricoles et Forestiers, INA,El-Harrach Alger, p. 59
- [288] **BENAZOUN, A. (2004)**. Répartition des attaques de *Ruguloscolytus amygdali* Guerin

(Coleoptera Scolytiade) sur amandier dans la région de Tafraout. *Actes. Inst. Agro. Vet. (Maroc)*, 24 (1-2) :35-44.

- [289] **MOUNA M. ET FABRE J.-P. 2005.** Pests insects of cedars: *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in the Mediterranean area. In: F. Lieutier and D. Ghaïoule, Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems. INRA Editions, Science Update Series, INRA, Paris, pp. 89-104.
- [290] **KOCHER, L. 1956-** Catalogue commenté des Coleopteres du Maroc. V. Heteromeres (Tenebrionides exceptes). *Trav. Inst. Sci. Cherifien, Ser. zool.*, 10: 1-107.
- [291] **MOUNA M, 2009** *Phaenops marmottani* Fairmaire (Coleoptera Buprestidae), xylophage primaire pour le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) Bulletin des l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2009, n° 31 (2), 85-90.
- [292] **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 : 121-144
- [293] **ABDELHAMID D Et ALLAL-BENFEKIH L, 2017 :** Le complexe entomologique du cèdre de l'atlas, *Cedrus atlantica* (Manetti, 1844) de la Cédraie Naturelle de Theniet El Had (Algérie). *Revue Écologie-Environnement* (13) : 2017 pp 21-26
- [294] **GERMAIN J-FJ JN J), BOUTTE B, BOIVIN T ET CHALON A), 2014-** un nouveau parasite dans les forêts de cèdre de l'atlas :la cochenille des Alguilles *Dynaspidiotus regneri* bilan de la santé des forêts en 2013 PP 1-6
- [296] **FODIL L ,KIDOUD F ET OUATOUAT M ., 2012 :** Contribution à l'étude de la Dynamique des populations d'insectes frondicoles (en particulier les cochenilles) du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti 1844*) dans le parc national de Theniet El Had (Tissemsilt) Algérie. Thèse de ingeniorat. Faculté des sciences. Université ibn khaldoun, Tiaret, 80 p.
- [297] **MILLER, K.G., MOUNTAIN, G.S., WRIGHT, J.D., AND BROWNING, J.V., 2011,** A 180-million-year record of sea level and ice volume variations from continental margin and deep-sea isotopic records: *Oceanography*, v. 24, p. 40–53, doi:10.5670/oceanog.2011.26
- [298] **HOFFMANN A, 1950-1958-** faune de grande, paris, Lechevalier.
- [299] **TALBI Y., 2010-** Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans la région de batna : cas de la cédraie de Belezma. Thèse de Magister. Faculté des sciences. Université El-hadj Lakhdar, Batna, 8 p.
- [300] **DE PEYERIMHOFF P., 1919 - Notes sur la biologie de quelques coléoptères phytophages du Nord africain, 3ème série, Ann. Soc. entomol. Fr., 88 :169-258.**
- [301] **BALACHOWSKY A.S. 1969.** Les Scolytes du Cèdre dans le Nord de l'Afrique. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)*, 5, 3, 647-655.

- [302] **DOBESBERGER E. J., (2003)**-Hylesinus varius. Ash Bast Beetle. Pest Facts Sheet. Plant Health Risk Assessment Unit. Science Division. Canadian Food Inspection Agency. 9 p.
- [303] **BALACHOWSKY A.S.** 1963.*Entomologie appliquée à l'Agriculture*. Tome I, vol. 2, Masson, Paris, 1391 p.
- [304] **DE PEYERIMHOFF P. 1919.** Notes sur la biologie de quelques Coléoptères phytophages du Nord-africain. *Ann. Soc. Entomol. France*, 169-258.
- [306] **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.
- [307] **TALBI Y ET BOUHRAOUA R .T, 2015 :** Complexe xylophage associé au dépérissement du Cèdre de l'Atlas au Bélezma (Algérie) *Lebanese Science Journal*, Vol. 16, No. 1, 2015 PP 97-106.
- [308] **BENHALIMA S., VILLEMANT C., LIEUTIER F. et MOUNA M., 1999 -** Chronologie des attaques de xylophages (Coleoptera : Scolytidae) ravageurs du cèdre, *Cedrus atlantica* (Pinaceae), dans le Myen Atlas (Maroc). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* (N.S.), 35 : 206-212
- [309] **BRUSTEL H., BERGER P. et COCQUEMPOT C., 2002 -** Catalogue des Vesperidae et des Cerambycidae de la faune de France (Coleoptera). *Ann. Soc. entomol. Fr.* (n.s.), 38 (4), Pp : 443-461.

ANNEXES

Annexe 01. Date et nomùbre d'espèces réoltées par pièges dans chaque station.

Date de sortie	PEPINIERE (Nombre d'espèces récoltées par piège)					PRE BENCHOHRA (Nombre d'espèces récoltées par piège)					ROND POINT (Nombre d'espèces récoltées par piège)				
	PIA	PF	CE	ECR	BA	PIA	PF	CE	ECR	BA	PIA	PF	CE	ECR	BA
02/07/2015	08	17	11	15	07	13	16	07	37	08	07	13	12	15	06
25/07/2015	05	20	04	22	06	09	18	04	58	03	12	16	05	09	08
15/08/2015	04	12	02	10	03	06	12	03	22	03	07	08	03	10	02
03/09/2015	02	13	00	11	00	04	13	02	25	01	08	09	01	10	01
01/10/2015	03	08	00	07	02	05	06	02	14	00	04	04	00	12	03
15/10/2015	01	10	00	08	00	03	10	02	17	02	06	06	00	05	00
04/11/2015	00	14	01	13	03	03	13	09	32	02	06	08	01	06	02
23/11/2015	02	07	03	06	01	05	07	07	11	03	02	03	03	07	01
13/12/2015	02	09	01	08	02	04	09	06	17	00	03	05	01	07	02
05/01/2016	01	04	00	05	00	03	03	04	18	02	02	00	00	04	00
20/01/2016	00	02	00	01	00	01	02	02	03	00	01	04	00	02	00
10/03/2016	03	07	01	01	01	06	05	05	03	01	03	03	01	02	01
27/03/2016	01	03	03	02	02	04	02	06	06	01	01	05	03	03	01
16/04/2016	02	03	05	05	04	05	03	05	08	04	01	05	05	04	02
25/04/2016	04	06	00	07	02	07	08	03	07	02	03	08	00	06	01
05/05/2016	06	14	03	12	06	11	12	04	27	07	07	10	04	09	06
09/05/2016	04	10	05	10	04	09	08	05	22	04	05	08	06	21	04
15/05/2016	12	21	09	18	08	16	19	08	46	07	13	16	10	14	08
05/06/2016	12	18	00	15	14	24	31	02	18	10	11	16	00	07	02
27/06/2016	10	25	00	10	18	20	27	06	15	13	08	21	00	05	12
TOTAL	82	223	48	186	83	158	224	92	406	73	110	168	55	158	62
	622					953					553				
	2128														

PIA : Piège d'interception aérienne, PF : Piège fosse, CE : Cage d'émurgence, ECR : Ecorçage, BA : Battage.

Annexe 02. Liste des coléoptères inventoriés par les cinq méthodes d'échantillonnage dans la station pépinière, leurs effectifs et leurs groupes trophiques.

Station I : Pépinière							
Espèces	Effectifs						
	PIA	PF	CE	ECR	EA	TOTAL	GT
Scolytidae							
<i>Scolytidae</i> sp	00	00	07	00	00	07	Xy
Curculionidae							
<i>Brachyderus alpinus</i> (Lucas, 1849)	00	06	00	00	00	06	Xy
<i>Aristobryachus barbatus</i> (Rossi, 1792)	00	14	00	03	00	17	Xy
<i>Sitona</i> sp	35	03	03	11	29	81	Xy
<i>Brachyderus pubescens</i> (Soliman, 1833)	00	13	17	28	00	60	Xy
<i>Curculio</i> sp	00	00	00	02	00	02	Xy
Apionidae							
<i>Ceratopion</i> sp	02	00	00	00	00	02	Ea
Euprestidae							
<i>Euprestes</i> sp	02	00	01	09	04	16	Xy
<i>Lathylathys plana</i> (Olivier, 1790)	00	00	00	04	00	04	Xy
Limoniinae							
<i>Drapetes cinctus</i> (Panzer, 1796)	01	00	00	00	00	01	Xy
Meloidae							
<i>Meloe proscarabaeus</i> (Linnaeus, 1758)	00	14	00	00	00	14	Ea
<i>Beberus meloe majalis</i> (Linnaeus, 1758)	00	11	00	00	01	12	Ea
Elatridae							
<i>Laelon punctatus</i> (Herbst, 1779)	00	00	00	02	00	02	Sx
<i>Agriotes sordidus</i> (Linnaeus, 1758)	13	00	09	10	03	35	Sx
<i>Athous haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801)	03	00	01	10	21	35	Sx
Scarabidae							
<i>Sisyphus schaefferi</i> (Linnaeus, 1758)	00	23	00	00	00	23	De
<i>Copris hispanicus</i> (Linnaeus, 1764)	00	09	00	00	00	09	De
<i>Scarabaeus variolosus</i> (Fabricius, 1781)	00	27	00	00	00	27	De
<i>Rhinotrogus</i> sp	01	00	00	00	00	01	De
Carabidae							
<i>Carabus foveolatus</i> (Fairmaire, 1839)	00	13	00	00	00	13	Pr
<i>Metadromius myrmidon</i> (Fairmaire, 1839)	01	00	00	00	00	01	Pr
<i>Harpalus</i> sp	03	18	00	15	15	31	Pr
<i>Amara</i> sp	02	00	00	07	03	12	Pr
Coccinellidae							
<i>Coccinella algirica</i> (Linnaeus, 1758)	10	00	00	00	01	11	Pr
Histeridae							
<i>Hister</i> sp	00	02	00	00	00	02	Pr
Staphylinidae							
<i>Oxygaster olivaceus</i> (O.F. Müller, 1764)	00	07	00	00	00	07	Pr
Tenebrionidae							
<i>Akis elegans</i> L. (Chaupentier, 1813)	00	15	00	33	00	48	Sx
<i>Tenebrio molitor</i> (Linnaeus, 1758)	03	11	00	20	00	34	Sx
<i>Pimelia interjecta</i> (Solier, 1836)	00	25	00	03	00	28	Sx
<i>Cathartes silvaticus</i> sp	00	00	10	21	03	34	Sx
<i>Tenebrio</i> sp	00	06	00	08	00	14	Sx
Cetoniidae							
<i>Prospinetes aqualida</i> (Scopoli, 1763)	00	00	00	00	03	03	Sx
<i>Cetonia funeraria</i> (Percheron, 1833)	01	00	00	00	00	01	Sx
Chrysomelidae							
<i>Lebidostomus turicensis</i> (Fabricius, 1792)	03	00	00	00	00	03	Ea

Xy : xylophages, Sx : Saproxylophages, Dé : Détritiphages, Pr : Prédateurs, Ea : Espèces accidentelles.

Annexe 03. Liste des coléoptères inventoriés par les cinq méthodes d'échantillonnage dans la station pré benchohra, leurs effectifs et leurs groupes trophiques.

Station II : Pré Benchohra							
Espèces	Effectifs						GT
	PIA	PF	CE	ECR	EA	TOTAL	
Scolytidae							
<i>Scolytidae sp</i>	00	00	03	00	00	03	Xy
Curculionidae							
<i>Brachycerus Algerus</i> (Lucas, 1849)	00	00	00	04	00	04	Xy
<i>Anisotrynetus barbatus</i> (Rossi, 1792)	00	23	00	36	00	61	Xy
<i>Sitona sp</i>	33	01	03	21	03	67	Xy
<i>Balaninus glandium</i> (Marsham, 1802)	13	00	02	10	06	31	Xy
<i>Brachyderes pubescens</i> (Boheman, 1833)	00	13	29	46	00	90	Xy
<i>Curculio sp</i>	04	00	00	06	00	10	Xy
Apionidae							
<i>Ceratopion sp</i>	09	00	00	00	00	09	Ea
Buprestidae							
<i>Buprestes sp</i>	08	00	00	13	08	31	Xy
<i>Buprestis aurulenta</i> (Linnaeus, 1758)	03	00	00	04	00	09	Xy
<i>Latipalpis plana</i> (Olivier, 1790)	04	00	00	06	00	10	Xy
Cerambycidae							
<i>Furpuricenus Desfontainii</i> (Fabricius, 1792)	01	00	00	00	02	03	Xy
<i>Leptura sp</i>	06	00	00	04	00	10	Xy
Limoniinae							
<i>Draperus cinctus</i> (Panzer, 1796)	01	00	00	00	00	01	Xy
Meloidae							
<i>Meloe proscarabaeus</i> (Linnaeus, 1758)	00	11	00	00	00	11	Ea
<i>Barbaro meloe majalis</i> (Linnaeus, 1758)	00	17	00	00	00	17	Ea
Elateridae							
<i>Laeon punctatus</i> (Herbst, 1779)	16	00	13	39	00	68	Sx
<i>Agriotes sordidus</i> (Linnaeus, 1758)	03	02	23	93	31	136	Sx
<i>Athous haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801)	21	00	09	34	17	81	Sx
Scarabidae							
<i>Styphus schaefferi</i> (Linnaeus, 1758)	00	43	00	00	00	43	De
<i>Copris hispanicus</i> (Linnaeus, 1764)	00	01	00	00	00	01	De
<i>Scarabaeus variolosus</i> (Fabricius, 1787)	00	07	00	00	00	07	De
<i>Rhinotrogus sp</i>	03	02	00	00	00	05	De
Carabidae							
<i>Carabus lamini</i> (Fairmaire, 1859)	00	21	00	00	00	21	Pr
<i>Metadromius myrmidon</i> (Fairmaire, 1859)	01	00	00	02	00	03	Pr
<i>Harpalus sp</i>	00	02	00	13	00	15	Pr
<i>Amara sp</i>	00	00	00	06	00	06	Pr
Coccinellidae							
<i>Coccinella algerica</i> (Linnaeus, 1758)	19	00	00	00	02	21	Pr
Staphylinidae							
<i>Oxygus olens</i> (O.F. Müller, 1764)	00	03	00	00	00	03	Pr
<i>Quedius xanthopus</i> (Enckson, 1839)	00	00	00	01	00	01	Pr
Tenebrionidae							
<i>Ahis elegans</i> L (Charpentier, 1813)	00	37	00	13	00	52	Sx
<i>Tenebrio molitor</i> (Linnaeus, 1758)	01	07	00	03	00	13	Sx
<i>Pimelia interjecta</i> (Solier, 1836)	00	26	00	03	00	31	Sx
<i>Cathartus silvanus</i> sp	00	00	06	26	02	34	Sx
<i>Tentyria sp</i>	00	04	00	13	00	19	Sx
Cetoniidae							
<i>trojanota aqualida</i> (Scopoli, 1783)	02	00	00	00	00	02	Sx
<i>Cetonia funebris</i> (Percheron, 1833)	01	00	00	00	00	01	Sx
Dermestidae							
<i>Anthrenus delicatus</i> (Kiesenwetter, 1851)	01	00	00	00	00	01	De
Chrysomelidae							
<i>Labidostomis taxicornis</i> (Fabricius, 1792)	01	00	00	00	00	01	Ea
<i>Clytra quadripunctata</i> (Fabricius, 1792)	01	00	00	00	00	01	Ea

Annexe 04. Liste des coléoptères inventoriés par les cinq méthodes d'échantillonnage dans la station Rond point, leurs effectifs et leurs groupes trophiques.

Station III : Rond point							
Espèces	Effectifs						
	PIA	PF	CE	ECK	EA	TOTAL	GT
Curculionidae							
<i>Brachyderes algerius</i> (Lucas, 1849)	00	11	00	00	00	11	Xy
<i>Anisorhynchus barbatus</i> (Rossi, 1792)	00	04	00	00	00	04	Xy
<i>Sitona</i> sp	31	00	02	03	06	42	Xy
<i>Brachyderes pubescens</i> (Sohman, 1833)	00	03	08	21	00	34	Xy
<i>Leius algerius</i> (Linnaeus)	06	00	00	00	00	06	Xy
Apionidae							
<i>Ceratopion</i> sp	03	00	00	00	00	03	Ea
Euprestidae							
<i>Euprestis</i> sp	09	00	00	13	02	24	Xy
<i>Leptogaster plana</i>	02	00	00	00	00	02	Xy
Meloidae							
<i>Meloe proscarabeus</i> (Linnaeus, 1758)	00	06	00	00	00	06	Ea
<i>Berbera meloe majalis</i> (Linnaeus, 1758)	00	14	00	00	00	14	Ea
Elateridae							
<i>Lecon punctatus</i> (Herbst, 1779)	02	00	11	17	00	30	Sx
<i>Agriotes sordidus</i> (Linnaeus, 1758)	20	03	17	34	22	98	Sx
<i>Akheos haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801)	17	00	12	27	13	69	Sx
Scarabidae							
<i>Styphus schaefferi</i> (Linnaeus, 1758)	00	33	00	00	00	33	De
<i>Copris hispanicus</i> (Linnaeus, 1764)	00	03	00	00	00	03	De
<i>Scarabaeus variolosus</i> (Fabricius, 1787)	00	06	00	00	00	06	De
<i>Rhinotragus</i> sp	00	03	00	00	00	03	De
Carabidae							
<i>Carabus fovei</i> (Fairman, 1839)	00	06	00	00	00	06	Pr
<i>Parallelomorpha laevigata</i> (Fabricius, 1792)	00	00	00	01	00	01	Pr
<i>Metadromus myrmidon</i> (Fairman, 1839)	00	00	00	01	00	01	Pr
<i>Harpalus</i> sp	00	06	00	10	00	16	Pr
<i>amara</i> sp	01	03	00	01	00	05	Pr
Coccinellidae							
<i>Coccinella algerica</i> (Linnaeus, 1758)	17	00	00	00	06	23	Pr
Histeridae							
<i>Hister</i> sp	00	01	00	00	00	01	Pr
Staphylinidae							
<i>Oxygus olens</i> (O.F. Miller, 1764)	00	17	00	00	00	17	Pr
Tenebrionidae							
<i>Akis elegans</i> L (Charpentier, 1815)	00	13	00	00	00	13	Sx
<i>Tenebrio molitor</i> (Linnaeus, 1758)	00	12	02	28	11	53	Sx
<i>Pimelia interjecta</i> (Solier, 1836)	00	11	00	00	00	11	Sx
<i>Cathartus silvanus</i> sp	00	00	03	01	00	04	Sx
<i>Tanytris</i> sp	00	03	00	01	00	06	Sx
Cetoniidae							
<i>Imaginetia aqualida</i> (Scopoli, 1763)	00	00	00	00	02	02	Sx

Annexe 05. Photos de différentes espèces coléoptères récoltées.



1 : *Copris hispanicus* (Col. Scarabidae), 2 : *Scarabaeus variolosus* (Col. Scarabidae), 3 : *Sisiphus schaefferi* (Col. Scarabidae), 4 : *Cetonia funearia* (Col. Histeridae), 5 : *Ceratapion* sp (Col. Apionidae), 6 : *Berberoa meloe majalis* (Col. Meloidae), 7 : *Rhizotrogus* sp (Col. Scarabidae), 8 : *Lacon punctatus* (Col. Elateridae), 9 : *Catharto silvanus* sp (Col. Elateridae), 10 : *Pimelia interjecta* (Col. Tenebrionidae), 11 : *Akis elegans* L (Col. Tenebrionidae), 12 : *Anthrenus delicatus* (Col. Dermestidae), 13 : *Tentyrea* sp (Col. Tenebrionidae), 14 : *tropinota squalida* (Col. Citoniidae), 15 : *Catharto silvanus* sp (Col. Tenebrionidae), 16 : *Meloe proscarabaeus* (Col. Meloidae).

Could edaphic factors be at origin of *Cedrus atlantica* (Manetti, 1844) decay in the National Park of Theniet El Had (Northern Algeria)?

Djamel Abdelhamid¹, Leila Allal-Benfekih² and Mohamed Mouna³

¹Faculty of Nature and Life Sciences, University Ibn, Khaldoun, Tiaret, Algeria

²Faculty of Nature and Life Sciences. University of Blida I, Blida, Algeria

³Faculty of Science University, Mohamed V Rabat, Morocco

ABSTRACT

The authors have explored the relations existing between rate decay of three Atlas Cedar *Cedrus atlantica* districts at level of National Park of Theniet El had in north of Algeria, during sylvan campaign 2009/2010. District which represents the most important decay's rate among the three ones, is "Guerouaou" district with 11.23% followed by "Tourssout" with a rate equal to 10.08% and "Pépinière" district with a rate equal to 0.73%. Decay presents a strong correlation with pH Kcl.

Key words: Decay, edaphic factors, *Cedrus atlantica*, National Park of Theniet El Had, Algeria.

INTRODUCTION

Atlas cedar covers a surface of 161.800 ha in North of Africa with 131.000 ha in Morocco and 30.800 ha in Algeria [11]. According to Nedjahi [14], Algerian Cedar forests are split up in scattered islands representing more of 1.2% of total forest area evaluated to 4.1 million hectares. Atlas Cedars populations are localized essentially in the Center and at East of Algeria, through different bioclimatic stages where they constitute beautiful forests when ecological conditions are favorable, [1, 2,13,20]. Nevertheless, Cedar's area is in net decline because of decay phenomenon which has been picked out in the majority of cedar's Algerian forests [8, 22].

According to Helis [9], origin of this phenomenon remains still unknown. Several hypotheses have been done to explain it. Forest of Theniet El Had, has turned out to be a complex case where decay reaches until 20% of trees [12]. Facing to this painful situation which affects a natural interesting heritage, scientific considerations have been taken, although at small level, to elucidate these phenomenon true causes.

Researches on Algerian forests Cedar's decay are very fragmentary. Majority studies focused on effect of hydric stress, climatic changes or causes of forestry adjustments [21, 19]. From this prospective, our goal is to steer towards an approach of decay's investigations by trying to understand the possible role of different edaphic factors to be at origin of this decay's phenomenon, in order to better visualize sanitary state and lasting management of the cedar forests.

MATERIALS AND METHODS

1. Presentation of the region and studies sites

National Park of Theniet El Had is situated in the Algerian northern east, at 35°51'56'', 35°53'04'' of latitude and 01°55'30'' , 02° 01' 30'' of longitude, and the highest point of 1786m of altitude (Ras EL Braret), at level of Ouarsenis massif represented geologically by a chalky substratum constituted from tanned rendzines lithosols type. Massif of Ouarsenis is formed of two dissymmetrical slops; a southern sloping relatively soft and a very abrupt

northern one where has been realize our study. North-west part of the northern slop is constituted of hard and compact chalk and is surmounted by an abrupt and rocky face [10].

Our sampling of patches decay was based in the Northern West part of the massif slop at the level of three districts chosen among the most attacked by decay and named “pepiniere” “Guerouaou”, and “Tourssout” (figure, 1). In the latest ones, two sites of one hectare were chosen except the district “pepiniere” which was considered as control, according to Rondeux [18].

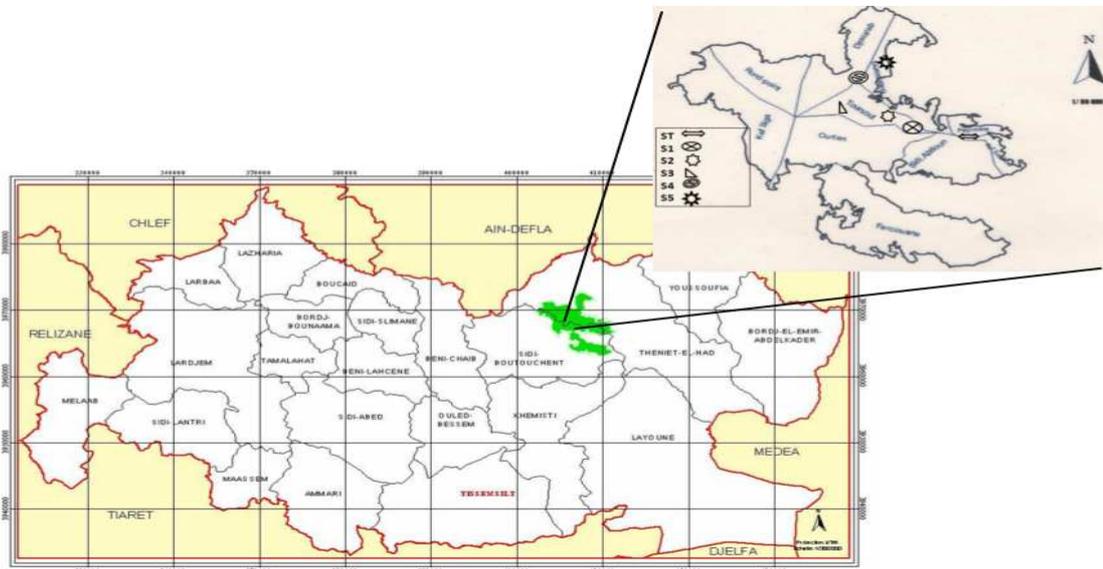


Fig.1. Localisation of the study sites in the National Parc of Theniet El Had in North of Algeria

2. Evaluation of decay rate

At level of each place, we have quantified individuals number of forest species, decayed individuals and healthy ones. We estimated the decay rate of one square in a site (DRS (%): $\text{Number of decayed individuals in a square} / \text{Total number of individuals in the place} \times 100$) and total decay rate (TDR %: $\text{Total number of decayed individuals} / \text{Total district number of individuals}$)

3. Edaphic analysis

Ground analysis is limited to two periods corresponding to dry season (october-november) and to period of the first rains (December). At these periods; ground is subject to its high stability in term of biological activity [17]. In each study site, 5 samples are removed: one from center and four others from the edge corners [4] in order to have representative samples and to better characterize edaphic properties of the experimental station in consideration of its limited area. Removed samples are dried at open air during one week, then ground and sieved with a sieve of 2 mm of mesh [6].

Content in ground water has been measured according quantity of earth by loss of weight after drying at 105°C. Measure of Ph has been made with the help of digital pH meter, total chalk by chalkymetry with help of chalk meter of Bernard, by volumetrically method. Organic matter through organic carbon was determined according to Anne's described method.

4. Microbiological analysis

Evaluation of microorganism mass is necessary to study fluxes in the ground of some items as carbon and nitrogen [16]. Indirect method, by inoculation in environment of suitable growing of ground suspension at different dilutions described by Dommergue [7] has been used. Reading of results was done after seven days of incubation and both bacteria and fungi microorganisms were studied.

4.1. Fungi Microscopic Analysis

Actinomycetes were developed in a solid medium and sown with ground suspensions with agar support for sowing. Tow drops of 0.1ml of suspension dilution at 10° C were put down and spread out with care on the whole surface of each 3 boxes. The nutritive solution first prepared, was homogenized and hatched at 28°C.

4.2. Microscopic analysis of aerobes bacteria

Aerobes bacteria were also developed in a solid medium and sown with ground dilutions suspensions with agar support. Two drops of 0.1mm of suspension dilutions at 10° C were put down on each 3 boxes and as soon as spread out, homogenized and hatched at 28°C.

The number of Aerobes bacteria (N) was calculated according to the formula: $N = \text{Mean of the developed colonies in the three boxes} \times \text{inverse of the dilution} \times \text{dryness coefficient} \times 10$. Dryness coefficient = $1 / (1 - \text{wet rate})$.

Ammoniated nutritious and denutritious microorganisms have been sown in salted liquid medium added with a characteristic medium for each microorganism type. Number of germs by one ground gram has been determined with the help of Mac-Cray table.

RESULTS

1. Sanitary state of the Atlas Cedar Studied sites

On the whole of the three districts walked round during this study, at level of northern side, we have taken in consideration various decay phases. This let to show decay's rate equal to 19.39% for the whole six stations. District which represents the most important decay's rate among the three ones, is Guerouaou district with 11.23% followed by Toursout with a rate equal to 10.08% and Pépinière district with a rate equal to 0.73% (Table 1). In the following, by convenience, and unless otherwise specified, term "decay" is applied for all types of died cedar or in decline.

Table 1: Evaluation of decay rate in the studied districts

District	Study site	square number/ site	Decay rate (%)
Pépinière	1	4	0.73
Guerouaou	2	8	11.23
Toursout	3	12	10.08

Decay rate is variable starting from 4.17% to 44.44% with rate increase from of place 19 which remains lightly upper at 35%, except for places 17 and 22 presenting very weak rate decay respectively 4.17% and 5.26%. Decay' rate is very variable from place to another with a tendency to increase. In general way, two zones of decay in earth surface can be underlined; a zone with high decay and a zone having a weaker decay.

2. Effect of edaphic factors on decay

Effect of edaphic factors on the estimated decay rate was analyzed by a principal component analysis. The two first axis explain information at more than 71.82%. Proper values of the first three axis (Figure 2) are relatively high and discerned according others proper values which are very close. The first proper value is in order of 27.3% with inertia rate corresponding to 38.98% for the first axis, which proves a more or less strong structure of cloud along this axis. Axis 1 is represented by pH Kcl in so far as where this one presents stronger contributions (+ 0.700). At the opposite of this axis, weaker contributions are represented by total chalk (-0.430). Axis 2 is represented by carbon and organic matter which successively represent higher contributions (+0.814) and (0.813) respectively. On negative side of this axis, water pH is characterized by weaker contributions (-0.50), opposing to carbon and organic matter. Axe 1 Decay presents a correlation of (-0.641), distribution of the most physico-chemical factors of the ground (pH, MO, Co) are found on the positive side of this axis. Axis 2 Decay presents a strong correlation with pH Kcl (+0.392), (+0.430) this is may be liable to very weak quantities of total chalk of these grounds. Euclidian distance calculation based on homogeneity of (-3), it results three groups: Group 1 essentially gathers p11, p12 p13 p17 p14 p15 p16 p21 p22 p23 p24 p4 p3 p2 represented by water pH, Kcl pH. Group 2 (G2) is formed by (organic matter, organic carbon, content in water, total chalk) in following plots P5 p6 p7 p8 p18 p20 p19. Presence p9 p10 Group 3 (G3), showed no information on properties that being enfeoffed.

1. Microbiological characteristics effect on decay

Proper values of the first three axes are relatively high and discerned according to others proper values which are very closer. The first proper value is in the order of 27.19% with inertia rate corresponding to 38.84% for the first axis which is proving a more or less strong structure of cloud along this axis.

In analysis in main component performed on microbiological identified and quantified characteristics (Figure 3), plans 1 and 2 are kept for they account for a maximum information on existing correlations between distribution of these microbiological factors and plots. This PCA let's appear: axe 1 that is represented by actinomycetes as far as where this one shows strongest contributions (+0.854). At the opposite of this axe, weaker contributions are represented by denitrifying (0.690). As for axis 2, it would seem that the last one shelters aerobes bacteria which

present higher contributions (+0.460). In the other hand the negative side of the same axe is characterized by nitrifying bacteria with weaker contributions (- 0.873), opposing the slope.

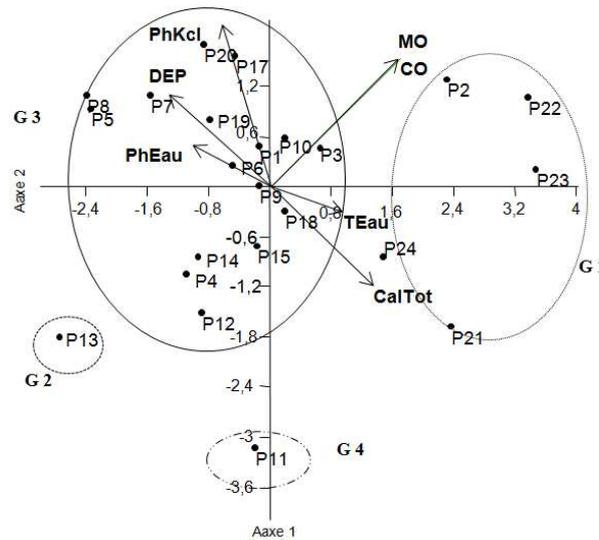


Fig.2. Principal components analysis (PCA) of edaphic factors of the Cedar Atlas and decay factors (DEP : Decline, TE au : Water content, Cal TOT : Total limestone, MO :Matter .Organic, CO : Carbon organic)

We notice that the two first axes of PCA explain information more than of 71.82% as it has been explained by axe 1 where decay presents correlation of (- 0.541), of major distribution of germs in solid environment (actinomycetes, mushrooms, aerobes bacteria) are found on positive side of the axe. In other respects at axis level 2, decay presents a strong correlation with aerobes bacteria (+0.456) to (0.460). On negative side of this axis nitrifying germs present a Cr = (- 0.873), which explain that limit dilution containing very weak nitrates quantity. Analysis of dendrograms and on a similarity base of (- 2.5) allows identifying three groups: group 1 (G1) gathers essentially p21. P23, p.22, p24, represented by actinomycetes germs and aerobes bacteria. As for group 2 (G2), this last one is formed by P19, p5, p6, p7, p4, p8, p20, p1, p17, p18, p2, p3. It is noted absence of information on properties which are enfeoffed. As for the last group 3 (G3), we note presence of mushrooms, Nitrifying, Ammonizing, Denitrifying for the following plots: p9, p10, p11, p13, p14, p15, p16.

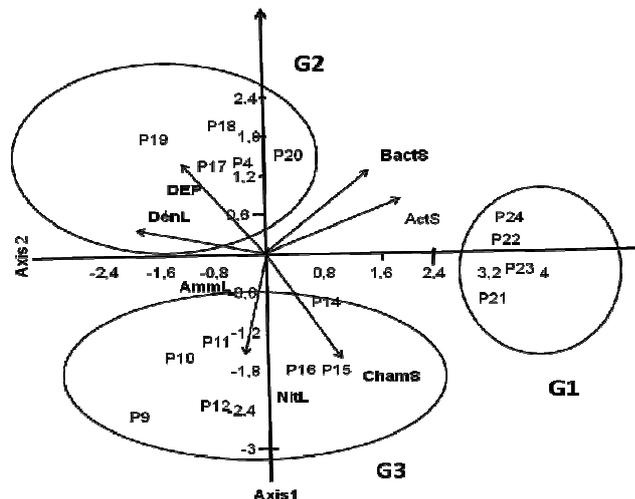


Fig.3. Principal components analysis (PCA) of Microbiological factors of the Cedar Atlas and decay factors (DEP : déperissement, ChamS : Champignon, BactS : Bactérie aérobie, ActS : Actinomycète, DénL : Dénitrifiant, NitL : Nitrifiant, Amm : Ammonifiant)

DISCUSSION

1. Possible relation decay-edaphic factors

Organic carbon quantity stored in forest grounds is equal about 2.5 times of that found in tree aerial biomass [5]. It makes up so, an important information to know forest contribution to carbon planetary result. Furthermore, organic

carbon quantity allows translating some ground characteristics like its fertility, its richness in organic matters and its possibility of water retention.

The closest variable in relation with organic carbon ground content is its color: more dark is the ground, more it is rich in organic carbon. PH values vary by opposite direction to organic carbon content of mineral horizon. However, we would be expecting to a positive regression coefficient, since litter decomposition is generally faster when ground's pH is weakly acid till neuter which translates a good biological activity. That can be explained owing to the fact that litter nature also influences the ground pH.

Furthermore, climate is also a variable which affects decomposition rate of the litter, but which has not been included in the model. This variable has been able to influence with indirect manner the content pH relation in ground organic carbon. Richer grounds in chalk or those presenting rich surface horizons in organic matters and in earthy alkalino items slow down germination mechanism and survival will be highly reduced [15].

Qualitative results of the studied sites show that organic matter rate is high in surface. In effect, an enriched ground in organic matter is in favor of best vegetal growing. pH and Kcl results show that whole Atlas Cedar sites are characterized by a light acidity that would have caused an accentuated decay in these stations (because a pH and Kcl upper to 7, as in our case, makes negative influence on others factors). This pH tendency is explained as a matter of fact, that Atlas Cedar litter naturally acid is balanced by a good floristic broad leaved trees. Acidifying effect due to mother rock nature is not accentuated because Cedar forests litter enriches grounds without acidifying [3]. Active chalk gives to the ground alkaline pH and turns so insoluble several indispensable items to plants (phosphore and some items-traces) [5].

2. Possible relation Decay-microbiological ground characteristics

Among all ground microorganisms, those are more numerous and smaller, their size generally does not exceed 0.5 to 0.1mm diameter to 0.2mm long. Grounds bacteria present anyway a net tendency to dwarfism [7]. They proliferate in richer and not much acid environments: They are particularly numerous around some plants roots (Poaceae, Fabaceae) within rhizosphere. Most of them are heterotrophic and saprophytes, they decompose celluloses, sugars which make up energy sources, and are mineralized in the major part under shape of CO₂. Actinomycetes seem to play a large role in transformation of some organic and mineral compounds of the ground, but this role is still bad known. They would be liable to decompose aromatic compounds (lignin, some tannin) and elaborate some humic acids by favoring peptide chains link with aromatic nucleus, particularly in quinonic. However, Fungic organism's role in the ground is considerable and very varied. That role plays particularly in decomposition phase of the fresh organic matter which precedes damping. Most of them are capable to decompose celluloses; some are susceptible to hydrolyze more resistant phenolic compounds, lignin and tannins. Some fungi organisms are associated to roots trees by forming mycorrhizae which facilitates growing and nutrition of contaminated species. According to principal component analysis (PCA) and obtained results, it seems that absence of fungi organisms would provoke germs disturbance as aerobes bacteria considerably grow while nitrifying diminish (-0.873).

CONCLUSION

In this work, we have underlined an estimation of Atlas cedar decay rate at level of 3 districts in National Park of Theniet El Had. We hypothesize that edaphic factors which have been explored by the physico-chemical characteristics, have a narrow relation with this phenomena. Microbiological side has also been approached in making highlight microorganisms role sampled at level of decayed rhizosphere plants (bacteria, fungi and actinomycetes). This contribution led to acquire new knowledge not still explored at the level of Cedar forests in National Park of Theniet El Had, to take in consideration in a best integrated management of Algerian Cedar forestry within the frame work of sustainable development.

REFERENCES

- [1] Abdessemed, K., *Doctorat thesies*, Univ Marseille, **1981**, 199 p.
- [2] Aussenac, G. Essai d'interprétation bioclimatique et écophysiological BUU. *Soc. Sci. Nat. Vaucluse*, **1984**, 72676p.
- [3] Andre, V.. Initiation à l'entomologie, Anatomie, biologie et classification. Place saint –Michel ,Paris, Tome1, 1979, 299p.
- [4] Bastide, A.,. *Méthodologie d'échantillonnage sur terrain sur terrain*. Masson, **1989**, 280p.
- [5] Becker, M. and Levy, G.,. *Ann.Sci.For*, **1987**, Vol 4 : 379-402.
- [6] Denis, B. Guide des Analyses pédologique, INRA. France, **2000**, 254p.
- [7] Dommergues, Y. La biologie des sols. Ed. Que sais-je ? Presse Universitaire de France, **1977**, 125p.

- [8] El Yousfi M., *Revue sécherrèsse*, **1994**, Vol.14, N°4 209p.
- [9] Helis, L. doctorat thesies, Univ Aix Marseille, **2006**, 200p.
- [10] Kacha, S. ingeniorat memory . Univerdity Tiaret, **2008**, 87p.
- [11] Khanfouci, M. Doctort thesies, Univ. El Hadj- Lakhdar. Batna, **2005**, 248 p.
- [12] Lieutier, F., Vouland, G. et Pettinetti, M. *Rev. For. Fr.* XLIX, **1997** (3) : 215-224.
- [13] M'hirit, A. Cèdre, bilan et perspectives. Forêt méditerranéene, **1999**, Tome XX. (3) 91-100.
- [14] Nedjahi, A., Kolai, L., Khemici, M., Yassad, S. & Arabi, M., 3. Annales de la recherche Forestière .INRF.Alger, 199, 83p.
- [15] Nezar., Mémoire d'Ingéniorat INA. El Harrach, Alger, **1980**, 58p.
- [16] Oulbachir, K. Master thesies, Univ de Tiaret, **1997**, 104 p.
- [17] Oulbachir, K., Dellal, A., Bekki, A.,. *Européen Journal os Scientific Researchs*. **2009** Vol. 36 (3) : 407-417.
- [18] Rondeux, J., Les cahiers forestiers de Gembloux, **2002** , N°28, Belgique, 17p.
- [19] Sarmoum, M. Master thesies USTHB ,Alger, **2008**., 175p.
- [20] Yahi, N., : *Revue sécherrèsse AUF*. **2007**, Volume14, N°4pp209.
- [21] Zedek, M., **1993**. Thèse Magister. INA. EL Harrach, Algérie, 87p.
- [22] Zine El Abidine, A.,. *Revue sécheresse. AUF*, **2003**, Volume14, N°4pp209.

IMPORTANCE DES COLÉOPTÈRES SYLVATIQUES ASSOCIÉS AU CÈDRE DE L'ATLAS AU NIVEAU DU PARC NATIONAL DE THENIET EL HAD (ALGÉRIE)

ABDELHAMID Djamel^{1,3*}, MARNICHE Faiza², ALLAL-BENFEKIH Leïla³, BENADJROUD Nadjib¹ et MOUNA Mohamed⁴

1. Université d'Ibn Khaldoun – Equipe de Recherche en Biologie de la Conservation en Zones Arides et Zones Arides. Laboratoire de Biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi-Arides. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie., 14000 Tiaret, Algérie.
2. Ecole Nationale supérieure Médecine Vétérinaire, Laboratoire de Zoologie, El-Allia, 16200, Algerie
3. Université de Blida1 – Département des Biotechnologies – Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales - B.P. 270 route de Soumaa, Blida 09000. Algérie
4. Université Mohammed V–Agdal, Institut Scientifique, Département de Zoologie et d'Ecologie Animale, Laboratoire de Zoologie ; B.P. 703 Agdal, 10090 Rabat, Maroc

Reçu le 17/05/2017, Révisé le 14/06/2017, Accepté et mis en ligne le 30/06/2017

Résumé

Description du sujet: Les dégâts des Coléoptères xylophages, qui sont le noyau de cette étude pour mettre en évidence leur rôle dans le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans la cédraie naturelle de Theniet El Had.

Objectifs: Inventaire et identification des Coléoptères xylophages associés aux dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans le parc national de Theniet El Had.

Méthodes: Le choix des méthodes d'échantillonnages s'est opéré à partir de quatre critères: l'efficacité, la sélectivité, le coût ainsi que la facilité de mise en œuvre. Chaque station est composée de: trois pièges à interception aérienne, dix pièges fosse ainsi que des techniques directes tels que le battage, l'écorage et la cage d'émergence.

Résultats: Les Curculionidae, Cerambycidae, Scolytidae, Buprestidae et Lissominae sont les familles de l'ordre de coléoptère xylophages les plus inféodées au cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet el Had.

Conclusion: Nos résultats ont montrés que la cedraie de Theniet El Had abrite des espèces de coléoptères xylophages inféodés dans le bois en voie de dépérissement. Il s'agit des Curculionidae, Buprestidae, Cerambycidae et Scolytidae qui provoquent sur cèdre des dégâts dont l'importance dépend de l'état sanitaire de l'arbre.

Mots clés : Cèdre de l'Atlas, dépérissement, Coléoptères xylophages, parc national de Theniet El Had.

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF AN INVENTORY OF WOOD-BORING BEETLES ATLAS CEDAR IN THÉNIET EL HAD NATIONAL PARK (ALGERIA)

Abstract

Description of the subject: The harmfulness of xylophagous Coleoptera, which are the core of this study to highlight their role in the decline of the Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in the Theniet El Had National Park

Objective: Inventory and Identification of Woodcutting Beetles associated with the Atlas Cedar (*Cedrus atlantica*) dieback in Theniet El Had National Park.

Methods: The choice of sampling methods was based on four criteria: efficiency, selectivity, cost and ease of implementation. Each station is comprised of: three aerial interception traps, ten pit traps as well as direct techniques such as threshing, debarking and emergence cage.

Results: The Curculionidae, Cerambycidae, Scolytidae, Buprestidae and Lissominae are the families of the most infected woodcut beetles in the Atlas cedars in the National Park of Theniet el Had

Conclusion: Our results showed that the cedar of Theniet El Had harbors species of woodcurrant beetles infiltrated in the declined wood, the families of Curculionidae, Buprestidae, Cerambycidae And Scolytidae which cause cedar damage depending on the health status of the tree.

Keywords : Atlas cedar (*Cedrus atlantica*), decline, dieback, wood boring beetles, national park Theniet El Had

*Corresponding author: ABDELHAMID Djamel, E-mail: abdelhamid_djamel@yahoo.fr

INTRODUCTION

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une espèce originaire d'Afrique du nord qui a toujours suscité un intérêt important en raison de ses nombreuses qualités forestières; le maintien d'un équilibre biologique, sa faible inflammabilité, sa production de bois de qualité, un port remarquable et esthétique [1, 2, 3, 4].

L'aire naturelle du cèdre de l'Atlas est très disjointe. Il occupe les montagnes de l'Afrique du nord et plus précisément celles du Maroc et de l'Algérie [5, 3, 6]. Son aire de distribution en Algérie est très morcelée ; en effet, elle se présente en îlots dispersés d'importance inégale [7].

En Algérie, le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) a affecté la majorité des cédraies avec des degrés variables [8, 9, 10]. En effet cette dégradation est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs parmi ceux d'origine abiotique [11,10].

Toutefois parmi les facteurs biotiques, les insectes xylophages, constituent un domaine pratiquement inexploré, seuls quelques travaux fragmentaires sont signalés dans la littérature [12,13]. Ces insectes xylophages dénommés de façon trop restrictive «mangeurs de bois» sont en réalité des insectes qui, selon les espèces, s'alimentent sur les racines, le tronc et les branches des arbres aux dépens de l'écorce, de la couche libérienne, de l'aubier et plus rarement, du bois de cœur, ils interviennent très souvent en dernière phase en accélérant le processus de dépérissement entraînant dans la majorité des cas la mort des arbres [14, 15].

Les études sur les coléoptères inféodés aux essences forestières ont été abordés dans différents biotopes de l'Algérie [16, 17], en revanche ceux de la Cédraie du Parc National de Theniet El Had, sont très limitées [18, 19]. Dans ce contexte nos investigations s'inscrivent à établir la liste des coléoptères xylophages de cette essence par différentes méthodes et identifier les espèces responsables d'éventuels dépérissement dans le but d'une protection phytosanitaire du cèdre de l'Atlas dans le cadre d'une gestion durable de notre patrimoine forestier

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Présentation du site

L'étude se situe dans la cédraie naturelle de Theniet El Had (Fig.1) d'une superficie d'environ 3 424 ha, à 35°51'56'' et 35°53'04'' de Latitude Nord et 01°55'30'' et 02°01'30'' de Longitude Est.. 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 1 600 m [10]. Ce milieu forestier constitue l'un des 22 zones importantes pour les plantes algériennes, qui héberge des espèces à haute valeur patrimoniale [20].

Sur le versant Nord du parc, plus froid et plus humide, où 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. Le versant Ouest du parc, on note une faible étendue du peuplement de cèdre [7].

2. Choix des stations

Les stations de cèdre choisies dans cette étude (figure 1 et tableau 1) abritent des peuplements sains, en voie de dépérissement, des arbres dépéris présentant des micro-habitats favorables à l'entomofaune xylophage telles des cavités basses ou hautes, des décollements d'écorce, la présence des champignons, des branches mortes..., et/ou du bois mort de gros diamètre au sol ou sur pied. Le choix de ces stations s'est basé sur l'importance des tâches du dépérissement sur ce massif forestier.

3. Méthodes d'étude

Différentes méthodes d'échantillonnage ont été utilisées en se basant sur leur efficacité, leur sélectivité, leur coût ainsi que leur facilité de mise en œuvre [21]. (Fig. 2 a à d). Les Pièges ont été mise en place au cours d'un cycle annuel entre Juillet 2015 jusqu'à Juin 2016 à raison d'une sortie par mois.

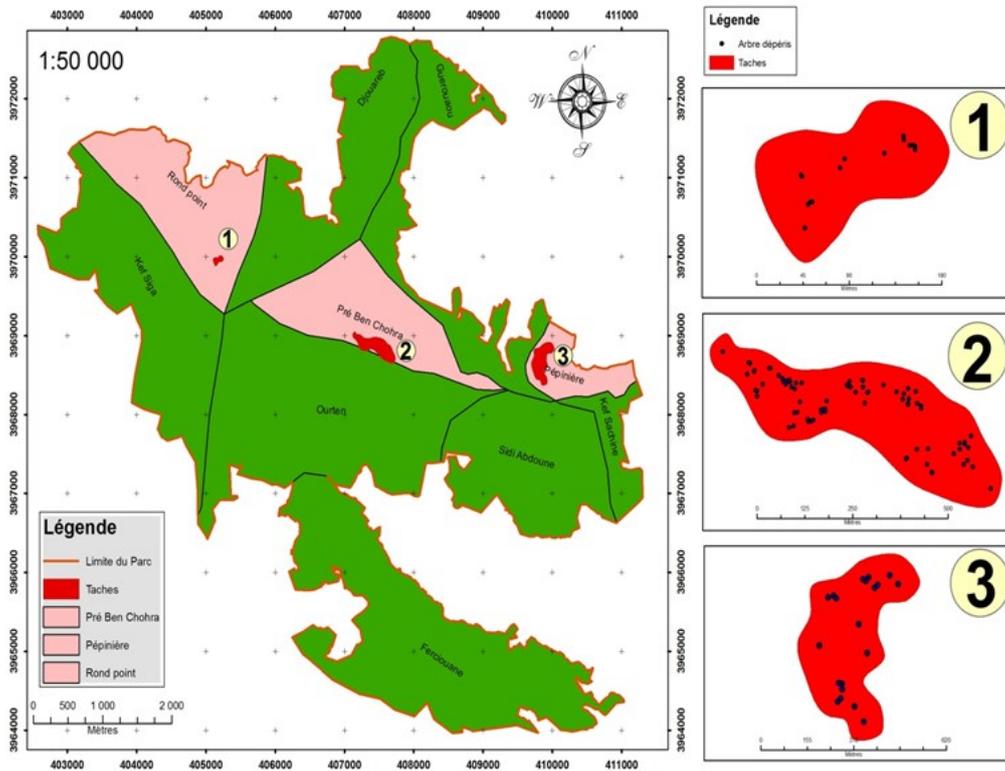


Figure 1: Délimitation de la zone d'étude dans le parc national de Théniet El Had (1 : Station Rond Point 2 : Station Pré Benchohra, 3 : Station Pépinière)

Tableau 1 : Caractéristiques générales des placettes d'étude dans la cédraie de Théniet El Had (X et Y correspondent aux coordonnées Lambert des stations d'étude)

Tache	Superficie (Ha)	X	Y	Exposition	Altitude	Type de Sol
Tache Pré Benchohra	11,00	407457	3968860	Crête	1600	Roche, BL, MBE
Tache Rond Point	1,23	405173	3969960	NW	1500	PEAC
Tache Pépinière	10,16	409848	3968670	N	1450	PEAC

BL : Brunifiés lessivés, MBE : Minéraux bruts érosion, PEAC : Peu évolués apport colluvial.

3.1. Pose des pièges

Chaque station a été dotée de trois pièges à interception aérienne (en vol) espacés d'une distance comprise entre 20 et 30 mètres (Fig. 2a). Ce type de piège est constitué d'une bouteille en plastique dans laquelle nous avons aménagé une fenêtre de pénétration des insectes qui sont attirés par l'odeur de l'alcool [12].

- Pièges fosse, dans notre étude, nous avons enterré 10 pièges fosse espacés d'une distance de 15 mètres environ d'une façon à couvrir une bonne partie de la station (Fig. 2d).

- Le battage, est la technique employée pour la récolte des arthropodes vivant sur les branches des arbres, efficaces surtout pour les coléoptères, larves d'insectes phytophages et acariens phytophages (Fig. 2e).

- L'écorçage, consiste à enlever l'écorce en conservant la forme des galeries sous corticales. Les écorces prélevées ont été soigneusement examinées à l'œil nu, puis à la loupe binoculaire afin d'extraire les insectes adultes morts ou leurs nymphes (Fig. 2b, c).

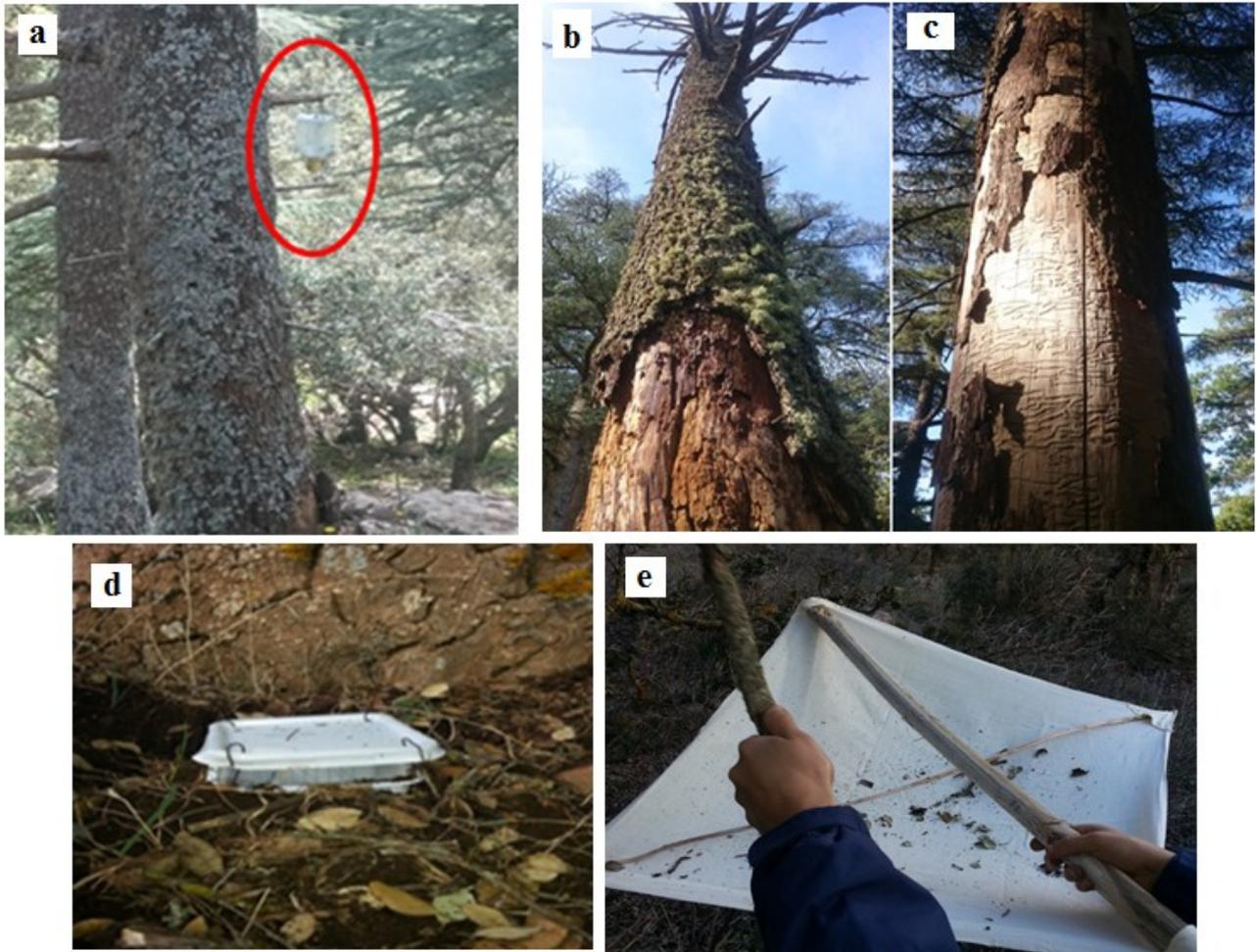


Figure 2 : Les différents moyens d'échantillonnage utilisés pour la récolte des coléoptères
 (a : Piège d'interception aérienne, b, c : Ecorçage, d : Piège fosse, e : Battage)

- La cage d'émergence, cette technique consiste à mettre des fragments prélevés des différentes parties des arbres dans des éclosoirs (Fig. 3) [22].

Les insectes sont collectés dans un récupérateur en plastique, placé en haut et muni d'un cône en papier ouvert à son extrémité, pour permettre ainsi la pénétration de la lumière et diriger l'insecte vers la sortie tout en empêchant son retour.

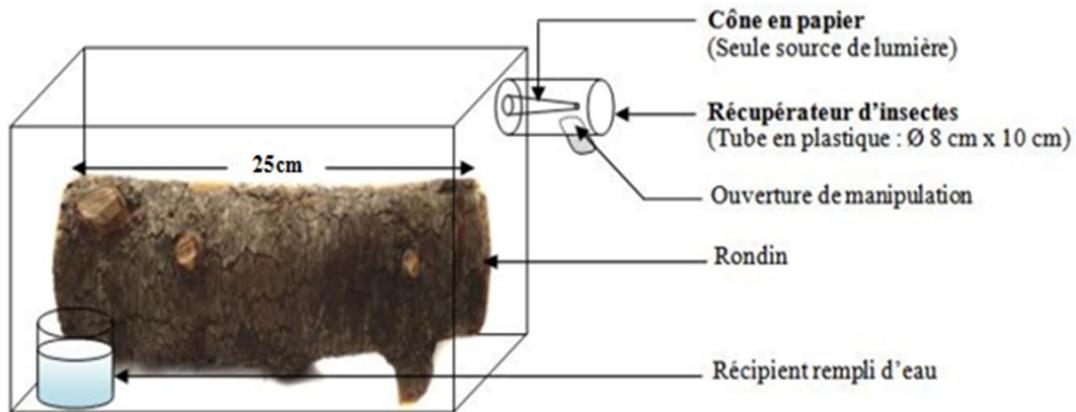


Figure 3 : Dispositif de la cage d'émergence [22]

3.2. Tri et identification

Le contenu du flacon récepteur de chaque piège est vidé individuellement dans un sachet à fermeture étanche préalablement étiqueté, localisé et daté. L'ensemble des échantillons est ensuite envoyé au laboratoire de Zoologie de L'école Nationale Supérieure Vétérinaire pour être identifié par Dr.Marniche F.

4. Analyses et traitements des données

L'indice de Sorensen est une mesure très simple de la biodiversité, variant de 0 quand il n'y a pas d'espèces communes entre les deux communautés, à la valeur 1 lorsque les mêmes espèces existent dans les deux communautés. Il s'exprime par la formule suivante : $Sc = \frac{2C}{2C + A + B}$, où C : est le nombre d'espèces communes aux deux sites d'étude comparés, A : le nombre d'espèces qui ne se trouvent que dans le site A et B : le nombre d'espèces propres au site B.

RÉSULTATS

1. Composition de la coléoptérofaune du cèdre de l'atlas durant la période étudiée.

Au total 2128 coléoptères ont été récoltés dans les trois stations d'étude (Fig. 4). L'abondance temporelle de la coléoptérofaune se caractérise par trois périodes variables en effectifs : de février à mai puis de mai à août et enfin d'août à décembre (Fig. 4). L'effectif des coléoptères est faible en janvier et Février soit 46 et 18 specimens respectivement. Ce nombre augmente pour atteindre un maximum de 225 individus en Mai. L'abondance numérique des coléoptères reste importante avec environ 190 récoltés jusqu'à la fin de Juillet, puis elle se stabilise autour de 100 individus entre Aout et Septembre. Les effectifs diminuent durant tout le mois d'octobre excepté en novembre où nous avons observé une légère augmentation, puis une chute des effectifs jusqu'à leur stabilisation stabilise autour de 70 individus en Décembre.

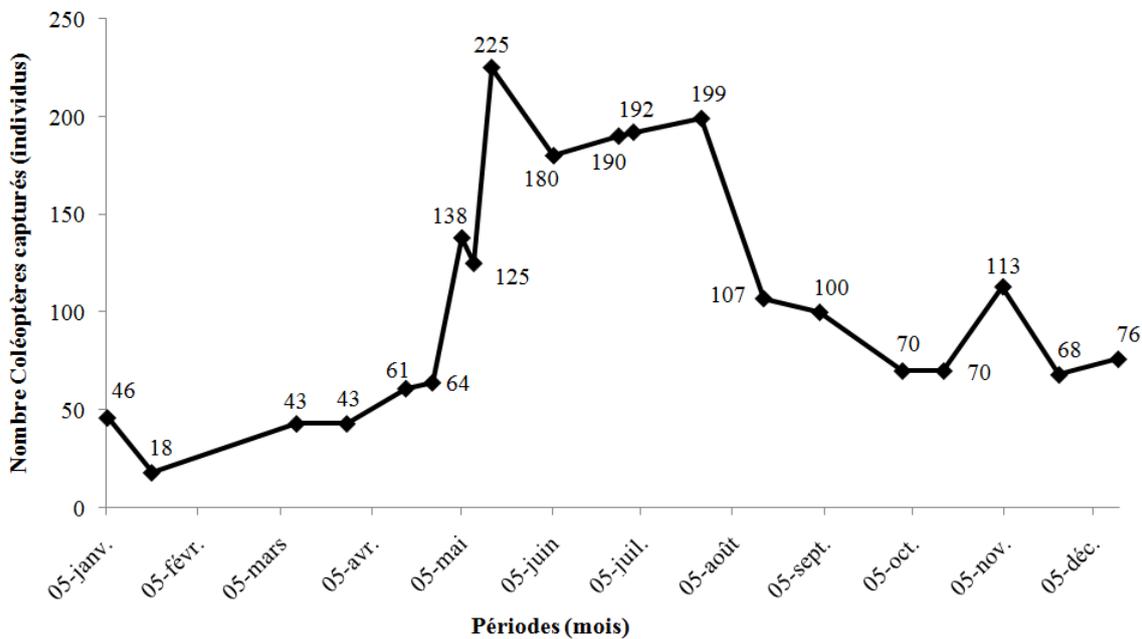


Figure 4 : Variation temporelle de l'abondance globale des coléoptères dans les stations étudiées.

1. 1. Groupes trophiques des coléoptères récoltés

L'entomofaune récoltées regroupe une liste de 43 espèces réparties entre 17 familles systématiques.

Les 43 espèces recensées lors de ce suivi, sont représentées par 14 espèces xylophages, 10 espèces saproxyliques, 9 espèces prédatrices et 5 espèces détritivores et 5 espèces accidentelles (Fig. 5).

Created with

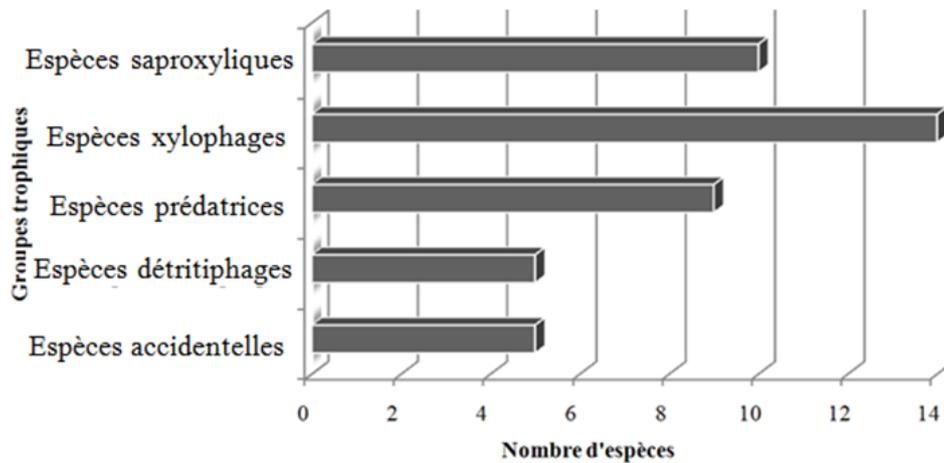


Figure 5: Groupe trophiques des coléoptères récoltés dans les trois stations d'étude

1.2. Composition familiale des peuplements entomologiques xylophages associés au cèdre

La coléoptérofaune récoltée dans les stations d'étude (Fig. 5) est dominée par la famille des Curculionidae (81,36%) avec 528 individus répartis en sept espèces suivi par les Buprestidae (14,79%), avec 96 individus répartis en trois espèces. Les autres familles de coléoptères rencontrés sont faiblement représentés dont les Cerambycidae (2%) avec un total de 13 individus répartis en deux espèces, les Scolytidae (1,54%), avec seulement une espèce et 10 individus et la famille des Lissominae (0,31%), représentée par deux individus de la même espèce

-Les Scolytidae

Les Scolytes sont représentés par une unique espèce il s'agit de *Scolytidae* sp émergé essentiellement d'écorces d'arbres en voie de dépérissement récoltés au niveau de la station Pépinière et Pré Benchohra (Fig. 6).

- Les Curculionidae

Les charançons comptent sept espèces : *Brachycerus Algirus*, *Anisorhynchus barbatus*, *Sitona* sp, *Brachyderes pubescens*, *Balaninus glandiumn*, *Lixus algirus* et *Curculio* sp. Ayant un régime alimentaire xylophage. Ces coléoptères ont été récupérés surtout des écorces d'arbres en voie de dépérissement et dépéris au niveau des trois stations.

- Les Cerambycidae

Nous avons identifié deux espèces dans cette famille *Purpuricenus desfontainii* et *Leptura* sp, obtenues en nombre très réduits à l'aide des pièges d'interception aérienne et la technique de battage.

- Les Buprestidae

Cette famille est représentée par trois espèces. Les espèces, *Buprestes* sp, et *Latipalpis plana* ont été récoltées dans les trois stations par piège d'interception aérienne, dans cage d'émergence et par écorçage, avec un nombre important de 71 et 16 individus. Respectivement. Seule l'espèce *Buprestis aurulenta*, a été capturée par le piège d'interception aérienne dans la station Pré Benchohra avec un nombre de 9 individus.

- Les Lissominae

Le seul représentant de la famille des Lissominae est l'espèce *Drapetes cinctus*, récoltée par piège d'interception aérienne au niveau des stations ; pépinière et pré Benchohra avec un nombre très réduit soit deux individus.

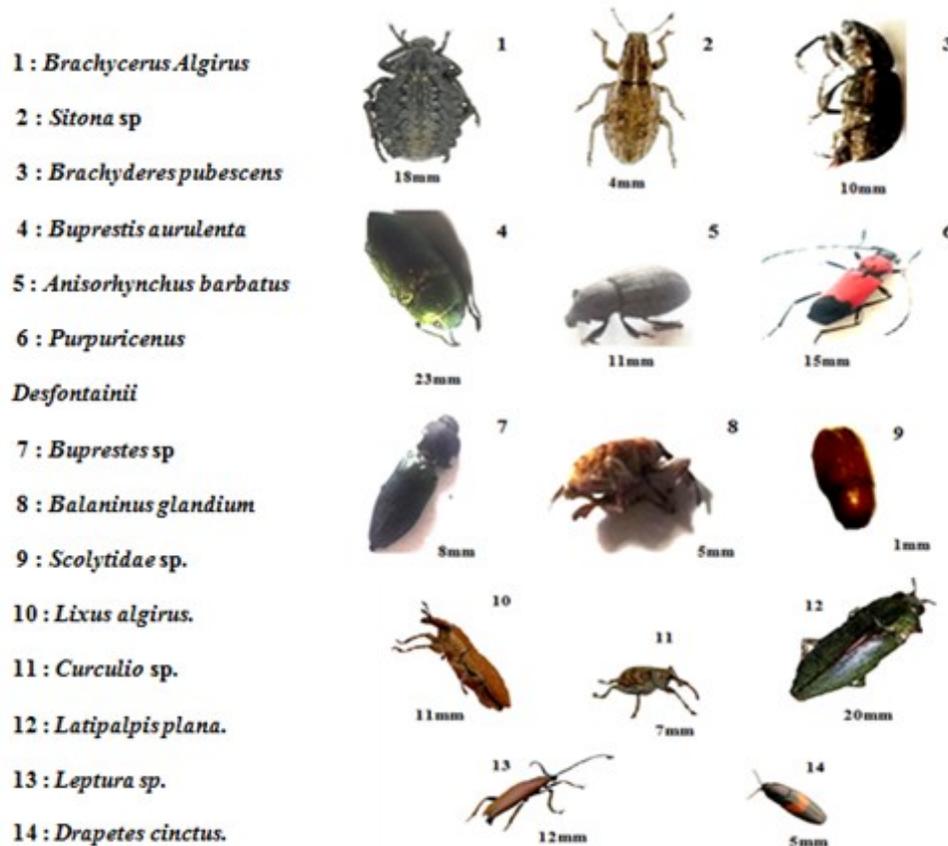


Figure 6 : Principales espèces xylophages récoltées dans les stations étudiées de la cédraie de Theniet El Had durant la période d'échantillonnage.

1. 3. Les prédateurs associés aux xylophages du cèdre de l'Atlas

Les prédateurs des xylophages, sont représentés essentiellement par les Staphylinidae, Carabidae et les Histeridae obtenues par les pièges fosses, et également les Coccinilidae qui sont capturées par les pièges d'interception aérienne et le Battage. Les résultats signalent la présence des espèces de coleoptères prédatrices représentées par *Carabus famini* (Carabidae), *Metadromius myrmidon*, *Harpalus sp*, *Amara sp*, *Parallelomorphus laevigatus* (Carabidae), *Ocypus olens*, *Quedius xanthopus* (Staphylinidae) et *Coccinella algerica* (Coccinillidae) *Hister sp* (Histeridae) (Fig.7).

2. Variation et distribution spatiale de de la coléoptérofaune du cèdre de l'atlas durant la période étudiée.

2. 1. Variation de l'abondance relative des espèces xylophages en fonction des méthodes d'échantillonnage et des stations

Nous nous sommes principalement intéressés à la distribution de l'abondance des espèces qui est le premier descripteur des peuplements de chaque station d'étude, les valeurs sont calculées et les résultats sont représentés.

- Station I: Pépinière

Dans la station pépinière, un total de 196 individus de coléoptères xylophages a été récolté par les cinq méthodes de piégeage, les résultats sont représentés dans le tableau 2. Sur le plan quantitatif, une nette différence entre la méthode d'écorçage (AR%= 29,08%) et les autres méthodes (interception aérienne, piège fosse,

cage d'émergence et Battage) avec des pourcentages presque égaux (AR%= 19,38, 20,41%, 14,29%, 16,84%) respectivement.

- Station II : Pré Benchohra

Dans la station Pré Benchohra, 330 individus de coléoptères xylophages ont été récoltés par cinq méthodes de piégeage, les résultats sont représentés

dans le tableau 2. De point de vue numérique les espèces xylophages sont les mieux représentées soit un taux de (AR%= 46,06%) ces derniers sont récoltés par la méthode d'écorçage, des résultats presque similaires ont été notés pour les autres types de pièges. En revanche la méthode de battage affiche le pourcentage le plus faible.

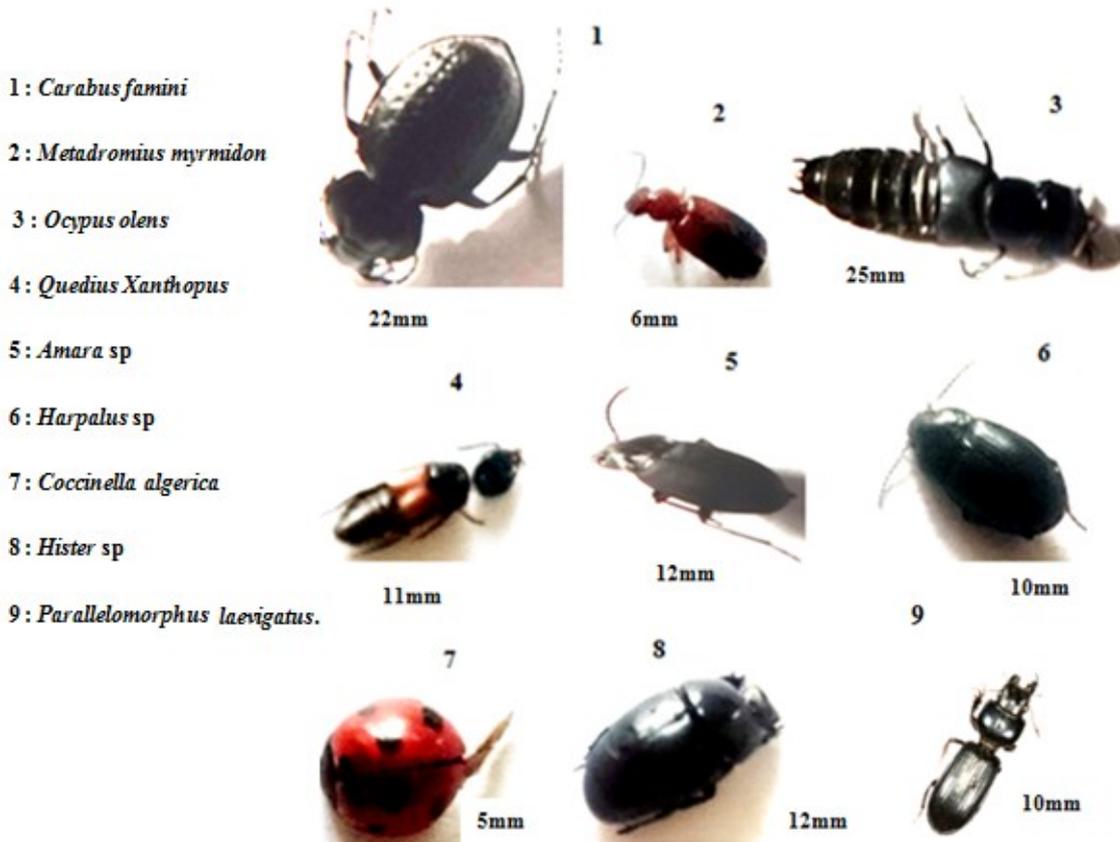


Figure 7 : Principaux espèces prédateurs associés aux xylophages du cèdre de l'Atlas

- Station III : Rond point

Dans la station Rond point, les coléoptères xylophages sont représentés uniquement par une seule famille, celle des Curculionidae avec (AR%= de 78,86%), suivi par les Buprestidae avec AR%= 21,14%. Par ailleurs les coléoptères xylophages sont abondamment récoltés par le piège d'interception aérienne avec (AR%= 39,02%) ainsi que la méthode d'écorçage avec (AR%= 30,08%), par piège fosse (AR%= 16,26%), par cage d'émergence (AR%= 8,13%), quant à la technique de battage une faible contribution a été notée (AR%= 6,50%) (Tableau 2).

La majorité des espèces xylophages ont été récoltées dans la station Pré Benchohra avec (AR%= 50,85%), puis la station pépinière (AR%=

30,20%) et Rond point avec (AR%= 18,95%). Cette différence est liée à l'importance des tâches de dépérissement.

En effet dans les trois stations (Pépinière, Pré Benchohra et Rond point), il a été constaté que l'abondance relative des Curculionidae est beaucoup plus élevée soit (AR%= 85,71% ; AR%= 79,70% ; AR%= 78,86%) respectivement. Cette différence remarquable est due à la forte présence de *Sitona* sp et *Brachyderes pubescens*. Les Buprestidae sont présents avec (AR%= 10,20%) et (AR%= 21,14%) et ce pour les trois stations. Les Scolytidae, les Cerambycidae et les Lissominae sont faiblement représentées au niveau des trois stations avec (AR%= 3,94%), à l'exception de la station Rond point.

Tableau 2: Abondance des coléoptères xylophages obtenus par les différentes méthodes d'échantillonnages dans les trois stations

	PEPINIERE (Espèces récoltées par piège)					PRÉ BENCHOHRA (Espèces récoltées par piège)					ROND POINT (Espèces récoltées par piège)				
	PIA	PF	CE	ECR	BA	PIA	PF	CE	ECR	BA	PIA	PF	CE	ECR	BA
<i>Scolytidae</i> sp	00	00	07	00	00	00	00	03	00	00	00	00	00	00	00
Scolytidae	00	00	07	00	00	00	00	03	00	00	00	00	00	00	00
<i>Brachycerus Algirus</i>	00	06	00	00	00	00	00	00	04	00	00	11	00	00	00
<i>Anisorhynchus barbatus</i>	00	14	00	03	00	00	25	00	36	00	00	04	00	00	00
<i>Sitona</i> sp	35	05	03	11	29	35	01	05	21	05	31	00	02	03	06
<i>Brachyderes pubescens</i>	00	15	17	28	00	00	15	29	46	00	00	05	08	21	00
<i>Balaninus glandium</i>	00	00	00	00	00	13	00	02	10	06	00	00	00	00	00
<i>Curculio</i> sp	00	00	00	02	00	04	00	00	06	00	00	00	00	00	00
<i>Lixus algirus</i>	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	00	00	00
Curculionidae	35	34	20	44	29	52	41	37	123	11	37	20	10	24	06
<i>Buprestes</i> sp	02	00	01	09	04	08	00	00	15	08	09	00	00	13	02
<i>Buprestis aurulenta</i>	00	35	00	00	00	05	00	00	04	00	00	00	00	00	00
<i>Latipalpis plana</i>	00	00	00	04	00	04	00	00	06	00	02	00	00	00	00
Buprestidae	02	35	01	04	04	17	00	00	25	08	11	00	00	13	02
<i>Purpuricenus Desfontainii</i>	00	00	00	00	00	01	00	00	00	02	00	00	00	00	00
<i>Leptura</i> sp	00	00	00	00	00	06	00	00	04	00	00	00	00	00	00
Cerambycidae	00	00	00	00	00	07	00	00	04	02	00	00	00	00	00
<i>Drapetes cinctus</i>	01	00	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Lissominae	01	00	00	00	00	08	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Total	38	69	21	48	33	74	41	37	152	21	48	20	10	37	08
			209						325				124		

(PIA : Piège d'interception aérienne, PF : Piège fosse, CE : Cage d'émergence, ECR : Ecorçage, BA : Battage).

2.2. Richesse spécifique de la coléoptérofaune xylophage

2.2.1. Variation de la richesse spécifique en fonction des stations

Le calcul de l'indice de similarité de Sorensen (Tableau 3), reflète une grande homogénéité des peuplements, en raison du rapprochement entre les stations correspondant à la même situation géographique et la localisation bioclimatique.

Tableau 3 : Similarité en espèces xylophages entre les trois stations

	PÉPINIÈRE E	PRÉ BENCHOHR A	RON D POIN T
PÉPINIÈRE	-		
PRÉ BENCHOHR A	0,8	-	
RON D POINT	0,93	0,74	-

2.2.2. Variation de la richesse spécifique en fonction des classes de santé des arbres

Les trois stations d'étude hébergent en commun 6 espèces (Tableau. 4), qui sont majoritairement représentées par les Curculionidae, *Brachycerus algirus*, *Anisorhynchus barbatus*, *Sitona* sp et les Buprestidae *Brachyderes pubescens*, *Buprestes* sp et *Latipalpis plana*. Toutefois, il est à signaler que chaque station héberge une entomofaune propre. Le peuplement du cèdre de Pré Benchohra se distingue par la présence de *Balaninus glandium* (Col, Curculionidae), *Buprestis aurulenta* (Col, Buprestidae), *Purpuricenus Desfontainii* et *Leptura* sp (Col, Cerambycidae) et le *Scolytidae* sp. Ces espèces sont communément présentes dans la station Pépinière. Cependant ce rapprochement entre les espèces signalées dans ces stations, peut s'expliquer par le partage du même type d'habitat situé dans un même bioclimat

Tableau 4: Variation de la richesse spécifique des xylophages selon les classes de dépérissement

Espèces	Classes de dépérissement		
	Arbres sains	Arbres en voie de dépérissement	Arbres dépéris
<i>Scolytidae</i> sp	-	+	+
<i>Brachycerus Algirus</i>	-	+	-
<i>Anisorhynchus barbatus</i>	+	+	-
<i>Sitona</i> sp	-	+	+
<i>Brachyderes pubescens</i>	-	+	+
<i>Balaninus glandium</i>	+	+	+
<i>Lexus algirus</i>	-	+	-
<i>Curculio</i> sp	-	+	-
<i>Buprestes</i> sp	-	+	+
<i>Buprestis aurulenta</i>	+	+	-
<i>Latipalpis plana</i>	-	+	+
<i>Purpuricenus Desfontainii</i>	-	+	-
<i>Leptura</i> sp	-	+	-
<i>Drapetes cinctus</i>	-	+	-

DISCUSSION

1. Composition des xylophages du cèdre de l’atlas dans le parc national de Theniet El Had

La majorité de l’entomofaune capturée dans la cédraie de Theniet El Had est composée d’espèces déterminées comme indicateurs de la présence du bois mort avec un taux plus important de (AR%= 23,26%) soit 10 espèces, représenté par trois familles (Tenebrionidae, Elateridae et Citoniidae). Ces espèces contribuent à la bonne décomposition du bois et à la production de l’humus forestier [19]. Ennemis naturels (prédateurs) avec un taux de (AR%= 20,93 %) soit 09 espèces du total, réparties en quatre familles (Staphylinidae, Carabidae, Coccinillidae et Histeridae).

Des coléoptères détritiphages appartenant aux familles des Scarabidae et Dermestidae, ont été également capturés. Ils sont représentés par 5 espèces avec une abondance relative de (AR%= 11, 63 %) Ces espèces se nourrissent de débris animaux, végétaux ou fongiques [19].

Les espèces accidentelles proviennent d’arbres, d’arbustes et de plantes herbacées de l’environnement proche des arbres de cèdre. Nous avons rencontré 5 espèces appartenant à trois familles Apionidae, Chrysomelidae et Meloidae

dont l’abondance relative est de l’ordre de (AR%= 11,63%).

1.2. Composition des peuplements entomologiques xylophages associés au cèdre

Parmi les insectes xylophages déjà signalés sur le cèdre de l’Atlas, dans le Nord de l’Afrique et cités dans notre inventaire, nous signalons *Scolytidae* sp, *Buprestes* sp. Ainsi d’autre espèces qui n’ont pas été signalées dans la littérature relative au cèdre, mais elles aient été récupérées d’écorce du cèdre, on note, *Sitona* sp, *Brachycerus Algirus*, *Anisorhynchus barbatus* et *Brachyderes pubescens*. Par ailleurs d’autres espèces ont pu être récupérées par les pièges d’interception aérienne telle que *Purpuricenus Desfontainii*, *Buprestis aurulenta*. Cependant la majorité des xylophages recensés dans ce volet, sont considérés comme nuisibles au cèdre par l’importance des dégâts occasionnées [15].

Le *Scolytidae* sp se développe essentiellement sur *Cedrus atlantica* [23, 24], mais il n’est pas exclusif à cette essence car il peut vivre sur divers conifères [25]. Il est à noter que ce ravageur préfère l’écorce mince des jeunes arbres hôtes .En forant de courtes galeries (20 mm de longueur) dans l’écorce [26, 27]. En période d’infestation, les dégâts causés par l’alimentation des adultes peuvent entraîner la destruction de toute l’écorce de l’hôte [27]. La nymphe est formée à des profondeurs diverses dans l’aubier [26, 27].

En effet la plupart des espèces de ce genre ont une distribution géographique dans la région paléarctique tempérée [28], nos données corroborent celle déjà obtenue au niveau du Parc National de Belzema [22].

Durant notre période d'échantillonnage, nous avons constaté que *Scolytus* sp a colonisé ces arbres depuis un temps, en effet les traces induites par les galeries sur les troncs de cèdre ouverts et anciennement décomposés témoignent leur présence. Cette observation récente de l'espèce témoigne l'effort d'échantillonnage investi par les trois techniques utilisées (Piège d'interception aérienne, écorçage et par la cage d'émergence). *Buprestis aurulenta* (Col, Buprestidae), espèce dont la larve vit aux dépens du cèdre, l'imago se rencontre dans les régions occupées par cette essence [25]. Ce coléoptère est un lignivore du bois de cèdre sain ou récemment mort ; classé parmi les ravageurs potentiels du cèdre au Maroc par Rungs [30], cette dernière est également signalée dans le rif sur cèdre [31]. L'observation inédite concernant cette espèce capturée exclusivement dans la station Pré Benchohra et ce par l'utilisation de la méthode d'interception aérienne.

Les adultes des Curculionidae s'attaquent à l'écorce interne des arbres malades ou affaiblis de 50 à 100 ans sont attaqués de préférence. Après accouplement, les femelles forent des encoches profondes mais étroites dans l'écorce des arbres affaiblis et y déposent chaque fois entre un et cinq œufs en élaborant une galerie stellaire, les larves se nourrissent dans l'écorce interne et l'aubier [26, 32].

Le charançon *Brachyderes pubescens* lié à la faune entomologique habituel du cèdre. Ils se développent sur des essences différentes, cette espèce a été prélevée par plusieurs méthodes (Piège fosse, cage d'émergence et écorçage) dans les trois stations. *Sitona* sp (Col, Curculionidae), espèce récoltée par toutes les méthodes d'échantillonnage dans les trois stations. *Brachycerus Algirus* (Col, Curculionidae), espèce récoltée par piège fosse dans les deux stations (Pépinière et Rond point), et par écorçage dans la station Pré Benchohra. *Anisorhynchus barbatus* (Col, Curculionidae), espèce obtenue par piège fosse et écorçage dans la station Pépinière et Pré Benchohra et par écorçage dans la station rond point. *Balaninus glandium* (Col, Curculionidae), espèce récoltée dans la station Pré Benchohra par les différentes méthodes d'échantillonnages.

Concernant les Cerambycidae, les pièges d'interception aérienne, nous ont permis de capturer une seule espèce seulement ; il s'agit de *Purpuricenus desfontainii* dans la station Pré Benchohra. Contrairement à ces résultats, le cèdre en Algérie héberge une faune très diversifiée de Cerambycidae [33].

1. 3. Complexe des prédateurs associés aux xylophages du cèdre de l'Atlas

L'analyse des données nous a permis de recenser un nombre intéressant de prédateurs notamment, *Coccinella algerica* (Col, Coccinellidae), cette dernière récoltée par battage et piège d'interception aérienne, souvent considéré comme espèce prédatrice particulièrement sur cèdre [19]. Les Carabidae, sont représentés par *Carabus famini*, *Parallelomorphus laevigatus*, *Metadromius myrmidon*, *Harpalus* sp, et *Amara* sp. Quant aux Staphylinidae, on recense deux espèces seulement *Ocypus olens*, *Quedius Xanthopus*. En revanche une seule espèce de la famille de Histeridae : *Hister* sp a été signalée. En effet la présence simultanée de ces nombreux prédateurs (Carabidae, Staphylinidae) va accentuer sans doute une compétition vis-à-vis des proies [19].

Il convient de noter que le nombre de coléoptères prédateurs réels des Scolytidae de la région paléarctique, y compris le Nord de l'Afrique, est relativement mal connu [28]. Les Staphylinidae se rencontrent sous les écorces des vieux bois [34].

Metadromius myrmidon (Col, Carabidae) est un autre prédateur des Scolytes, vivant sous l'écorce des arbres morts [35, 36]. Accompagné d'autres prédateurs, *Harpalus* sp, *Carabus famini*, ont été trouvés sous la même écorce avec *Scolytidae* sp. Toutefois il est à noter que l'ensemble de ces espèces sont confinées à une distribution au sein du Paléarctique. En effet, *Balaninus glandium*, *Purpuricenus Desfontainii*, *Anisorhynchus barbatus* et *Brachycerus algirus* sont majoritairement signalées dans le Nord de l'Afrique, en Europe et en Asie [23]. Les espèces atlanto-méditerranéennes sont réparties surtout sur le territoire méditerranéen. Parmi ces espèces, *Brachyderes pubescens*. *Buprestis aurulenta* est également très répandue ou cosmopolite [29].

2. Distribution spatiale des abondances du peuplement des xylophages

2.1. Variation de l'abondance relative des espèces xylophages en fonction des méthodes d'échantillonnage et des stations

Selon Mehenni [19], le facteur le plus influant est l'altitude, en effet plus cette dernière est forte, plus l'abondance maximale est grande, L'aptitude de certaines de ces espèces à proliférer avec l'altitude.

Cependant, plus les espèces xylophages sont abondantes, plus le taux de dépérissement est important.

A titre comparatif, il ressort des cinq méthodes d'échantillonnage adoptées qu'elles sont complémentaires. Toutefois, les pièges d'interception aérienne et pièges fosse permettent d'avoir un échantillonnage plus quantitatif que qualitatif, du fait que la totalité des espèces étrangères à l'entomofaune du cèdre sont capturées seulement par ces techniques. Par contre, les trois techniques (écorçage, cage d'émergence et battage) permettent un échantillonnage plus qualitatif des espèces xylophages inféodées au cèdres, et bien évidemment celles infligées à son dépérissement.

2.2. La richesse spécifique des espèces xylophages

La richesse spécifique est variable selon les classes sanitaires des arbres. Cette richesse est beaucoup plus élevée dans le bois en voie de dépérissement. Elles sont majoritairement représentées par *Scolytidae* sp, les Buprestidae : *Buprestes* sp, *Buprestis aurulenta* et *Latipalpis plana*, les Curculionidae : *Sitona* sp, *Brachyderes pubescens*, *Balaninus glandium*, *Lexus algirus* et *Curculio* sp qui sont considérées comme étant les plus redoutables. Par contre, cette richesse devient plus faible dans les arbres sains, recevant que trois espèces qu'il s'agit de *Anisorhynchus barbatus*, *Buprestis aurulenta* et *Balaninus glandium*. La répartition d'effectif des individus serait probablement en liaison avec l'état sanitaire des arbres, perturbés par les facteurs abiotiques et les ravageurs primaires dans chaque station. Ceci montre que l'état sanitaire actuel en voie de dégradation de la cédraie a exposé les arbres à l'installation de ce cortège de xylophages secondaires qui entraîne souvent leur mort [19].

Les attaques de *Buprestes* sp peuvent se succéder même pendant 24 mois après l'abattage des arbres en sève [37]. En Algérie, Khemici [38] a signalé également sa forte présence sur les arbres présentant des signes de dépérissement. Nos données corroborent ceux de [12], en effet *Melanophila marmottani*, est une espèce redoutable à Belzema, cette espèce fût également signalée au niveau du Parc National de Tehinet El Had [39, 40]. Les travaux les plus récents sont rapportés dans l'étude de [41] sur les coléoptères saproxyliques.

L'analyse des résultats représentés dans le (Tableau 4), montre que la richesse spécifique est variable, cette dernière semble tributaire des classes sanitaires des arbres [24]. Cette richesse est beaucoup plus élevée dans le bois en voie de dépérissement. Elles sont majoritairement représentées par *Scolytidae* sp, les Buprestidae : *Buprestes* sp, *Buprestis aurulenta* et *Latipalpis plana*, les Curculionidae : *Sitona* sp, *Brachyderes pubescens*, *Balaninus glandium*, *Lexus algirus* et *Curculio* sp qui sont considérées comme étant les plus redoutables. Par contre, cette richesse devient plus faible dans les arbres sains, recevant que trois espèces qu'il s'agit de *Anisorhynchus barbatus*, *Buprestis aurulenta* et *Balaninus glandium*. La répartition d'effectif des individus serait probablement en liaison avec l'état sanitaire des arbres, perturbés par les facteurs abiotiques et les ravageurs primaires dans chaque station. De même, Depeyerimhoff [32], a montré que *Buprestes* sp peut se développer à la fois sur les arbres sains que dépéris. Ses attaques peuvent se succéder même pendant 24 mois après l'abattage des arbres en sève [28]. En Algérie, Khemici [30], a signalé également sa forte présence sur les arbres présentant des signes de dépérissement.. Globalement, il ressort de ces observations que les attaques des différentes espèces de xylophages se diffèrent suivant les classes sanitaires ainsi que la teneur en eau, nutriments et réserves énergétiques du bois et donc les sujets récemment affaiblis ou en voie de dépérissement sont les plus préférés par les xylophages.

CONCLUSION

Au cours de cette étude, il nous paraît intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis. Les résultats bien que préliminaires ont permis de dénombrer un total de 2128 individus appartenant à 43 espèces, réparties sur 17 familles, appartenant toutes aux coléoptères.

Created with

Cette étude a montré que la richesse spécifique des espèces xylophages du cèdre est variable entre les différentes classes de dépérissement. Toutefois, elle reste remarquablement élevée au niveau des classes de dépérissement les plus avancées. En effet, la majorité des arbres décortiqués sont infestés par *Buprestes* sp et *Brachyderes pubescens*, qui sont à l'origine des importances des dégâts infligés au cèdre. L'examen des abondances relatives sur la canopée, confirme une répartition verticale des espèces xylophages sur les différents niveaux du Cèdre.

Or, les résultats montrent que l'attraction des espèces sur un niveau donné s'avère dépendante des exigences de chaque espèce vis-à-vis du calibre du matériel ligneux et de l'épaisseur de son écorce. Il a été démontré que la richesse spécifique diminue considérablement du collet jusqu'aux branches, avec une concentration des Buprestidae et Curculionidae au niveau de la base et les Scolytidae aux niveaux des cymes. En revanche d'autres familles de coléoptères ayant un régime alimentaire prédateur, essentiellement des Scolytidae et Buprestidae se rencontrent dans les familles des Coccinellidae, Staphylinidae et également les Carabidae. L'emploi des différentes techniques de piégeage employées semblent être complémentaires du point de vue qualitatif et quantitatif. Une étude systématique, sur l'écologie de certaines espèces nous semble nécessaire afin de permettre une bonne compréhension de la phénologie d'installation des différents groupes de taxa inféodés à cette essence noble en vue de permettre une meilleure gestion prophylactique intégrée de ce type de phénomène qui accentue la disparition de notre patrimoine de Cédraie en Algérie

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Lanier L., (1976)- Mycologie et pathologie forestières. Tome II. Pathologie forestière. Edition Masson. Paris. Pp : 16-26.
- [2] Toth J., (1978)- Contribution à L'études de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le sud de la France. Thèse. Doc. Ing. Fac. St. Jérôme. Marseille, France. 136 p.
- [3] 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.
- [4] Ferrandes P., (1986)- Cèdres. Revue forestière française, vol. XXXVIII, n° spécial "Amélioration génétique des arbres forestiers". Pp: 139-141.
- [5] Boudy P., (1950)- Economie forestière Nord-Africaine : monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, Tom 2. Pp : 529-619.
- [6] Panestos K. P., Christou A. and Scaltsoyiannes A., (1992)- First analysis on allozyme variation in cedar species (*Cedrus sp.*). Silva Genet. 41 (6). Pp : 339-342.
- [7] Zedek M., 1993- Contribution à l'étude de la productivité du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le parc national de Theniet El Had. Thèse de Magister. Ins. Nat. Agr d'El Harrach, Alger, 175 p
- [8] Guezlane A., (1982) - Observation sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans les Aurès. Rapport de mission, Batna, 4 p
- [9] Bentouati A, Bariteau M, (2006)- Reflexions sur le deperissement du cedre de l'Atlas des Aures (Algerie). Foret Mediterraneenne XXVII : 317-22
- [10] Kherchouche D., Kalla M., Gutierrez E., Briki A. et Dhamch A. (2013)- La secheresse et le deperissement du cedre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Belezma (Algerie). Rev. Secheresse 2013 ; 24 : 129 –137
- [11] HalitimS, (2006)- Contribution a l'etude de la reserve utile en eau des sols de cedraies dans les Aures: influence des facteurs edaphiques. Thesede magister, universite de Batna (Algerie).86 p
- [12] Talbi Y.et Bouhraoua R. T., 2015. Complexe xylophage associé au dépérissement du cèdre de l'atlas au bélezma (algérie)
- [13] 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.
- [14] Mouna M. and Fabre J-P., (2005) – Pest insect of cedars: *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in Mediterranean area in: LIEUTIER F. et GHAIIOULE D. (Eds.), Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems. INRA, France, Pp: 89-103.

- [15] **Mouna M., (2005)** – Overview of entomological research on the forest ecosystems of the regions south of the Mediterranean Sea in: Lieutier F. et Ghaïoule D. (Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems*. INRA, France, Pp: 23-31.
- [16] **Belhadid Z., Chakali G., Haddaret M. et boughrara L., (2013)**- Distribution des caraboidea dans différents peuplements forestiers du parc national de chréa, algérie. *Lebanese Science Journal*, Vol. 14, No. 2, 2013
- [17] **Chakali, G. et Belhadid, Z. (2005)**- European Carabidologists Meeting-Ground beetles as key group for biodiversity conservation studies in Europe. *Ed. officina de congresos de Murcia*, 4p
- [18] **Villiers A., (1946)**- Coléoptères Cérambycides de l'Afrique du nord. Faune de l'Empire Français, Tome 5. Off. Sci. col., Paris, 152 p
- [19] **Mehenni M., 1994**- recherches écologiques et biologiques sur les Coléoptères de cédraie Algériennes. Thèse Doc., U. S. T. B. H. Alger, 240 p.
- [20] **Yahi N., Vela E., Benhouhou S., De Belair G. and Gharzouli R., (2012)**- Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria, *journal of Threatened Taxa*, 13 p.
- [21] **Benkhelil M.L., (1992)** – Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie terrestre. Ed. Office. Pub. Univ., Alger, 60 p.
- [22] **Talbi Y., (2010)**- Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans la région de batna : cas de la cédraie de Belezma. Thèse de Magister. Faculté des sciences. Université El-hadj Lakhdar, Batna, 53 p
- [23] **De Peyerimhoff P. (1919)**. Notes sur la biologie de quelques Coléoptères phytophages du Nord africain (3ème série). *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, vol. LXXXVIII : 169-258.
- [24] **Mouna M. et Graf P., (1994)** - Les ravageurs xylophages et sous-corticaux du cèdre in : EL HASSANI A., GRAF P., HAMD AOUI M., HARRACHI K., MESSAOUDI J., MZIBRI M. et STIKI A. (Eds), *Ravageurs et maladies des forêts du Maroc*. DPVCTRF, Rabat, Pp: 54 56.
- [25] **Balachowsky A. S., (1969)** – Les scolytes du Cèdre dans le Nord de l'Afrique. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)*, 5 (3), Pp : 647-655.
- [26] **Novak, V., F. Hrozinka and Stary B., (1976)**- Atlas of Insects Harmful To Forest Trees. Volume 1. Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 125 p.
- [27]. **Dobesberger E. J., (2003)**- *Hylesinus varius*. Ash Bast Beetle. Pest Facts Sheet. Plant Health Risk Assessment Unit. Science Division. Canadian Food Inspection Agency. 9 p.
- [28] **Balachowsky A. S., (1963)** – *Entomologie appliquée à l'Agriculture*, Tome 1, Vol. 2, Paris, Masson, 1391 p.
- [29] **Thery A., (1928)**- Etudes sur les Buprestides de l'Afrique du Nord. *Mem. Soc. Sc. Nat. Maroc*, Pp : 1-586.
- [30] **Rungs C., (1940)**- Les ennemis du cèdre au Maroc. *C. R. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 5 (3), Pp : 14-16.
- [31] **Lablokoff A., (1966)**- quelques notes sur le Rif. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, Pp : 265-268
- [32] **Kula E. and Zabecki W., (2001)**- Attractiveness of spruce for cambioxylophages as related to stand age. *J. For. Sci.* 47(2), Pp : 88-96.
- [33] **Villiers A., (1946)** - *Coléoptères Cérambycides de l'Afrique du nord*. Faune de l'Empire Français, Tome 5. Off. Sci. col., Paris, 152 p.
- [34] **Caillol H., (1954)**- Catalogue des Coléoptères de Provence. 5 volumes
- [35] **Soldati F., (2002)** - Les Coléoptères des milieux ouverts de la réserve naturelle de Jujols (66 Pyrénées-Orientales) et de ses environs immédiats : premier inventaire des principales espèces et rapports avec les milieux prospectés. Ed. OPIE-LR, Languedoc-Roussillon, 33 p.
- [36] **Kenis M., Wermelinger B. and Grégoire J.C., (2004)** - Research on parasitoids and predators of Scolytidae - a review. In: *Bark and wood boring insects in living trees in Europe*, a synthesis (eds. Lieutier, F.; Day, K.R.; Battisti, A.; Grégoire, J.C. & Evans, H.F). *Kluwer Academic Publishers*, Pp. 237-290.
- [37] **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.
- [38] **Khemici M., (2001)** - Protection des cédraies 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

- [39] **Abdelhamid D. (1992)**. Contribution à l'étude des insectes du Cèdre de l'Atlas ((*Cedrus atlantica* Manetti 1844) dans dans le parc national de Theniet El Had. Thèse Ingénieur, Ines, Blida, 68p.
- [40] **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, El-Harrach Alger, p. 59
- [41] **Meziane, B. (2017)**- Les coléoptères saproxyliques des Monts d'Ouarsenis (Nord-Ouest Algérien) : cas du Parc National de Theniet El Had. Thèse de Magister, Département d'Ecologie et Environnement, Université de Tlemcen, Alger, p. 130

Le complexe entomologique du cèdre de l'atlas, *Cedrus atlantica* (Manetti, 1844) de la Cédraie Naturelle de Theniet El Had (Algérie).

ABDELHAMID D^{1*} & ALLAL-BENFEKIH L²

¹Laboratoire d'Agro-Biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi-arides. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie., Université d'Ibn Khaldoun, Tiaret 14000, Algérie.

²Université de Blida1 – Département des Biotechnologies – Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales - B.P. 270 route de Soumaa, Blida 09000. Algérie.

*Auteur correspondant: abdelhamid_djamel@yahoo.fr

Résumé: L'analyse qualitative de la biodiversité entomologique de *Cedrus atlantica* a mis en évidence une richesse de 47 espèces, réparties en 10 ordres et 29 familles taxonomiques. Parmi ces groupes, l'ordre des Coléoptères restent le plus représenté avec 11 familles. Le cortège entomologique se répartit d'une manière stratégique sur l'arbre. Le feuillage est recherché par des défoliateurs particulièrement la processionnaire du pin, du cèdre (*Thaumetopoea bonjiani*) et les suceurs de sève notamment les pucerons *Cinara cedri* M et les cochenilles (*Leucaspis pini* H, *Dynaspidiotus regneri* B et *Chionaspis kabyliensis*). Parmi les xylophages, les espèces du genre *Scolytus*, le Buprestide, *Melanophila marmotani* et le *Cerambycide*, *Cerambyx cerdo* jouent un rôle déterminant dans les dépérissements enregistrés. Le groupe d'insectes hétéroconobiontes formé d'espèces conoxènes notamment *Dioryctria mendacella* et conophiles, et essentiellement des espèces du genre *Megastigmus* s'attaquent aux cônes en détruisant dans certains cas la totalité des graines. Le problème de la régénération est dû en grande partie aux attaques de ces prédateurs spécifiques.

Mots clés : Cèdre de l'atlas, Cônes, Aiguilles, écorce, insectes, ravageurs.

Abstract: The qualitative analysis of the entomological biodiversity of *Cedrus atlantica* revealed a richness of 47 species, divided into 10 orders and 29 taxonomic families. Among these groups, the order of the *Coleoptera* remains the most represented with 11 families. The entomological procession is distributed strategically on the tree. The foliage is sought by defoliators particularly the processionary of pine, cedar (*Thaumetopoea bonjiani*) and sap suckers including *Cinara cedri* M aphids and cochineals (*Leucaspis pini* H, *Dynaspidiotus regneri* B and *Chionaspis kabyliensis*). Among the xylophages, species of the genus *Scolytus*, *Buprestide*, *Melanophila marmotani* and *Cerambycide*, *Cerambyx cerdo* play a determinant role in enregistered decays. The group of heteroconduct insects consisting of conoxenous species including *Dioryctria mendacella* and conophiles, and mainly species of the genus *Megastigmus*, attack cones by destroying in some cases the totality of the seeds. The problem of regeneration is largely due to the attacks of these specific predators.

Key Words: Atlas cedar, cones, needles, bark, insects, devastating.

Introduction

La forêt constitue l'élément essentiel de l'équilibre physique, climatique, biologique et socio-économique des nations. Sa régression à l'heure actuelle est la résultante de l'influence de divers facteurs qui ont complètement transformé, la forêt originelle. Les variations climatiques l'intervention de l'homme et les dégâts provoqués par les insectes sont les principales causes de dégradations de ce milieu fragile.

Le nombre d'insectes qui vivent aux dépens des essences forestières est estimé à plusieurs milliers d'espèces, représentant autant d'ennemis potentiels dont certains deviennent périodiquement ou

localement de redoutables ravageurs (Chararas, 1962).

En Algérie, le milieu forestier n'est pas épargné aux insectes ravageurs. Actuellement, l'activité d'une faune diversifiée d'insectes provoque de graves dégâts, diminuant ainsi les superficies reboisées et la qualité technologique du bois.

Il est très important de souligner que peu d'études fragmentaires ont été consacrées à l'entomofaune du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica*. Afin d'apporter notre contribution, nous nous sommes intéressés à une étude globale qui a pour but la reconnaissance de l'état actuel de cette essence au sein de son milieu.

Matériel et méthodes

1. Choix des stations d'étude

Le choix de l'étude s'est fait en tenant compte de l'importance de l'essence, *Cedrus atlantica* M et du manque de renseignements sur l'entomofaune de la

cédraie de Théniet EL-Had. Une sortie préliminaire a été effectuée au cours de la période estivale afin de prospecter une station assez représentative de la cédraie de Ttiéniet El-Had. Notre choix a porté sur une station située à une altitude de 1700 m située à l'exposition nord (figure 1).

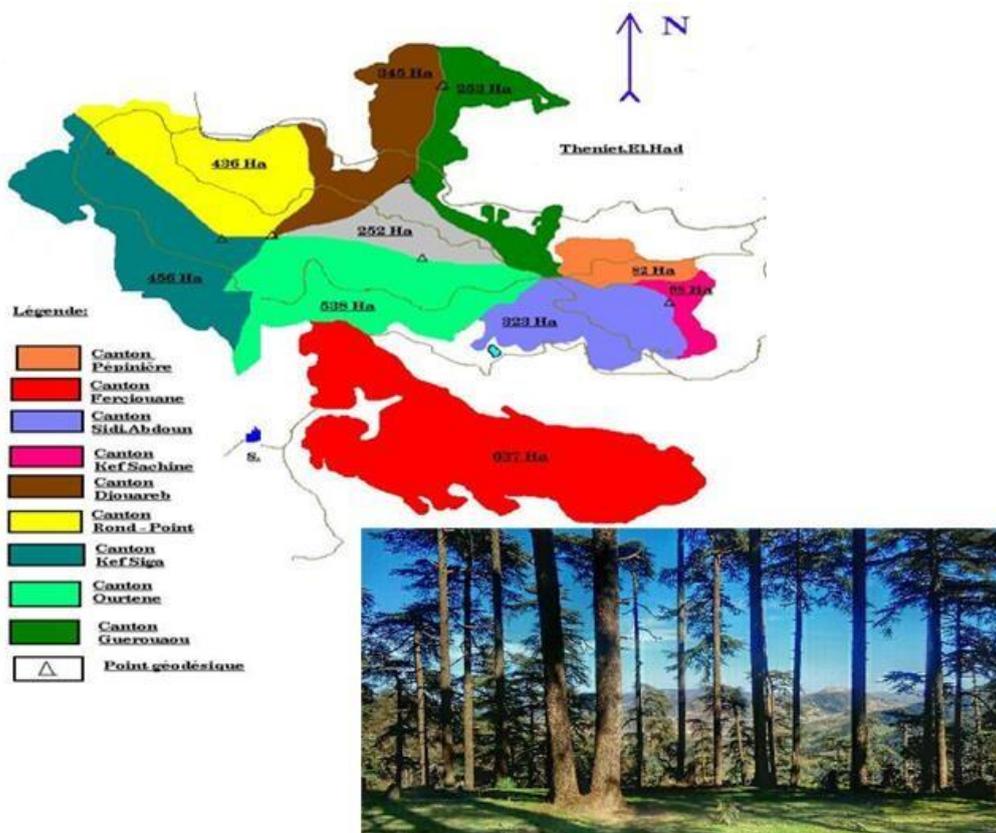


Figure 1. Carte de localisation des stations d'étude dans le parc national de Theniet El Had.

Les Parcelles choisies sont caractérisées par un peuplement âgé et dense de Cèdre de l'Atlas pur. La régénération naturelle se trouve localisée dans la zone d'étude.

2. Les techniques employées pour l'inventaire des insectes

Le battage

La technique consiste à battre les branches à partir de leur extrémité au-dessus d'une toile blanche de dimension connue 1.20m sur 0.80 m.

Pour avoir un maximum d'espèces, nous nous sommes inspirés du travail de Mouna (1982), dans lequel il opte de battre la branche successivement de 11 coups. Nous avons procédé à l'opération sur 10 arbres aux différentes expositions afin de tirer un maximum de renseignements.

L'écorçage

À l'aide d'un écorcoire, nous avons prélevé des morceaux d'écorce à la base des arbres et à la hauteur d'hommes sur deux expositions sud et nord

.L'écorçage a été mené sur des arbres en dépérissement. Les échantillons récoltés sont mis dans des sachets en plastique pour être examinés par la suite. Au laboratoire, les échantillons sont examinés et mis en observation dans des cages fermées à l'aide d'une toile à la température ambiante de laboratoire. Les cages sont contrôlées quotidiennement et les insectes émergents sont préparés et déterminés.

Examen des aiguilles

Une cinquantaine de rameaux d'une trentaine de centimètres ont été prélevés et examinés au laboratoire sous loupe binoculaire. Cela dans le but, de rechercher et à inventorier les sucres de sève particulièrement les pucerons et les cochenilles

Récolte des cônes

Au cours de nos sorties, nous avons récolté une quarantaine de cônes à partir de plusieurs arbres. Les cônes sont conservés dans des sachets et ramenés en laboratoire pour des contrôles. Au laboratoire, les cônes récoltés sont mis dans des bocaux dont

l'ouverture est fermée par un tissu fin à la température ambiante de laboratoire. Les adultes qui émergent des cônes sont récoltés, préparés et conservés dans des boîtes de collection. Au cours du mois d'avril, nous avons procédé à l'ouverture des cônes afin de quantifier les cônes et les graines attaquées. Les cônes attaqués par les insectes sont ceux présentant des trous ou des exsudations de résine très caractéristique de certains ravageurs conophiles.

Récoltes directe

La récolte directe consiste à prélever les insectes rencontrés sur la plante hôte *Cedrus atlantica* au cours de nos sorties. Le matériel biologique récolté est conservé dans des piluliers. Tous ces échantillons sont accompagnés des étiquettes qui portent les renseignements suivants: la date, et localisation de l'insecte sur l'organe.

Dénombrement des cochenilles sur les aiguilles

Dix arbres ont été choisis systématiquement et numérotés, la distance séparant deux arbres et de cent pas. Il est très important de signaler que tous, les prélèvements ont été faits à hauteur d'homme. Notre travail consista à prélever à différentes périodes à l'aide d'un sécateur. Nous avons prélevé des rameaux de cèdre d'une trentaine de centimètres de longueur aux différentes positions. Ces rameaux sont conservés dans des sachets en plastique avec des étiquettes qui portent le lieu, la date et l'exposition. Au laboratoire, nous avons éliminé les parties les plus jeunes de ces rameaux environ les dix premiers centimètres. Sous la loupe binoculaire, nous avons procédé à un comptage des cochenilles inventoriées sur 20 cm de longueur. À partir de

chaque rameau, on dénombre le nombre d'aiguilles saines, les aiguilles attaquées par chacune des trois espèces de cochenilles.

Résultats et Discussion

Espèces inventoriées : Il nous a paru intéressant de regrouper les espèces recensées par ordres et par familles, en fonction des parties de l'arbre où l'insecte a été localisé et mentionné le régime alimentaire de chaque espèce déterminée. Un effectif de quarante-sept (47) espèces d'insectes ont été inventoriées à partir de *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 car, ils utilisent le cèdre 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. Il est à souligner qu'un grand nombre d'espèces a été inventorié au cours de la période estivale. L'analyse de la liste des espèces montre que l'ordre des coléoptères est représenté par dix-sept (17) espèces réparties en onze (11) familles, les espèces de coléoptères répertoriées représentent un pourcentage de 36,2 % de l'entomofaune totale (figure 2). Parmi les 47 espèces, 26 ont été prélevées à partir de l'écorce, 15 au niveau des aiguilles pour bois et cônes, on compte respectivement 6 et 01 espèces (figure 2 et 3).

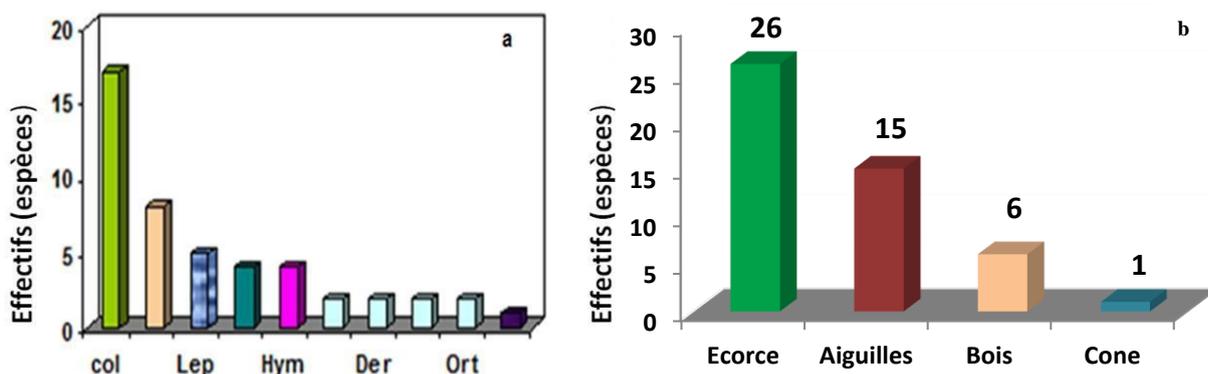


Figure 2 a et 3 b. Répartition des espèces en fonction des ordres et localisation.

Les Homoptères rencontrés comptent 04 espèces appartenant à deux familles ; les cochenilles font partie des Diaspididae et les pucerons font partie de la famille des Lachnidae. Quoiqu'elles représentent un faible pourcentage de 8,5 % pour cent de l'entomofaune globale, les espèces énumérées peuvent être nuisibles quand les conditions sont favorables à leur multiplication.

a) *Leucaspis pini* H: Balachowsky (1953), rapporte qu'elle est une espèce pinicole pour éviter la répétition *L.pini* est une espèce pinicole, la plus connue de la région Méditerranéenne où elle vit principalement sur *Pinus halpensis*.

Selon Joly (1975), les dégâts provoqués par l'espèce se manifestent par un jaunissement des aiguilles, ce qui entrave la synthèse chlorophyllienne

En examinant les résultats espèce par espèce en fonction du temps, il apparaît que *L.pini* présentent des effectifs importants au début de la saison printanière (figure 4-a).

b) *Dynaspidiotus regneri* B : a été découverte par Regneri en 1928 dans les cédraies d'Azrou au Maroc et à Chréa au -dessus de 1450m d'altitude (Balachoswsky, 1932). Il a été signalé dans la cédraie de Belzma à Batna par Adoui (1991). Le nombre d'aiguilles attaquées est plus réduit que l'espèce précédente. La même allure est marquée pour les

fluctuations de la population (figure 4-b).

c) *Chionaspis kabyliensis* B : L'espèce a une spécificité vis-à-vis des aiguilles de cèdre. Elle a été découverte pour la première fois par Peyrimhoff à Tikhedja et par Rungs au Maroc (Balachoswsky, 1954).

Les effectifs dénombrés sont encore plus réduits (figure 4-c).

Selon l'examen des résultats de la répartition cardinale des trois espèces, il ressort que les trois cochenilles sont plus ou moins abondantes tout au long de notre échantillonnage (figure 5).

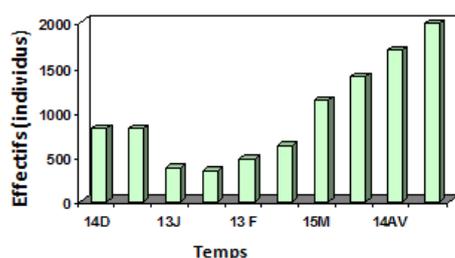


Fig. a - *L.pini*

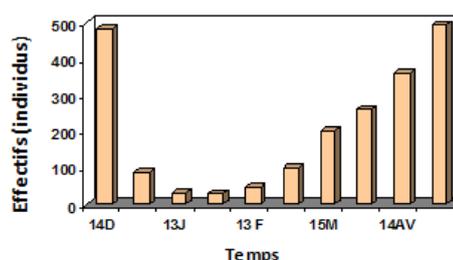


Fig. b - *D.regneri*

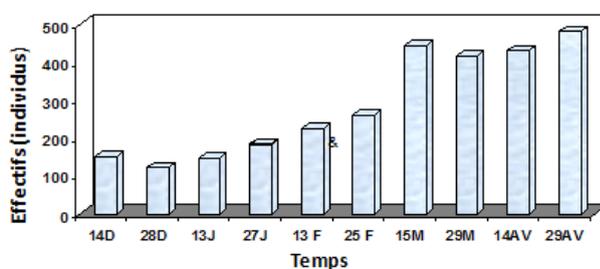


Fig. c - *C.kabyliensis*

Figure 4. Dénombrement des aiguilles attaquées par les trois cochenilles en fonction de temps.



Figure 5. Photos des trois espèces de cochenilles.

Quantification des cônes et des graines attaquées par les insectes.

Sur un nombre de 40 cônes récoltés, nous avons dénombré 15 cônes attaqués par les insectes soit 37,9 % de l'effectif global.

Le nombre de trous observé au niveau des cônes varie de 1 à 8 trous par cône, cela dépend essentiellement de l'importance de l'attaque et l'espèce déprédatrice. A chacune des périodes de développement du cône ; il existe des espèces spécifiquement à l'état du cône. Les dégâts occasionnés au niveau des cônes et des graines, sont de deux aspects : apparition des trous au niveau des

cônes avec présence de déjections grossières, le deuxième aspect se résume par la présence d'exsudations en forme de gouttelettes apparentes à la surface des cônes et l'observation des graines évidées par les larves au cours de leur développement. Ces caractéristiques sont semblables aux descriptions évoquées par Roques (1983), concernant la quantification des dégâts et le taux des graines attaquées, il varie de 3,77 à 100% et avec une moyenne de 20,5% par cône pour l'ensemble des cônes attaqués (figure 6 et 7).



Figure 6. Cône présentant un trou d'insecte non identifié.

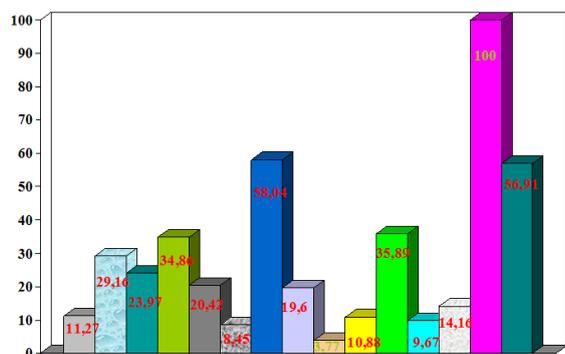


Figure 7. Dénombrement des cônes et évolution du taux de graines attaquées.

Défoliateurs : l'ordre des Lépidoptères compte 5 espèces dont deux sont connues comme redoutables défoliateurs ; il s'agit de la processionnaire de pin et de la processionnaire du cèdre. Le cycle biologique de la processionnaire de pin est très connu et il a fait l'objet de plusieurs études dans le bassin méditerranéen, à titre d'exemple nous citons les travaux de Demolin (1969), Fritah (1984), Benhadj

(1986) et Bertella (1987). Pour la deuxième espèce nous avons décelé aux pieds des arbres quelques chenilles en fin d'évolution larvaire. Ces chenilles ont été minutieusement prélevées et mises en observation. Au mois de novembre nous avons obtenu un seul adulte mâle les autres ont été parasitées.

Selon Gachi et al (2005), les émergences des papillons se situent entre la première semaine du mois d'août et la mi-septembre. Comparativement à ces données, il semble que l'espèce de la processionnaire du cèdre dans la cédraie de Theniet El Had à un retard de développement.

Afin de confirmer la présence de deux espèces nous avons procédé à l'examen des pièces génitales mâles des adultes des deux espèces. L'examen des figures (figure 8 et 9) montre nettement la différence entre les deux espèces soit pour les valves soit pour l'organe d'accouplement (pénis).

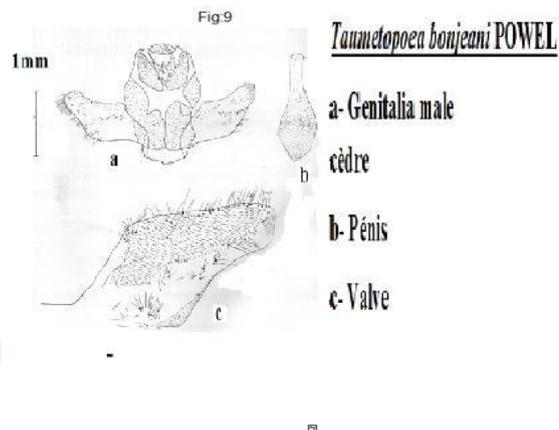
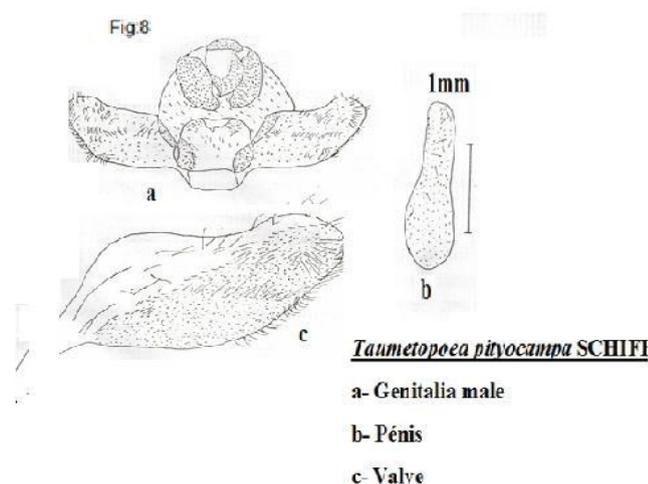


Figure 8 et 9. Processionnaire de pin et de du cèdre.

Conclusion

Le présent travail d'inventaire vise particulièrement la connaissance de L'entomofaune du cèdre de l'Atlas. Un total de 47 espèces d'insectes appartenant à différents ordres a été inventorié. Parmi les insectes rencontrés sur le cèdre de l'Atlas, il y a des espèces qui se nourrissent à partir des aiguilles ou dans le bois de l'arbre. D'autres vivent aux dépend de la faune de la plante hôte. Certaines espèces se rencontrent sur l'arbre parce qu'elles y trouvent des conditions propices à leur développement et en fin un groupe d'insectes qui utilise le cèdre comme refuge et s'y trouvent accidentellement. Les espèces les plus abondantes répertoriées appartiennent aux Coléoptères, aux Hétéroptères et aux Lépidoptères. Sur l'ensemble des espèces inventoriées, l'ordre des Lépidoptères compte 5 dont deux sont connus

comme de redoutables défoliateurs, il s'agit de la processionnaire du pin et la processionnaire du Cèdre. Une recherche sur la taxonomie, la biologie et l'écologie des insectes ravageurs des cônes s'avèrent d'une grande importance pour répondre au problème de régénération posé au niveau des cédraies notamment dans la cédraie du Theniet-El-Had. A travers les résultats de quantification des insectes en fonction du temps obtenu par la méthode de battage, il ressort que le nombre d'insectes dénombré au cours de la période hivernale et printanière est faible, cela est dû certainement aux conditions défavorables à leur développement. L'étude des insectes liés à l'espèce *Cedrus atlantica* M. à Théniet-El-Had mis en évidence la recherche de certains paramètres de base qui mérite d'être complétée par des études plus approfondies.

Références bibliographiques

Adoui S., 1991. Contribution à l'étude des caractéristiques écologiques et du complexe entomologique du cèdre de l'atlas *Cedrus atlantica* en dépérissement à Belezma (Batna). Thèse, Ing, Agro, INA, El Harrach, Alger, 95p.

Balchowsky A., 1932. Etude biologique des coccidés du bassin occidental de la méditerranéen. Ed. Paul le chevalier et fils, Paris VI tome XV. , 285p.

Balchowsky A., 1953. Les cochenilles de France, d'Europe, du Nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. Ed Herman Et Cie, Paris, Coll. Act. Sci. Ind. N°1202, Tome VII, pp.849-853.

Balchowsky A.S., 1954. Etude comparative des cochenilles du cèdre au Liban et en Afrique du Nord. Rev. Path. Végét. Ent. Agr. France, 33 (2): 108-114pp.

Benhadj B ., 1986. Biologie de la processionnaire de pin dans la région du Djelfa. Thèse, Ing, Agro, INA, El Harrach, Alger, 69p.

Bertella N., 1987. Bioécologie de *Thaumatopoea pityocampa* Schiff. (*Lepidoptera, Thaumatopoeidae*) dans quelques régions de l'Algérie. Thèse Magister, INA, El-Harrach, 168p

Chararas C. 1962. Etude des *scolytidae* des conifères .Ed. Le chevalier.Paris, 556p.

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

Demolin G., 1969. Comportement des adultes de *Thaumatopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance économique. Ann. Sci. Forest., 26: 81-102pp.

Fritah S., 1984. Etude de l'Entomofaune du cèdre de l'atlas. (*Cedrus atlantica* Manetti 1844) dans la région de Batna et Khenchela. Thèse Ing. Sci. Agr. Institut National Agronomique El-Harrach-Algérie, 73p

Gachi M., Démolin G., Zamoum M., & Khemici, M. 2005. An evaluation of the radial growth losses of Atlas cedar following defoliation by *Thaumatopoea bonjeani* in the Belezma massif (Aurès, Algeria). Entomological research in Mediterranean forest ecosystems. Inra editions: 117-122 pp

Joly R., 1982. Rapport de mission, ennemis des pins. Ecole nationale. Génie rural .Eu. Forêts. Nancy. Vol.1. 222p

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.

Roques A., 1983. Les insectes ravageurs des cônes et graines des conifères en France. I.N.R.A, centre de recherche Orléans. Paris, 199p.

RESUME

Le cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*, et l'un des résineux les plus importants dans le nord de l'Afrique, tant du point de vue économique, esthétique, que culturel.

L'étude est menée dans la cédraie de Theniet El Had rattachée au Djebel El Meddad, située dans le prolongement du massif de l'Ouarsenis. La cédraie a subi une forte régression ces dernières années à cause du phénomène de dépérissement et l'absence de la régénération.

L'objectif de ce travail est à la fois de connaître la dynamique du dépérissement, et de faire le point sur l'impact de quelques facteurs écologiques (climat, sol, exposition et altitude..) et biologiques agissant sur ce phénomène. Le dépérissement a marqué davantage la cédraie dans sa limite inférieure, stations situées à basse altitude, sur terrain à forte pente et sur les expositions plus ensoleillées et chaudes.

Cette sensibilité de la cédraie de basse altitude se traduit par des coefficients de sensibilité moyenne élevée par rapport aux cédraies de haute altitude. Nous avons aussi pu démontrer que les facteurs édaphiques ont été explorés par l'étude des caractéristiques physico-chimiques, mettant ainsi une relation étroite avec ce phénomène, le côté microbiologique a été aussi abordé on faisant ressortir le rôle des microorganismes inventoriés au niveau de la rhizosphère des plants dépérit (bactéries, champignons et actinomycètes) L'analyse qualitative de la biodiversité entomologique de *Cedrus atlantica* a mis en évidence une richesse de 47 espèces, réparties en 10 ordres et 29 familles taxonomiques. Parmi ces groupes, l'ordre des Coléoptères reste le plus représenté avec 11 familles. Le cortège entomologique se répartit d'une manière stratégique sur l'arbre. Le feuillage et recherché par des défoliateurs particulièrement la processionnaire du pin, du cèdre (*Thaumetopoea pityocampa*) et les suceurs de sève notamment les pucerons *Cinara cedri* M et les cochenilles (*Leucaspis pini* H, *Dynaspidiotus regneri* B et *Chionaspis kabyliensis*).

L'ensemble de ce travail a conduit à un acquis de connaissances nouvelles non encore explorées au niveau de la cédraie du Parc National de Theniet el Had sur plusieurs aspects, ce qui contribuera à l'élaboration d'une meilleure gestion intégrée du potentiel sylvicole de la cédraie Algérienne dans le cadre d'un développement durable. Parmi les xylophages, les espèces du genre *Scolytus*, le Buprestide, *Melanophila marmotani* et le Cerambycide, *Cerambyx cerdo* jouent un rôle déterminant dans les dépérissements enregistrés. Les causes du dépérissement du cèdre sont multiples, ces facteurs agissent individuellement ou conjointement les unes par rapport aux autres.

Mots clé : Theniet El Had, Cèdre de l'Atlas, Dépérissement, Climat, insectes, Sol, Aiguilles

